

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica Verano 2023

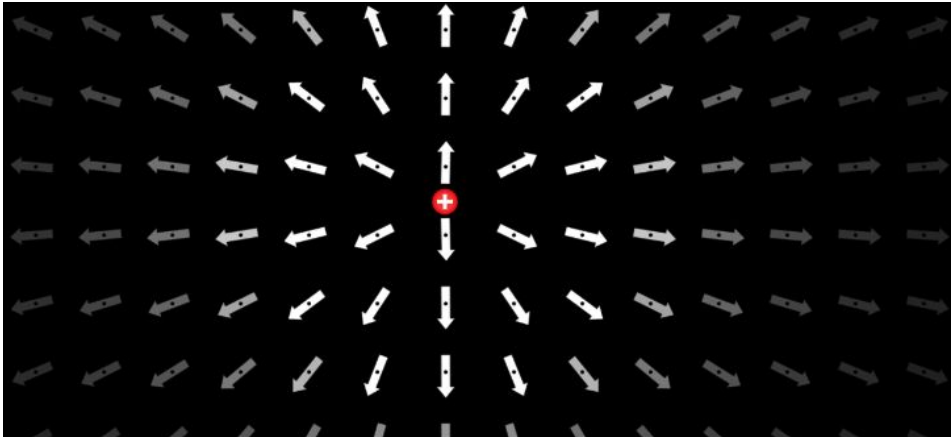
Clase 1 Cuba electrolítica

Laboratorio de Ondas y Óptica, Pabellón 1, 1er piso
("Laboratorio 2")

Explicación teórica

Campo eléctrico

En la fuerza fundamental electromagnética (EM) los “cuerpos” involucrados son cargas. Toda carga genera un campo E y este campo depende de la distribución espacial de las cargas.



Simulador de phet colorado:
https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html

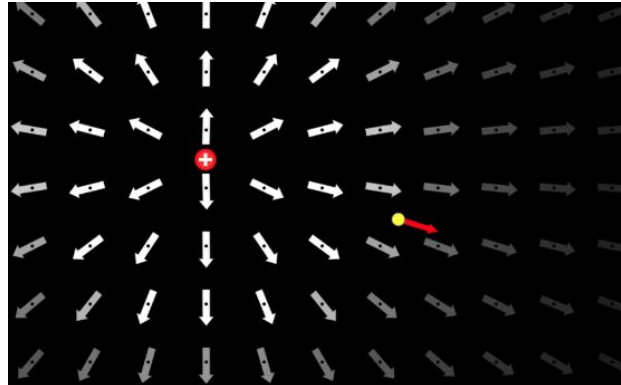
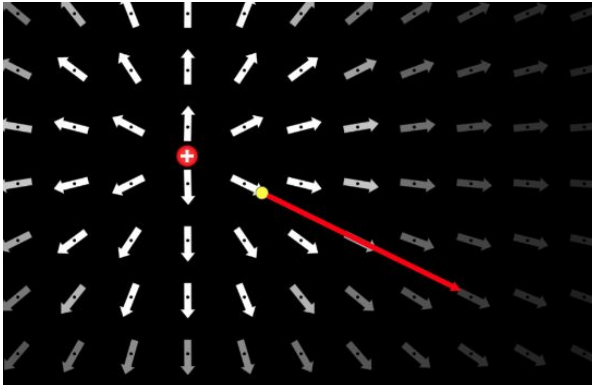
Una carga positiva en el espacio genera una fuente de líneas de campo E . La magnitud del campo disminuye con la distancia a la carga.

Explicación teórica

Fuerza eléctrica

El campo eléctrico genera una fuerza eléctrica sobre una carga de prueba q_0 positiva colocada en ese punto del espacio.

$$\mathbf{F}(x, y) = q_0 \mathbf{E}(x, y)$$



Explicación teórica

Potencial eléctrico

Cuando una partícula cargada se mueve en un campo \mathbf{E} , el campo ejerce una fuerza \mathbf{F} que efectúa un trabajo \mathbb{W} sobre la partícula. El trabajo por unidad de carga es el **potencial eléctrico V** :

$$dV = -\frac{dW}{q_0} = -\frac{1}{q_0}F(x, y)dl = -Edl,$$

$$E_x = -\frac{dV}{dx}, \quad E_y = -\frac{dV}{dy} \quad \text{y} \quad E_z = -\frac{dV}{dz}$$

$$E = -\left(\frac{dV}{dl}\right)_{max} = -\nabla V.$$

Gradiente de potencial

La **diferencia de potencial entre dos puntos del espacio**, V_a y V_b , se abrevia V_{ab} . En los circuitos eléctricos esa diferencia de potencial se denomina **voltaje o tensión**.

