

Clase 01

Cuba electrostática

Laboratorio de física 2 para químicxs

1) Explicación teórica

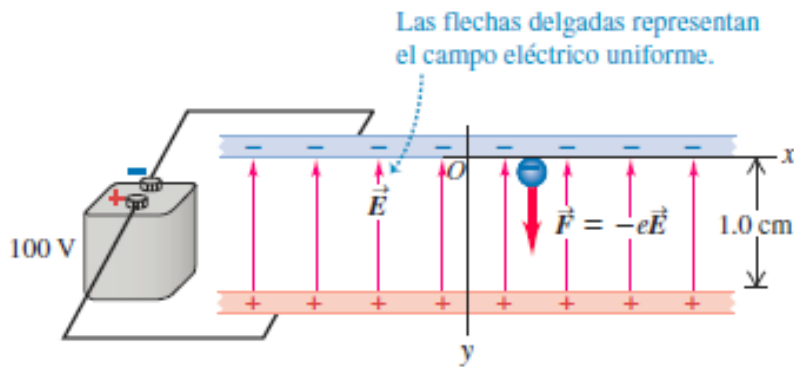
Campo eléctrico

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. Un campo E de una carga q_0 genera una fuerza F dada por la siguiente ecuación:

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

O dicho de otra manera, el campo eléctrico en un dado punto del espacio esta relacionado con la fuerza eléctrica que se ejerce sobre una carga de prueba q_0 colocada en ese punto.

¿Cómo visualizamos \mathbf{E} ?



\mathbf{E} se ilustra con líneas de campo, las cuales:

- 1) Tienen dirección de + a –
- 2) La cantidad de líneas dependen de la magnitud de la carga y la densidad del \mathbf{E} en el punto.
- 3) Las líneas de campo no se cruzan.

1) Explicación teórica

Potencial eléctrico

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

$$dV = -\frac{dW}{q_0} = -\frac{1}{q_0}F(x, y)dl = -Edl, \quad \rightarrow \quad E_x = -\frac{dV}{dx}, \quad E_y = -\frac{dV}{dy} \quad \text{y} \quad E_z = -\frac{dV}{dz}$$

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

V en un punto es el W que necesita hacer F para mover q positiva desde la referencia hasta ese punto, dividido q_0

Gradiente del potencial

$$-dV = E_x dx + E_y dy + E_z dz$$

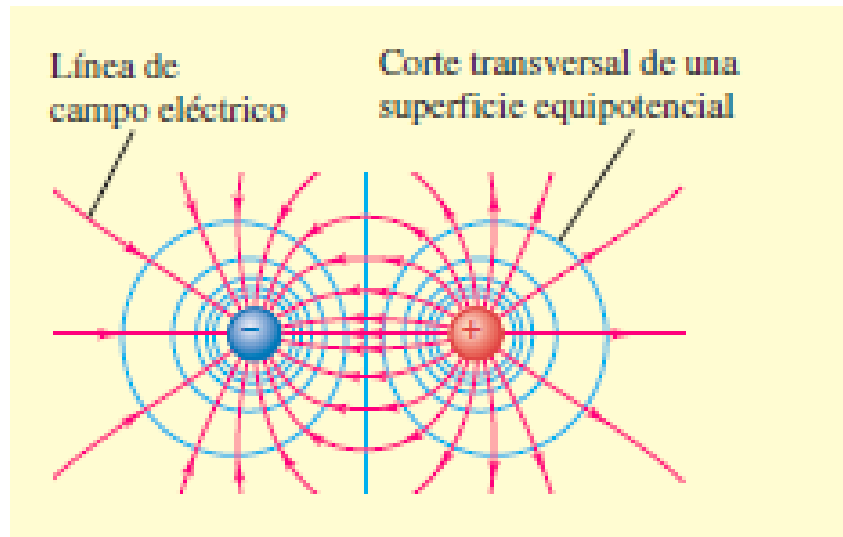
- Si el desplazamiento es paralelo, por ejemplo, al eje x , entonces $dy=dz=0$, por lo que $-dV = E_x dx$.
- La diferencia $V_a - V_b$ se llama diferencia de potencial entre a y b y se abrevia V_{ab} .
- En los circuitos eléctricos la diferencia de potencial entre dos puntos se denomina **voltaje**.
- V_{ab} , el potencial de a con respecto a b , es igual al trabajo realizado por la fuerza eléctrica cuando una UNIDAD de carga se desplaza de a hasta b .

