

Experimento 1

LÍNEAS DE FUERZA Y LÍNEAS EQUIPOTENCIALES

Objetivos

1. Describir el concepto de campo,
2. Describir el concepto de líneas de fuerza,
3. Describir el concepto de líneas equipotenciales,
4. Dibujar las líneas equipotenciales y las líneas de fuerza de dos placas paralelas, y
5. Dibujar las líneas equipotenciales y las líneas de fuerza de dos cargas puntiformes

Teoría

Un *campo* es cualquier región del espacio cuyos puntos están caracterizados por el valor de una variable física. Supongamos un salón de clases. En cada punto del espacio dentro del salón hay una temperatura. Entonces, el interior del salón de clases es un campo térmico. También es un campo de presión, un campo gravitatorio y uno magnético, entre otros, porque en cada punto del salón la presión atmosférica tiene un cierto valor, lo mismo la aceleración de la gravedad y la intensidad del campo magnético terrestre. Los campos pueden ser escalares, como el térmico, y el de presión, o vectoriales, como el gravitatorio y el magnético. La existencia del campo eléctrico vectorial se propone para explicar la atracción entre cargas eléctricas de signos distintos, o el rechazo entre cargas del mismo signo, aún cuando no hay contacto físico entre ellas. Este fenómeno se conoce como *acción a distancia* y nos resulta familiar en la interacción entre imanes. La atracción gravitatoria también es un fenómeno de acción a distancia ya que afecta a los cuerpos celestes aun cuando estos no están en contacto. En el caso electrostático, se asume que la carga positiva es una fuente de campo eléctrico, es decir, la carga positiva es el origen del campo eléctrico mientras que la carga negativa es el “desagüe” de campo eléctrico, o el sitio en el cual terminan las líneas de fuerza que empezaron en alguna carga positiva. Para definir el campo eléctrico, \mathbf{E} , necesitamos una carga de prueba q_0 , suficientemente pequeña. La colocamos en cualquier punto alrededor de la carga cuyo campo eléctrico deseamos medir. Como la carga de prueba es muy pequeña, su propio campo eléctrico se considera insignificante frente al que vamos a medir. La carga de prueba debe ser positiva. Al ser colocada en la vecindad de otra carga va a sufrir una fuerza, \mathbf{F} , cuya dirección es la misma que la del campo en ese punto. La magnitud del campo eléctrico es el resultado de dividir la fuerza entre q_0 , es decir,

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}$$

Aunque el concepto de campo eléctrico, como lo conocemos ahora, no fue establecido originalmente en su forma actual, su existencia y propiedades básicas fueron propuestas por el físico y químico inglés Michael Faraday (1791-1867), a traves de lo que llamó líneas de fuerza. Según Faraday:

1. Las líneas de fuerza empiezan o terminan solamente en las cargas,
2. El número de líneas de fuerza que empiezan en una carga puntiforme positiva, o terminan en una carga puntiforme negativa, es proporcional a la magnitud de la carga,
3. Las líneas de fuerza se distribuyen simétricamente empezando en la carga positiva, o terminando en la negativa,
4. Las líneas de fuerza no pueden cruzarse unas con otras, y
5. La intensidad del campo eléctrico se visualiza a través del acercamiento relativo entre las líneas de fuerza: a mayor densidad de líneas, mayor intensidad de campo eléctrico

Estas características permiten visualizar campos eléctricos diversos. En la figura 1 vemos una sección de cuatro líneas de fuerza que vienen de la izquierda, en la región **A**. En esta región están más juntas que en la región **B**. Esto significa que el campo eléctrico es más intenso en **A** que en **B**. Asimismo, la carga positiva, de donde salen estas líneas, está ubicada en el lado **A** mientras la negativa, en el **B**. Las líneas de fuerza, o líneas de campo, muestran la trayectoria inicial que seguiría una pequeña carga puntiforme positiva si se colocara en el seno de un campo eléctrico. La tangente a una línea de fuerza en cualquier punto da la dirección de **E** en ese punto