V_{ab} , es igual al trabajo realizado por la fuerza eléctrica cuando una unidad de carga se desplaza de a hasta b .

Explicación teórica

Superficies y líneas equipotenciales

En una región en donde existe un campo eléctrico E , el potencial eléctrico V puede representarse gráficamente mediante superficies equipotenciales. Una **superficie equipotencial** es una superficie tridimensional sobre la que el potencial eléctrico V es el mismo en todos los puntos.

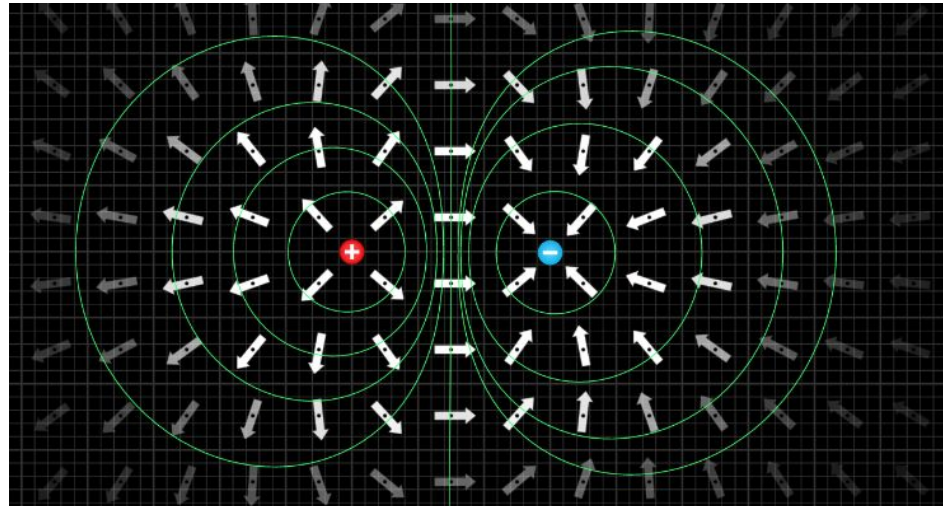
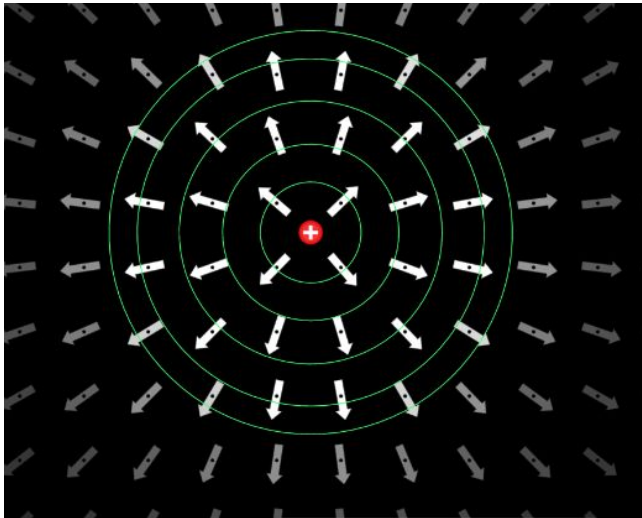
Si una carga de prueba q_0 se desplaza de un punto a otro sobre esa superficie, la energía potencial eléctrica permanece constante. Como el movimiento a lo largo de una superficie equipotencial no realiza trabajo, el **campo eléctrico siempre es perpendicular a la superficie equipotencial**. En dos dimensiones estas superficies se transforman en **líneas equipotenciales**.