1) Explicación teórica

Superficies y líneas equipotenciales

En una región en donde existe un campo eléctrico, el potencial eléctrico 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 q_0V 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**.



Analogía con mapas topográficos

Observación importante: E no necesita ser constante sobre una superficie equipotencial

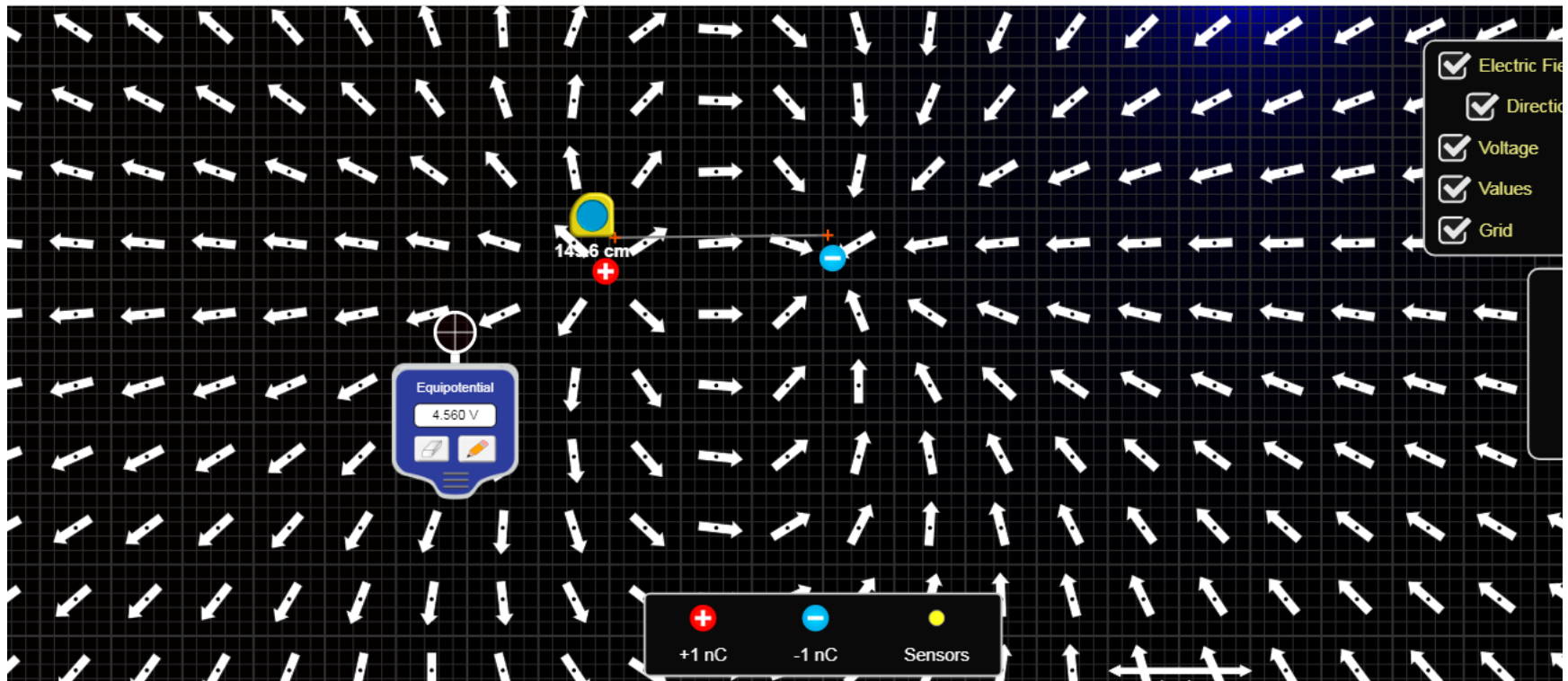
1) Explicación teórica

Superficies y líneas equipotenciales

Observación: puede usar el simulador de phet colorado:

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

Para estudiar cargas y campos (ver link en el material adicional que está en la pagina de la materia).



1) Explicación teórica

Observación: 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

Por un lado, están los valores de potencial determinados por los **electrodos metálicos** (conductores con carga) cuyos valores son constantes, donde se aplica como condición de borde lo que se conoce como condición de **Dirichlet**. Sólo tengo componente perpendicular del campo (la componente tangencial es nula).