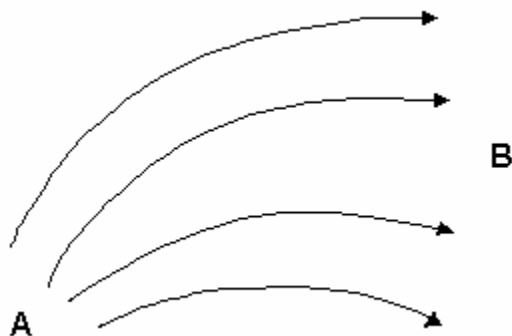


Figura 1 Cuatro líneas de fuerza

Por otro lado, puede decirse que las cargas eléctricas producen “desniveles eléctricos” en el espacio, llamadas *diferencias de potencial*: cargas positivas dan lugar a elevaciones de potencial mientras cargas negativas, a depresiones. El “desnivel eléctrico”, o potencial, se puede representar gráficamente gracias a las llamadas líneas equipotenciales, similares a las curvas de nivel. La intersección entre las líneas equipotenciales y las líneas de fuerza ocurre en ángulos rectos. En cualquier lugar del espacio donde hay un campo eléctrico que, como dijimos anteriormente, es vectorial, hay también un campo escalar de potencial eléctrico. En este experimento veremos cómo visualizar ambos campos para dos arreglos de cargas electrostáticas. Un sitio en el WEB donde puede verse algunos ejemplos de líneas de campo y líneas equipotenciales de cargas puntiformes, con animación y recursos para modificar la distribución de cargas es el siguiente:

http://qbx6.ltu.edu/s_schneider/physlets/main/equipotentials.shtml

Recomendamos al estudiante que visite esta página antes de hacer el experimento en el laboratorio y se familiarice con las actividades que la página ofrece. En la figura 2 tenemos un ejemplo de representación de algunas líneas de fuerza y las equipotenciales correspondientes a una distribución de carga dada

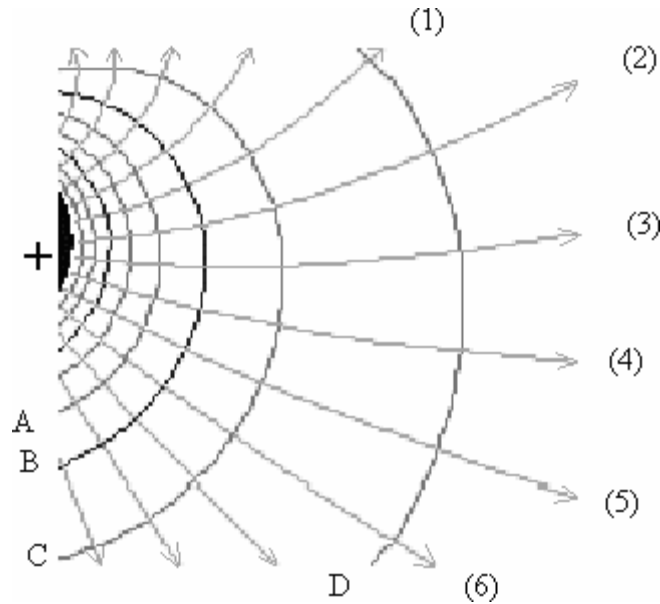


Figura 2 Vista parcial de algunas líneas de fuerza y líneas equipotenciales de una carga

La distribución de carga está representada a la izquierda con el signo + y una región negra. Las líneas de fuerza empiezan en la carga positiva y se dirigen hacia la carga negativa, que en este caso estaría a la derecha del dibujo, aunque no se muestra en él. Observamos que las líneas de fuerza terminan con flechas, indicando su carácter vectorial. Hemos identificado algunas de ellas con los números (1), (2),... (6). Las líneas equipotenciales aparecen como arcos haciendo ángulos de 90° con las líneas de fuerza. Hemos identificado algunas de estas equipotenciales con las letras A, B, C y D. Podemos notar que las líneas de fuerza están más cercanas entre sí en el área donde empiezan, y luego van separándose cada vez más a medida que se alejan de la carga positiva, es decir, hacia el lado derecho de la figura. Esto significa que el campo eléctrico es más intenso del lado izquierdo, y disminuye su intensidad cuando nos movemos hacia la derecha. La línea equipotencial A está a un potencial más alto que la B y esta está a un potencial más alto que la C y así, sucesivamente. Como dijimos anteriormente, la carga positiva produce “elevaciones” de nivel eléctrico, o diferencia de potencial, tal que mientras más cercanos estamos de la carga positiva, mayor será su potencial con respecto a lugares más alejados de dicha carga. Cualquier línea equipotencial representa puntos de potencial constante, como su nombre lo dice, o lo que es lo mismo, se trata de una curva de nivel “eléctrico”. En el caso particular donde el campo eléctrico es uniforme, como el que hay entre las placas paralelas de un capacitor cargado, como veremos posteriormente en el curso, su magnitud está relacionada con la diferencia de potencial, ΔV , entre las placas y su separación, d , mediante la ecuación:

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

Ejemplo 1

En un experimento de líneas de fuerza y líneas equipotenciales se usa una batería de 9.0 V. Los electrodos son líneas rectas y paralelas, según se muestra en la figura 3. La distancia d , entre los electrodos, es de 9.0 cm. La distancia entre los puntos A y B es $d = 3.0$ cm. Encontrar: (a) La intensidad del campo eléctrico entre las placas, (b) La fuerza sobre una carga de 10×10^{-6} C debida al campo eléctrico, ubicada en el punto B y (c) El trabajo necesario para llevar la carga desde B hasta A.