Explicación teórica

Superficies y líneas equipotenciales

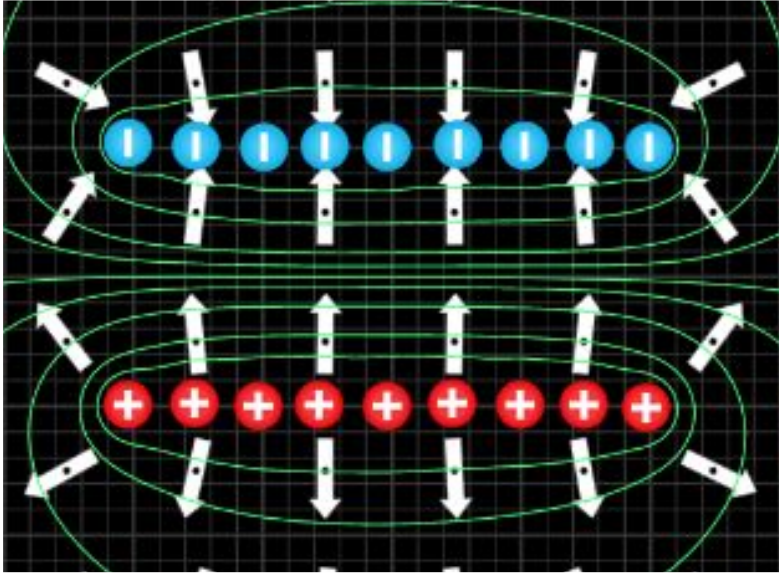
Simulador de phet colorado:

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html



Explicación teórica

Placas paralelas



En el medio:

- El campo E es perpendicular a las placas, tienen dirección de + a -
- El campo E es uniforme, es decir vale la misma magnitud (se compensa punto a punto).
- Las líneas equipotenciales son paralelas a las placas.

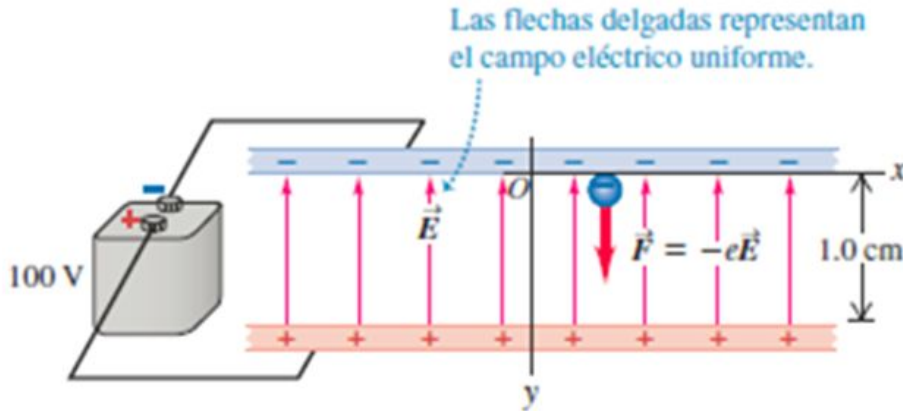
En los bordes:

- El campo E se curva, ya no es perpendicular a las placas, por lo tanto las líneas equipotenciales también se curvan.

Si las placas fuesen infinitas, el campo E es como en el medio, siempre perpendicular a las placas.

Explicación teórica

Campo eléctrico generado por 2 electrodos



Física Universitaria con física moderna-SEARS • ZEMANSKY Volumen 2

¿Cómo son las líneas equipotenciales entre las placas?

¿De qué variables depende E?

¿Cómo podemos calcular el valor de E?