Por otro lado, están las condiciones de borde sobre las **paredes del recipiente**, que son no conductoras, por lo tanto la corriente eléctrica sobre dicha pared sólo puede tener componente paralela a la misma. O sea que sobre estas paredes la componente perpendicular del campo eléctrico es nula, esto es:

$$E_{\perp} = 0 \quad \text{ó} \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 0$$

Esta condición de contorno se denomina de **Neumann**.

2) Objetivos de la práctica

El objetivo de este experimento es determinar las líneas (o superficies) equipotenciales, es decir, el lugar geométrico donde el potencial eléctrico es constante para distintas configuraciones de electrodos situados dentro de un medio líquido poco conductor.

3) Arreglo experimental

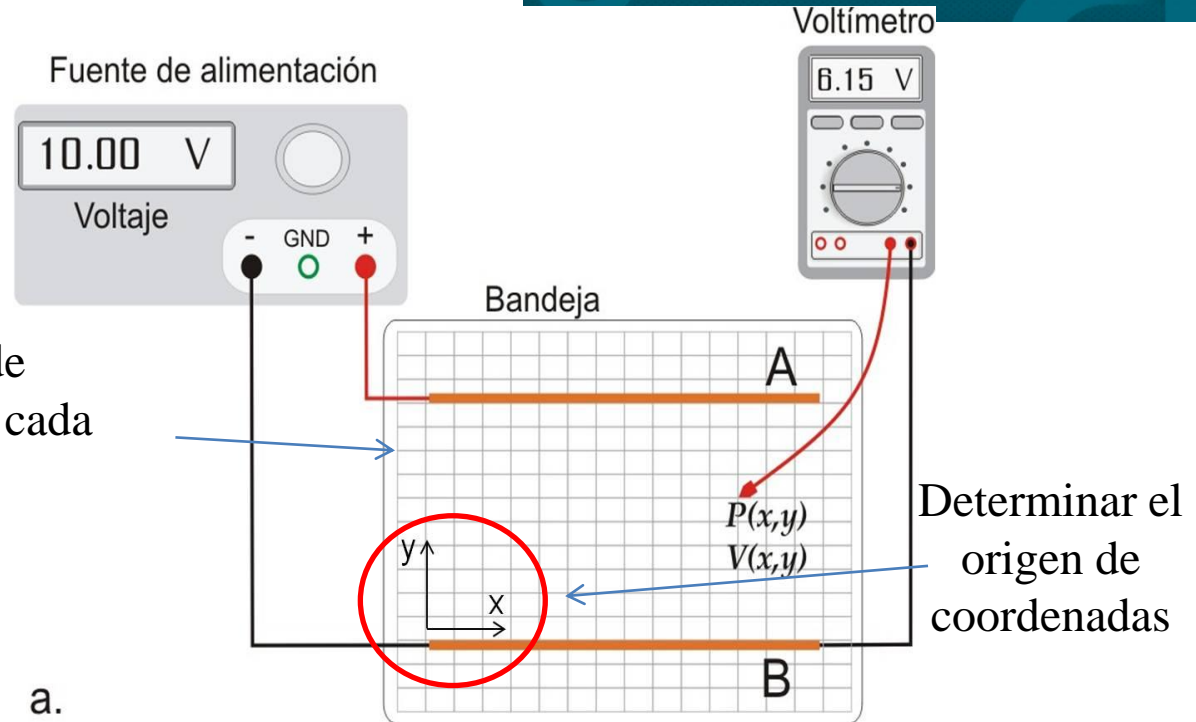
- Para crear los potenciales se conectan dos electrodos a una **fuentes de baja tensión**.
- A su vez estos electrodos están sumergidos en un medio poco conductor (líquido).
- Los potenciales se miden con un voltímetro usando cables con puntas.

3) Arreglo experimental

Actividad A: placas paralelas

1) Armar el siguiente dispositivo:

Hoja milimetrada
(de esta forma se puede
medir las coordenadas en cada
punto)



2) Medir el potencial eléctrico $V(x,y)$ entre las dos placas a lo largo de varias líneas perpendiculares a las mismas.