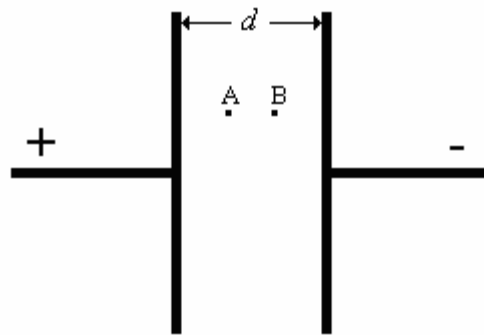


Figura 3 Dos líneas rectas, paralelas y cargadas producen un campo eléctrico entre ellas

Solución: En esta configuración, el campo eléctrico entre las placas es uniforme. En la figura 4 podemos notar cómo se representa este hecho con una separación constante entre las líneas de fuerza en la región

- (a) Recordemos que en el caso particular donde el campo eléctrico es uniforme, su magnitud está relacionada con la diferencia de potencial entre las placas y su separación, mediante la ecuación:

$$E = \frac{\Delta V}{d},$$

Donde $\Delta V = 9.0$ V y $d = 9.0$ cm, por lo tanto,

$$E = \frac{9.0 \text{ V}}{9.0 \text{ cm}} = 1.0 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = \frac{1.0 \text{ V}}{0.01 \text{ m}} = 100 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

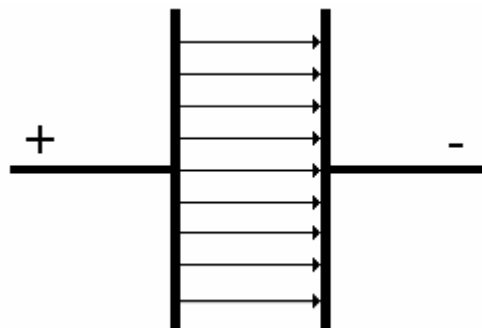


Figura 4 En esta geometría, el campo eléctrico es uniforme entre los electrodos

- (b) Por definición,

$$F = qE = (10 \times 10^{-6} \text{ C}) (1.0 \text{ V} / 0.01 \text{ m}) = 1.0 \times 10^{-3} \text{ N}$$

(c) También por definición,

$$W_{AB} = q (\Delta V_{AB}),$$

Donde ΔV_{AB} es la diferencia de potencial entre los puntos A y B. Como el campo es uniforme, $\Delta V_{AB} = Ed_{AB} = (100 \text{ V/m}) (0.03 \text{ m}) = 3.0 \text{ V}$, por lo tanto, $W_{AB} = (10 \times 10^{-6} \text{ C}) (3.0 \text{ V}) = 30 \mu\text{J}$. Otra forma de hacerlo, es mediante la expresión $W = F\Delta x = (1.0 \times 10^{-3} \text{ N}) (0.03 \text{ m}) = 30 \mu\text{J}$, donde $\Delta x = d$

Ejemplo 2

Sea una línea equipotencial circular de longitud igual a 10 cm. Calcular la energía necesaria para mover una carga de $5.0 \mu\text{C}$ a lo largo de esta línea. El potencial de la línea es de 3 V

Solución: La respuesta es cero. Debemos recordar que las líneas equipotenciales son curvas de nivel eléctrico, es decir, si nos movemos a lo largo de ellas, no cambiamos nuestra energía potencial, por lo tanto no necesitamos energía para recorrer una equipotencial. Se gana o pierde energía al viajar a lo largo de una línea de fuerza porque, al hacerlo, viajamos en la dirección de cambio máximo en el potencial

Ejemplo 3

Se tiene un sistema formado por dos placas paralelas conectadas a una batería de 6.0 V según muestra la figura 5. Una carga puntiforme, positiva, $q = 1.0 \mu\text{C}$ está situada en el punto A. Calcular el trabajo requerido para llevar la carga desde el punto A hasta el B. La distancia entre las placas es de 12.0 cm. La distancia entre A y B es de 3.0 cm