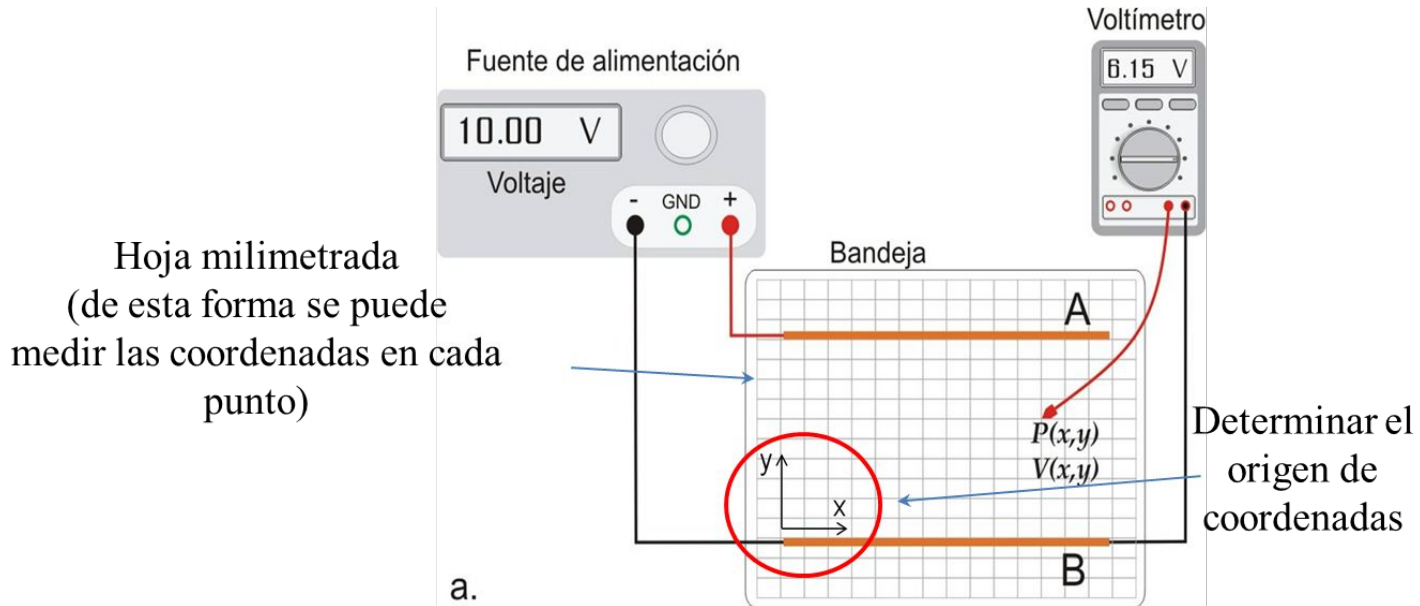
$$dV = -E dl$$

Objetivos de la práctica

Determinar el mapa de líneas o superficies equipotenciales para distintas configuraciones de electrodos situados dentro de un medio líquido poco conductor.

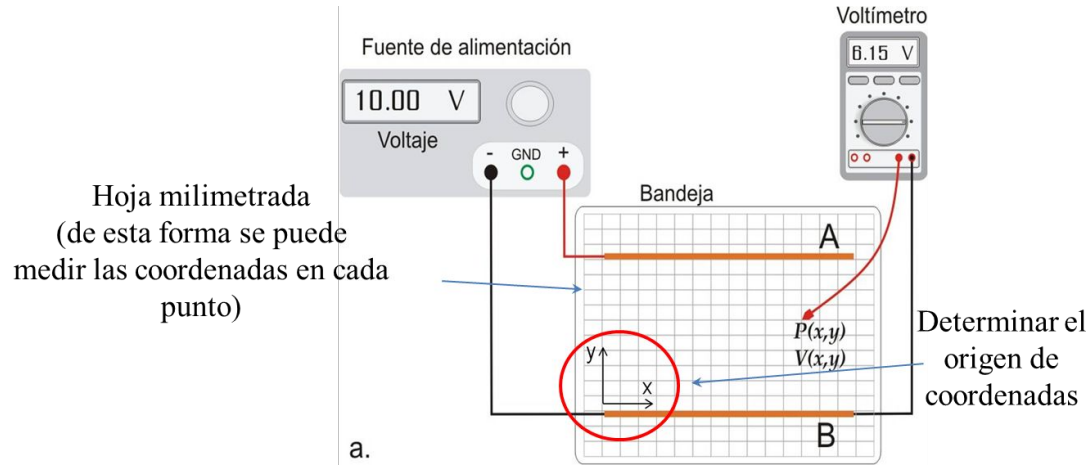
Dispositivo experimental

- 1) Sumergimos dos electrodos a un medio poco conductor.
- 2) Conectamos los electrodos a una fuente de baja tensión.
- 3) Medimos el potencial eléctrico con un voltímetro usando cable con puntas.