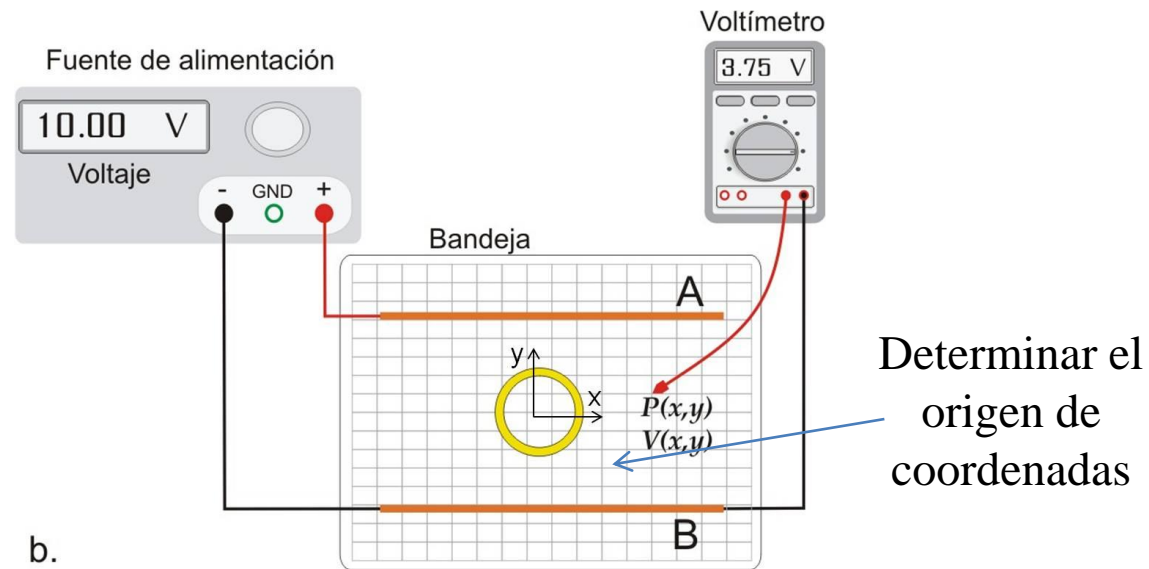
3) Realizar un gráfico de contorno (o Contour plot) de y vs x para los valores de $V(x,y)$ en z . Usar en origen: **Plot/Contour/Color fill**, nombrando cada variable como x , y y z (Ver tutorial de Origin). Determinar las líneas equipotenciales.

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

3) Arreglo experimental

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

Observación: Una aplicación de la cuba electrostática es la electroforesis (técnica para separación de moléculas)



b.

- 1) Para la configuración de la actividad A, colocar entre los electrodos un conductor. Medir y analizar las líneas equipotenciales alrededor del conductor. ¿Cómo deberían de ser las líneas equipotenciales dentro del conductor?
- 2) Realizar un gráfico de contorno como en la actividad A y luego otro gráfico de y vs x para los distintos valores de Voltaje medidos (líneas equipotenciales), con la función: "Plot/Symbol/color mapped" (nombrando las columnas en este caso como XY). ¿Qué grafico representa mejor el experimento?
- 3) Repetir 1) y 2) cambiando el conductor por un aislante.
- 4) Analizar de forma cualitativa las condiciones de contorno (**Dirichlet ó Neumann**) para las distintas configuraciones.

3) Arreglo experimental: instrumentos

Multímetro digital



- Uso de multímetro o tester.
- Uso de fuente de alimentación.
- Incertezas de instrumentos de medición.



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

Fuente de alimentación (DC power supply)



<https://wanptek.en.made-in-china.com/product/ojUEBTKOEHhP/China-30V-60A-Adjustable-High-Power-Switch-DC-Regulated-Power-Supply.html>

3) Arreglo experimental: instrumentos

Multímetro digital

- Los multímetros miden: tensión, corriente, resistencia, temperatura, capacidad, frecuencia , etc.
- Se debe seleccionar la escala adecuada. Valor medido entre el cero y un valor máximo superior al valor que se quiere medir(fondo de escala).
- Por lo que se debes estimar el valor a ser medido o de lo contrario poner el máximo rango de valor posible. (Pero una vez que se sabe el valor aprox. usar rango adecuado)

Ej: **Especificaciones**

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

*Resolución: menor valor de lectura.