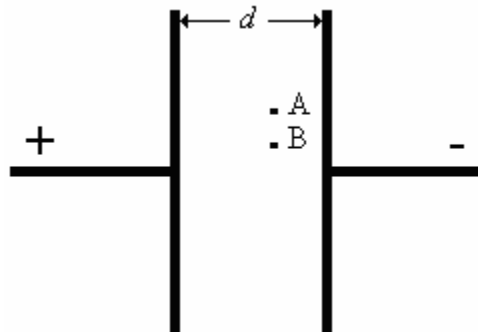


Figura 5 La diferencia de potencial entre las placas es de 6.0 V

Solución: Como en el ejemplo 1, las líneas de fuerza son perpendiculares a las placas. Por lo tanto, las líneas equipotenciales, que a su vez son perpendiculares a las líneas de fuerza, son paralelas a las placas. La línea que une A con B es una equipotencial, esto significa que el trabajo para mover una carga entre esos dos puntos es cero

Ejemplo 4

Considerando las mismas placas del ejemplo 3, calcule la magnitud del trabajo necesario para llevar la carga de B a C, si la distancia entre estos dos puntos es de 6.0 cm. Ver la figura 6

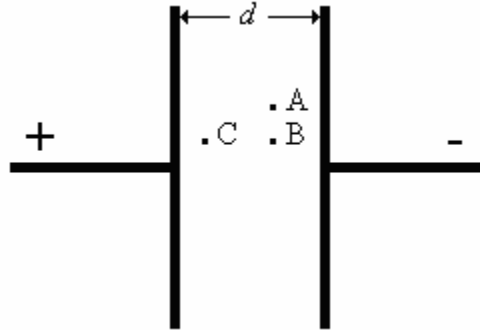


Figura 6 En esta configuración hacemos trabajo al mover una carga de B a C

Solución: Tenemos un caso similar al del ejemplo 1 (c) $W = q\Delta V$. Una diferencia de potencial de 6.0 V existe entre los 12.0 cm que separan a las placas. Como la distancia entre B y C es solamente de 6.0 cm, la diferencia de potencial correspondiente entre ellos es de 3.0 V, por lo tanto,

$$W = (1.0 \mu\text{C}) (3.0 \text{ V}) = 3.0 \mu\text{J}$$

Ejemplo 5

La figura 7 muestra las líneas de fuerza en una región del espacio. (a) Dibujar dos líneas equipotenciales. (b) Identificar la línea con el potencial más alto. (c) Identificar con un signo positivo el lado (izquierdo o derecho) donde está la carga positiva. (d) Identificar el lado donde la intensidad del campo es menor

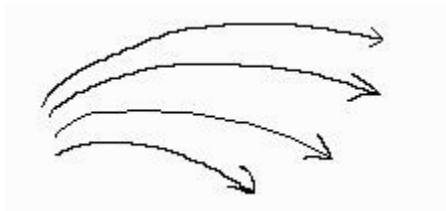


Figura 7 Líneas de fuerza en una región del espacio

Solución:

- Las líneas equipotenciales están identificadas como PQ y RS. En la figura 8. Para dibujarlas, procuramos que corten las líneas de fuerza a ángulos rectos
- La PQ está al potencial más alto porque es la más cercana a la carga positiva, donde el campo es más intenso
- La carga positiva está a la izquierda de las líneas de fuerza porque ellas salen de dicha carga
- El campo es más débil a la derecha de la figura porque ahí es donde las líneas de fuerza están más separadas entre sí

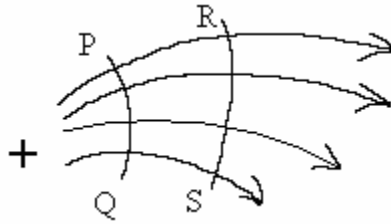


Figura 8 Dos equipotenciales asociadas con el campo eléctrico

Materiales y equipo

Aparato de campo eléctrico con una punta de prueba fija y una móvil,
 Hojas de papel conductor con dibujos de placas paralelas y cargas puntiformes,
 Cables banana-banana y conectores de cocodrilo,
 Sensor de voltaje, y
 Sistema de computadora con interfaz Pasco 750