Actividad A: placas paralelas

- 1) Armar el dispositivo experimental.
- 2) Medir $\Delta V(x,y)$ entre las dos placas en varios puntos del espacio: lo que hacemos es dejar una punta del voltímetro fija en el electrodo negativo, y la otra punta la situamos en una coordenada x, y , anotar el voltaje.



x (cm)	y (cm)	ΔV (V)
x_0	y_0	6.15
...
x_0	y_1	10
x_1	y_0	...
...
x_1	y_1	...

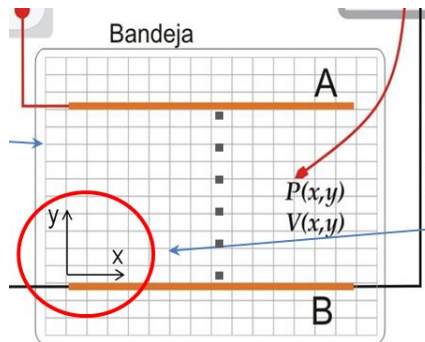
Actividad A: placas paralelas

2 gráficos:

a) Realizar un gráfico de contorno (o Contour plot) de y vs x para los valores de $\Delta V(x,y)$ en z .

Usar en Origin: **Plot/Contour/Color fill**, nombrando cada variable como x , y y z . Determinar las líneas equipotenciales.

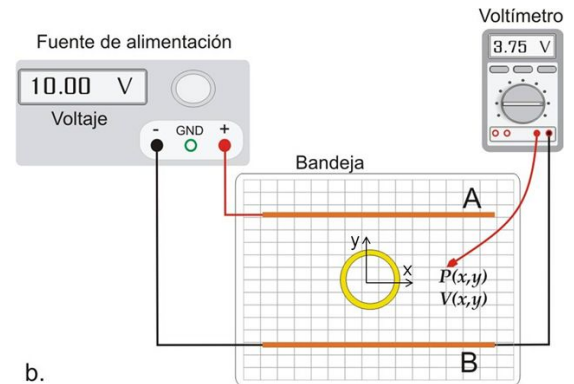
b) Para un valor de $\Delta V(x_0, y)$ medido (¿cuál conviene elegir?) graficar: $\Delta V(x_0, y)$ vs y . Realizar un ajuste lineal por cuadrados mínimos. ¿Qué se obtiene de la pendiente?



Actividad B: placas paralelas con un conductor o aislante en el medio.

- 1) Con el mismo dispositivo, poner entre las placas un conductor. Medir y analizar las líneas equipotenciales.
- 2) Realizar un gráfico de contorno como en la actividad A. Otro gráfico que puede funcionar mejor para presentar los resultados es con la función: "Plot/Symbol/color mapped" (nombrando las columnas en este caso como XYZ).
- 3) Hacer la misma actividad con un aislante en vez de un conductor.
- 4) Analizar de forma cualitativa los resultados.

Truco: para elegir sabiamente las coordenadas, conviene buscar con el voltímetro las líneas equipotenciales, ya que se deformaran por la presencia de los materiales.



Instrumentos

- Fuente de alimentación, a Voltaje constante para los electrodos
- Multímetro digital



<https://www.infootec.net/uso-del-multimetro-2/>

Multímetro digital

- Permiten medir la resistencia de materiales (ohmios), corriente continua (Amperios) y tensión (voltios) continua. E incluso valores medios de corriente y tensión alterna.
- Para medir hay que usar la escala adecuada. Cada escala tiene un rango entre mínimo y máximo superior donde opera. A menor rango, mejor resolución (menor valor de lectura).
- La escala determina la incerteza absoluta.

Especificaciones

Función	Rango	Resolución	Precisión
Voltaje CD	400mV	0.1mV	±(0.3% de lectura + 2 dígitos)
	4V	0.001V	±(0.5% de lectura + 2 dígitos)
	40V	0.01V	
	400V	0.1V	
	1000V	1V	±(0.8% de lectura + 3 dígitos)
Corriente CD	400μA	0.1μA	±(1.5% de lectura + 3 dígitos)
	4000μA	1μA	
	40mA	0.01mA	
	400mA	0.1mA	±(2.5% de lectura + 5 dígitos)
	4A	0.001A	
	20A	0.01A	
Resistencia	400Ω	0.1Ω	±(0.8% de lectura + 4 dígitos)
	4kΩ	0.001kΩ	±(0.8% de lectura + 2 dígitos)
	40kΩ	0.01kΩ	±(1.0% de lectura + 2 dígitos)
	400kΩ	0.1kΩ	
	4MΩ	0.001MΩ	
	40MΩ	0.01MΩ	±(3.0% de lectura + 5 dígitos)

(Dependen del modelo de multímetro)

Multímetro digital

Ejemplo 1: supongamos que medimos una corriente en la escala de 400 μA (CD), con resolución de 0,1 μA . La especificación para la estimación de la incertidumbre correspondiente, de acuerdo a la Figura 1 establece: \pm (1,5% de lectura + 3 dígitos). Entonces:

390 μA
Precisión: 1,5 %
Incertidumbre de precisión: 1,5 % de 390 μA = 5,85 μA
Resolución: 0,1 μA
Incertidumbre de lectura: 3 dígitos = 0,3 μA
Incertidumbre nominal: $\Delta I_{\text{nom}} = 5,85 \mu\text{A} + 0,3 \mu\text{A} \cong 6 \mu\text{A}$
$I = (390 \pm 6) \mu\text{A}$

Cálculo de incertidumbre:

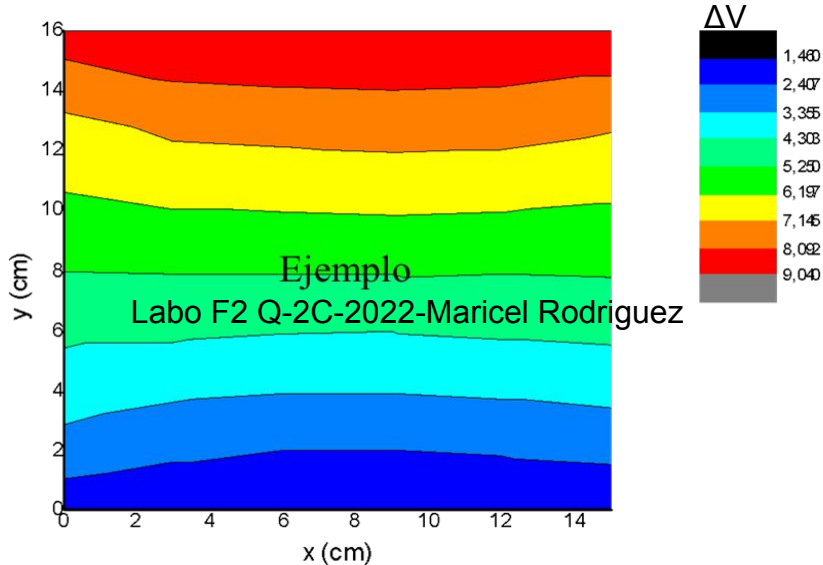
Incertidumbre de precisión: % de la lectura que se muestra en el display del instrumento.

Incertidumbre de lectura: unidades en el último dígito significativo de la escala en uso.

Ejemplo

Actividad A: placas paralelas

Gráfico a)



Hacia los extremos de la placa ya no vale la aproximación de placas infinitas, por eso las líneas equipotenciales se curvan,

Gráfico b) $\Delta V(x_0, y)$ vs y

¿Qué x_0 es el adecuado, en que zona?

¿Qué obtengo de la pendiente del ajuste lineal?

¿Qué unidades tiene?