Procedimiento

Sobre la mesa de laboratorio se encontrará el equipo montado según muestra la figura 9. Como puede verse, tiene una base sobre la cual se coloca una hoja de papel conductor (*Teledeltos*) con los electrodos deseados. En el primero de los dos ejercicios que haremos en este experimento, usaremos una hoja con dos electrodos paralelos, colocados a una distancia de unos 10 cm uno del otro. Ver la figura 10. Esto representa el caso de un capacitor de placas planas y paralelas. El equipo consta también de dos puntas de prueba. Una de ellas, la que aparece a la izquierda en la figura 9, es la de referencia, mientras la otra, móvil, es la de prueba. Vemos en la misma figura los electrodos del equipo, identificados con los signos “+” y “-”, que deben conectarse a los terminales de salida (“output”) de la interfaz real, la caja de color negro, y configurarla con una señal CC (corriente continua) de 1.5 V. Para más información relacionada con este tópico, consulte la guía: Inicio de *DataStudio*, sección: ¿Cómo logro una señal de salida de la interfaz?, que se encuentra en el apéndice de este manual. Note que las puntas de prueba deberán conectarse al sensor de voltaje. Tanto al conectar la señal de voltaje de la interfaz como las puntas de prueba deberá poner atención a las polaridades. La punta de referencia se conecta al positivo del sensor de voltaje

La figura 10 muestra los electrodos paralelos simulando un capacitor. En la figura 11 mostramos los electrodos que representan un par de cargas puntiformes de la misma magnitud pero con signos contrarios. En cada caso incluimos copias de estas figuras, en la sección del informe, para que los estudiantes las usen al hacer sus experimentos, según las instrucciones que presentamos en seguida

Ejercicio con los electrodos planos y paralelos

1. Asegúrese de que el equipo tiene instalado la hoja de Teledeltos con los electrodos planos y paralelos. De no ser así, remueva la que está instalada e instale la correcta. Esta debe ser como la de la figura 10
2. Haga las conexiones entre los electrodos y los terminales de salida de la interfaz real. Ponga atención a la polaridad

3. Encienda la interfaz real y la computadora, y seleccione el icono *DataStudio.Ink*. En seguida seleccione el icono *Crear experimento*
4. Ajuste la salida de la interfaz virtual para obtener una señal CC de 1.5 V
5. Conecte el sensor de voltaje en la entrada A de la interfaz real
6. Seleccione el sensor de voltaje en la lista de sensores, con una pulsación doble del botón izquierdo del ratón
7. Seleccione el medidor digital y la señal del sensor de voltaje, para medirla con él

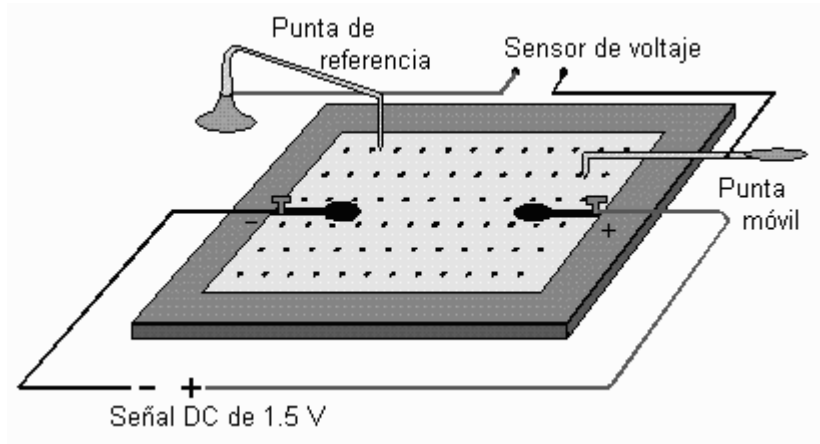


Figura 9 Equipo para obtener las líneas de fuerza y las de campo

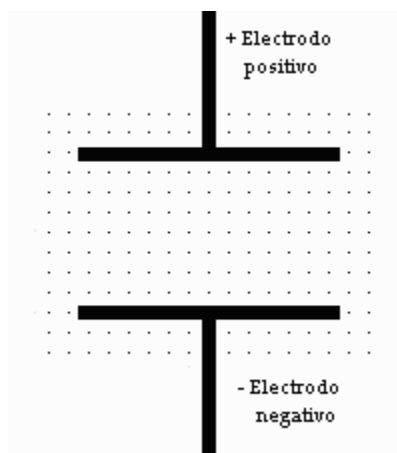


Figura 10 Electrodo paralelos

8. Tome la hoja con los electrodos planos y paralelos que incluimos en la sección del informe. Note que esta hoja es una reproducción de la hoja Teledeltos que está instalada en la base y además tiene unos puntos identificados con los números romanos I, II, etc. Ubique el punto I en la hoja Teledeltos y coloque sobre él la punta de la prueba de referencia
9. Coloque la punta de prueba móvil en puntos alrededor de la de referencia y observe al mismo tiempo el medidor digital de voltaje hasta obtener una

lectura de cero. Tenga cuidado de no hacer contacto con uno de los pequeños puntos plateados de la hoja Teledeltos ya que en ellos las lecturas de voltaje son erráticas

10. Identifique las coordenadas del punto donde obtuvo cero voltaje y márkelo en la hoja de papel que tiene dibujados los electrodos planos
11. Aleje la prueba móvil unos dos o tres centímetros aproximadamente, de la prueba de referencia siguiendo una línea paralela al electrodo negativo, hasta volver a obtener una lectura de cero en el medidor digital. Marque este nuevo punto en la hoja de papel, como en el caso anterior
12. Repita el procedimiento del paso 11, moviendo la prueba móvil una distancia de dos a tres centímetros cada vez, hasta llegar cerca del extremo opuesto a la prueba de referencia en la hoja de Teledeltos
13. Una con una línea todos los puntos identificados con lecturas de cero voltios en los pasos 10, 11 y 12. Esta línea representa una equipotencial
14. Repita los pasos 10, 11, 12 y 13 cambiando cada vez la prueba de referencia a los puntos II, III, IV y V sucesivamente

Ejercicio con los electrodos puntiformes

1. Sustituya la hoja Teledeltos con los electrodos planos por la que tiene los electrodos “puntiformes”. Ver la figura 11
2. Repita el ejercicio anterior usando estos electrodos y la hoja de papel correspondiente

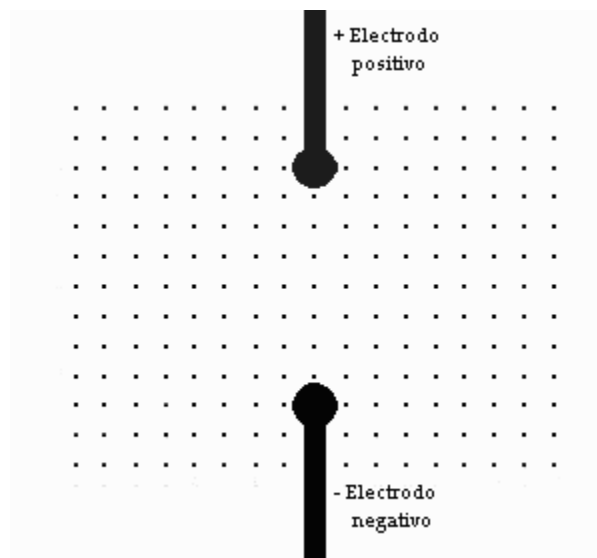


Figura 11 Dos electrodos “puntiformes”

Análisis

Empezando en cualquiera de los electrodos planos, en la hoja de papel en la que trazó las líneas equipotenciales, dibuje líneas perpendiculares a las equipotenciales hasta llegar al otro electrodo. Lo mismo va a hacer con la hoja con

los electrodos “puntiformes”. Ver la figura 12, en donde mostramos un ejemplo del resultado para el experimento con los electrodos “puntiformes”. Vemos que las líneas equipotenciales forman arcos mientras las de campo van de la carga positiva a la negativa interceptando a las equipotenciales en ángulos rectos. En sus hojas de resultados deberá incluir los valores del voltaje para cada línea equipotencial, así como los de los electrodos