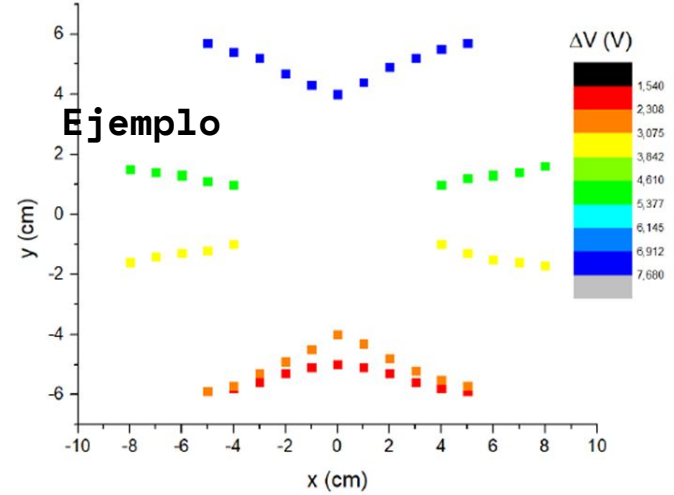
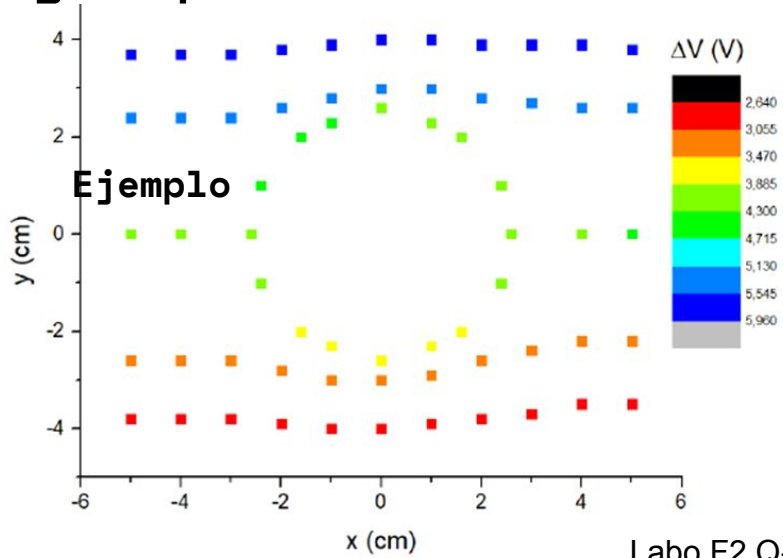
$$dV = -E dl \quad V(y) = -E \cdot y$$

Valor aproximado de la pendiente en este caso es:

Voltaje aplicado de la fuente dividido distancia de las placas 10V/16 cm

Ejemplo

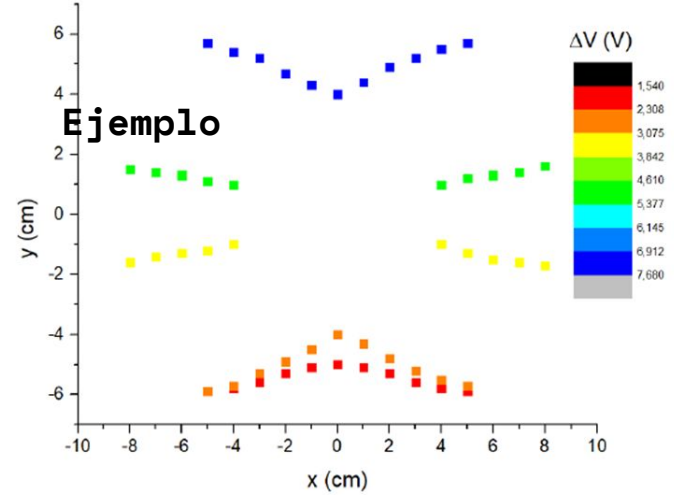
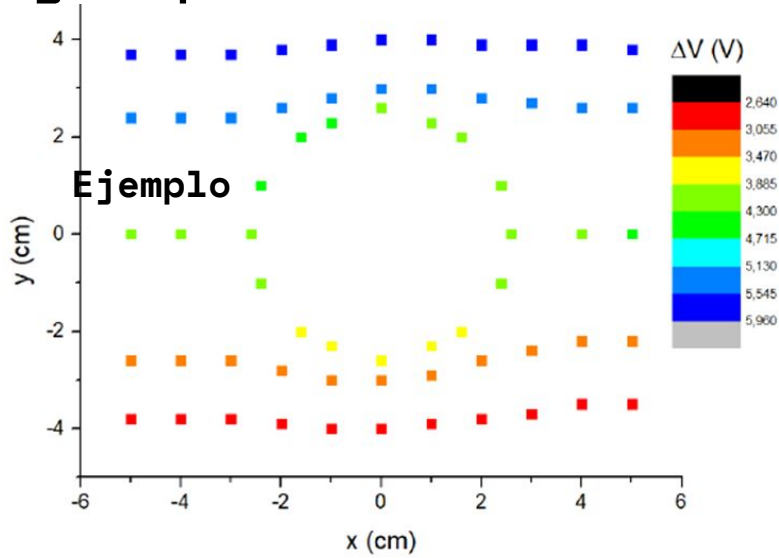
Actividad B: placas paralelas con ... en el medio