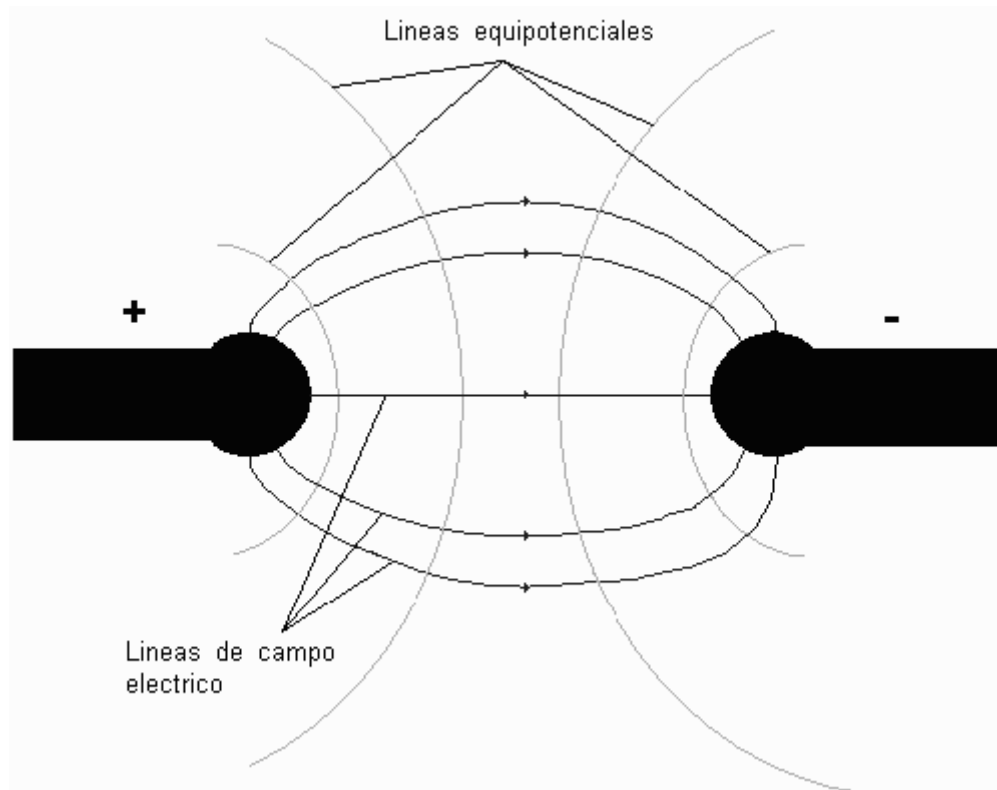


Figura 12 Ejemplo de los resultados del ejercicio con los electrodos puntiformes

Preguntas

Contestar correctamente antes de hacer el experimento

1. Un campo es:
 - a. Un área de juego
 - b. Un concepto físico que explica la existencia de fuerzas de contacto
 - c. Cualquier región del espacio cuyos puntos están caracterizados por el valor de una variable física
 - d. Un concepto que se origina en la carga positiva
 - e. La temperatura

2. La acción a distancia es:
 - a. La interacción entre cuerpos que no están en contacto físico
 - b. La telepatía
 - c. Un sistema de control remoto
 - d. La interacción entre el campo eléctrico y el potencial
 - e. La producción de campo eléctrico por la carga positiva

3. Las líneas de fuerza del campo eléctrico:
 - a. Mueven a las cargas
 - b. Son equipotenciales
 - c. Se cruzan en ángulos rectos
 - d. No pueden cruzarse con las equipotenciales
 - e. Empiezan en las cargas positivas

4. En regiones de mayor intensidad de campo eléctrico:
 - a. Las líneas de fuerza son aún más fuertes
 - b. Las líneas de fuerza aparecen más cercanas entre sí
 - c. Hay menos carga
 - d. El potencial desaparece
 - e. Se originan las líneas de fuerza

5. La existencia del campo eléctrico se propone para explicar:
 - a. Que las cargas positivas son las fuentes del campo
 - b. Cómo interactúan las cargas eléctricas aun cuando no hay contacto físico entre ellas
 - c. Porqué las cargas se rechazan cuando son del mismo tipo y se atraen cuando son de diferentes tipos
 - d. La causa por la que se dificulta observar fenómenos electrostáticos
 - e. La propiedades de las líneas equipotenciales

6. El potencial eléctrico es:
 - a. Un campo escalar
 - b. Un campo vectorial
 - c. Una equipotencial
 - d. Todo menos un campo
 - e. El medio que permite interactuar a las cargas eléctricas entre sí

7. Las líneas de fuerza de un campo eléctrico uniforme:
 - a. Están equidistantes entre sí
 - b. Tienen que ser rectas
 - c. Tienen que ser circulares
 - d. Son paralelas a las líneas equipotenciales
 - e. Son más delgadas que las de campos no uniformes

8. La energía necesaria para mover una carga puntiforme de $5.0 \mu\text{C}$ a lo largo de una línea equipotencial de 2.0 V es:
 - a. $10 \mu\text{J}$
 - b. Falta la distancia
 - c. Cero
 - d. Depende del campo eléctrico
 - e. Infinita

9. Asumiendo que el campo eléctrico entre dos placas paralelas conectadas a una batería de 1.5 V y separadas 15.0 cm es uniforme, su valor es igual a:
- 1.0 V/cm
 - 0.1 V/m
 - 10.0 V/m
 - 22.5 V-cm
 - El valor debido a cargas puntiformes
10. El campo eléctrico entre dos placas paralelas es de 5.0 V/m. La magnitud del trabajo para mover una carga de 3.0 μC por una distancia de 10 cm paralelamente al campo es:
- Cero
 - 15.0 $\mu\text{J/m}$
 - 150 μJ
 - 1.5 μJ
 - Falta el potencial
11. Las líneas equipotenciales:
- Son paralelas a las líneas de fuerza
 - Son perpendiculares a las líneas de fuerza
 - Su ángulo con respecto a las líneas de fuerza depende de la distribución de carga
 - Indican la dirección de movimiento de una carga positiva de prueba
 - Siempre están separadas por la misma distancia
12. Cuando movemos una carga paralelamente a una línea equipotencial:
- El campo eléctrico es cero
 - La fuerza electrostática sobre la carga es cada vez mayor
 - El trabajo hecho por la fuerza electrostática es cero
 - La carga disminuye
 - La carga aumenta
13. En la figura 13 se muestran cuatro líneas de fuerza. La carga positiva:



Figura 13 Líneas de fuerza

- Está en la región **B**
- Está en la parte superior del dibujo
- Está en la parte inferior del dibujo
- Está en la región **A**
- No es necesaria para la existencia de las líneas

14. En la figura 13 el campo eléctrico es:
- Uniforme
 - Constante
 - Más intenso en la región **B**
 - Más intenso en la región **A**
 - Equipotencial

15. En la figura 14,

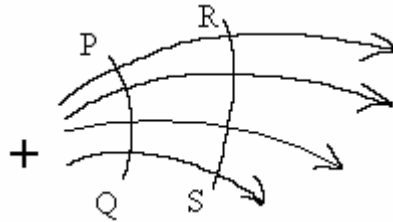


Figura 14 Líneas de fuerza y líneas equipotenciales

- El arco PQ representa un campo eléctrico
 - El arco RS es una línea equipotencial
 - Los arcos PQ y RS están al mismo potencial eléctrico
 - La flecha superior está a mayor potencial que la inferior
 - La carga positiva está en el lugar equivocado
16. En la figura 14,
- El arco RS está a mayor potencial eléctrico que el PQ
 - Los arcos PQ y RS están al mismo potencial eléctrico
 - El arco PQ está a mayor potencial eléctrico que el RS
 - No podemos saber cuál de los dos arcos está a mayor potencial
 - Los arcos PQ y RS no son líneas equipotenciales
17. En un experimento de líneas de fuerza y líneas equipotenciales se usa una batería de 12.0 V. Los electrodos son líneas rectas y paralelas, según se muestra en la figura 2-3. La distancia d , entre los electrodos, es de 6.0 cm. La distancia entre los puntos A y B es $d_{AB} = 2.0$ cm. La intensidad del campo eléctrico entre las placas es:
- Equipotencial
 - Cero
 - 2.0×10^2 V/m
 - 2.0 V/m
 - 72 V-cm
18. En la figura 2-3 se coloca una carga de 2.0×10^{-6} C en el punto B. La fuerza que sufre la carga debida al campo eléctrico es:
- 144×10^{-6} N
 - 4.0×10^{-4} N
 - Cero, porque el campo es uniforme

- d. 4.0 N
- e. 1.0×10^8 N

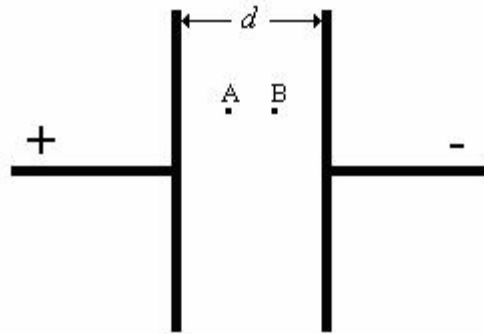


Figura 15. Dos electrodos rectos y paralelos

19. En la figura 2-3, el trabajo necesario para llevar la carga desde B hasta A es:
- a. 288×10^{-8} J
 - b. $8.0 \mu\text{J}$
 - c. Cero, porque no hay fuerza
 - d. 8.0 J
 - e. 2.0×10^6 J
20. El campo eléctrico se define como:
- a. Las líneas de fuerza
 - b. Las líneas equipotenciales
 - c. El desnivel eléctrico
 - d. El cociente entre la fuerza y una carga positiva de prueba muy pequeña
 - e. La acción a distancia

Informe del Experimento 2. Líneas de fuerza y líneas equipotenciales

Sección _____ Mesa _____

Fecha: _____

Estudiantes:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Ejercicio con los electrodos planos y paralelos

Use la hoja aneja para dibujar las líneas de campo y las equipotenciales en el caso de los electrodos planos y paralelos. Recuerde incluir el valor del voltaje en cada una de las líneas equipotenciales y en los electrodos

Ejercicio con los electrodos puntiformes

Use la hoja aneja para dibujar las líneas de campo y las equipotenciales en el caso de los electrodos puntiformes. Recuerde incluir el valor del voltaje en cada una de las líneas equipotenciales y en los electrodos

Incluya las hojas con sus dibujos junto con este formulario de informe