Labo F2 Q-2C-2022-Maricel Rodriguez

Ejemplo

Actividad B: placas paralelas con ... en el medio

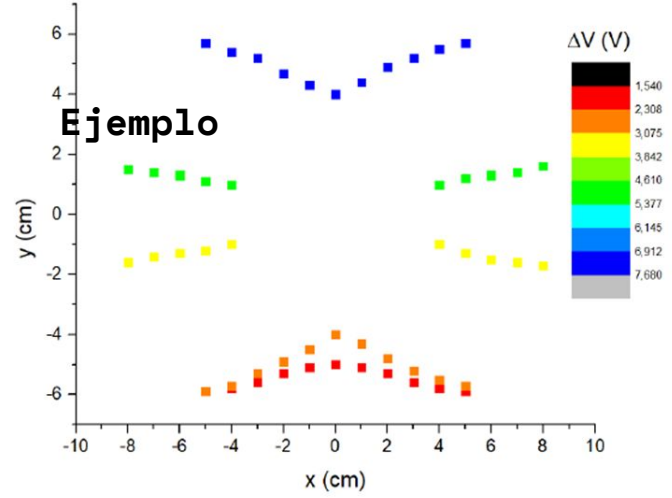
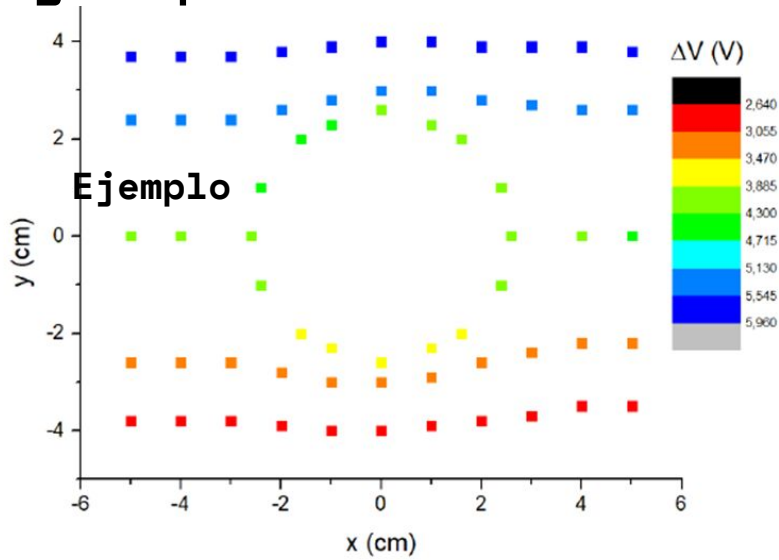


Conductor: Dentro del conductor el campo $E = 0$, es decir el potencial es constante.

Las líneas equipotenciales se deforman rodeando el conductor. El campo E tiende a ser perpendicular a su superficie.

Ejemplo

Actividad B: placas paralelas con ... en el medio



Conductor: Dentro del conductor el campo $E = 0$, es decir el potencial es constante. Las líneas equipotenciales se deforman rodeando el conductor. El campo E tiende a ser perpendicular a su superficie.

Aislante: las líneas equipotenciales se deforman hacia adentro del aislante. El aislante no posee electrones ni iones libres sino moléculas polarizables. La contribución al campo eléctrico de las moléculas polares deforma las líneas equipotenciales.

Condiciones de contorno

Existen dos tipos básicos de **condiciones de borde** en el caso que se use un diseño experimental como el propuesto en este experimento.

Condición de Dirichlet: son condiciones de borde sobre un **conductor**, sólo tengo componente perpendicular del campo eléctrico, es decir la componente tangencial es nula.

Condición de Neumann: son condiciones de borde sobre las paredes del recipiente que son **no conductoras**, donde la componente perpendicular del campo eléctrico es nula.