*Precisión: se utiliza para calcular la 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.

3) Arreglo experimental: instrumentos

Multímetro digital

-Ej de cálculo de incertidumbre:

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: $\Delta I_{nom} = 5,85 \mu\text{A} + 0,3 \mu\text{A} \cong 6 \mu\text{A}$
$I = (390 \pm 6) \mu\text{A}$

Observación: aplicar este criterio para las incertezas que se medirán en esta práctica

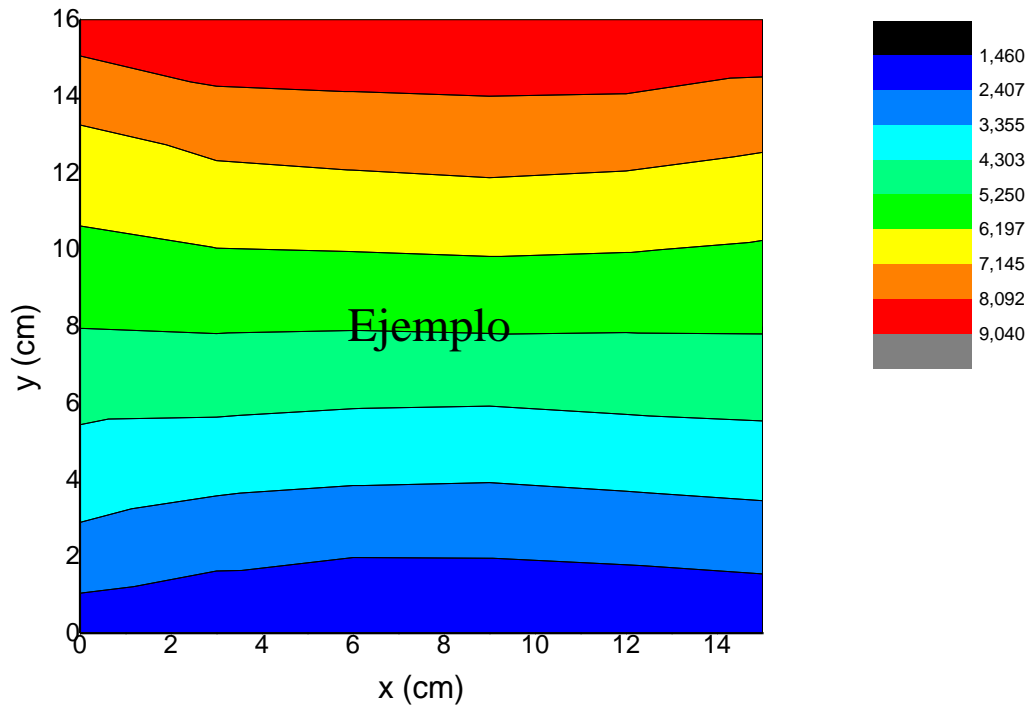
¡A medir!

4) Resultados y análisis

Actividad A punto 1

Observación: Nombrar cada variable como x, y, z

En Origin: Plot/Contour/Color fill



En las esquinas del gráfico se puede visualizar además una tendencia a curvarse hacia las placas. Esto se debe a que, hacia los extremos de las placas, ya no vale la aproximación de plano infinito por lo tanto el campo se deforma.

Actividad A punto b

$V(x_0, y)$ vs y :

¿Qué obtengo de la pendiente?

$$dV = -E dl$$

Ver las unidades!

*Ayuda: tomar los valores donde x sea constante pero utilizar los valores donde las líneas sean lo más paralelas posibles.

Observación:

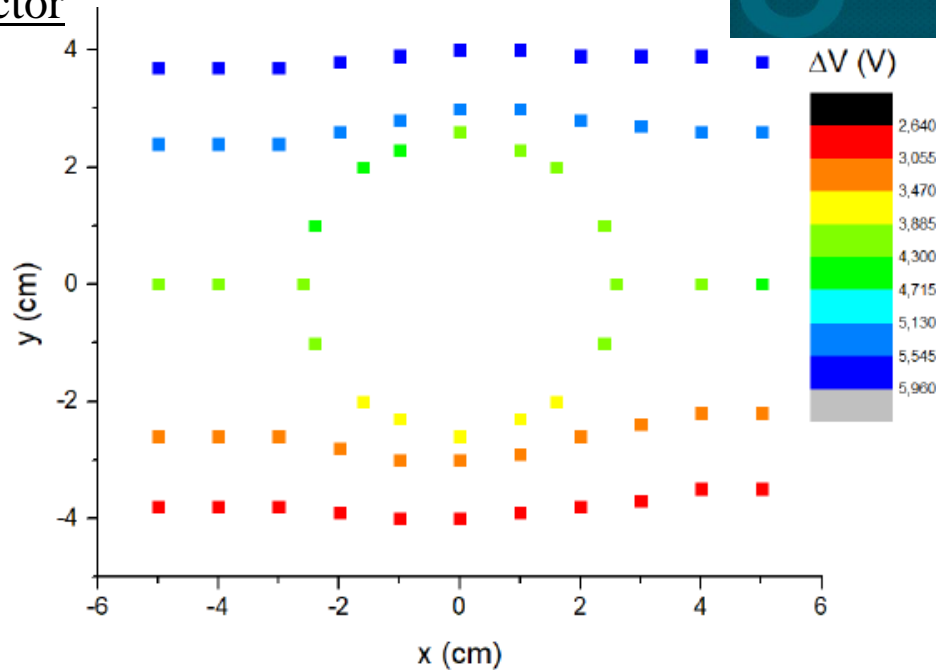
Voltaje aplicado de la fuente dividido distancia de las placas
10V/16 cm



Valor aproximado de la pendiente

4) Resultados y análisis

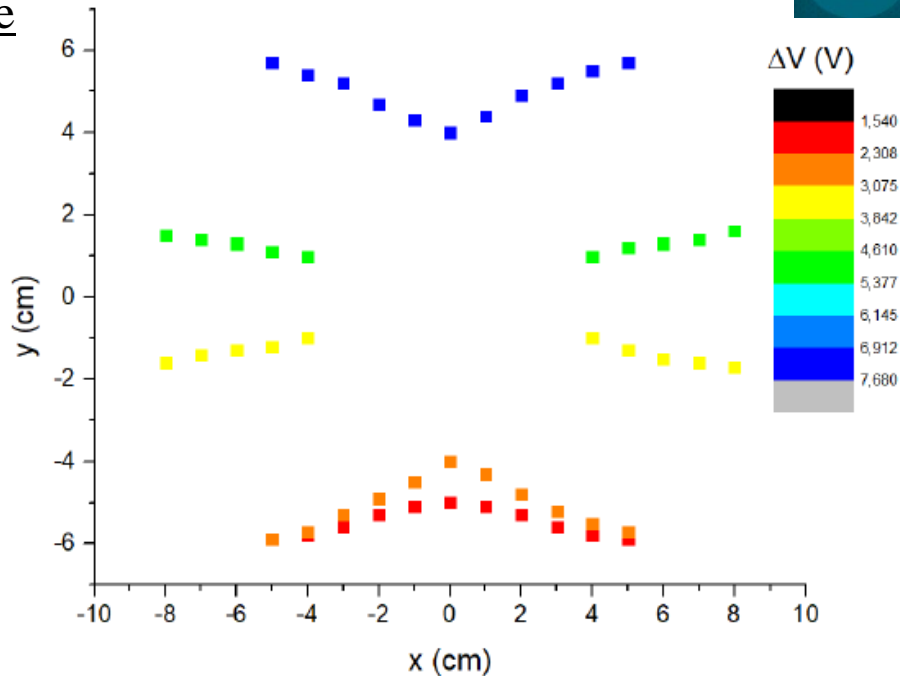
Actividad B conductor



- ¿Qué gráfico representa mejor el experimento? ¿Por qué?
 - Para el conductor y el aislante la representación de y vs x es mejor (origin interpola datos en el contour plot)
- ¿Qué sucede dentro del conductor?
 - $E=0 \rightarrow$ líneas equipotenciales constantes.
- Las superficies equipotenciales se deforman rodeando al conductor.
- El conductor incorporado es una superficie equipotencial, entonces en las cercanías de éste el campo eléctrico tiene que ser perpendicular a su superficie por ser equipotencial.

4) Resultados y análisis

Actividad B aislante



- Aislante: se puede analizar que las superficies equipotenciales se deforman hacia adentro del aislante.
- Esto se debe a que el aislante no posee electrones ni iones libres sino moléculas polarizables entonces no será una superficie equipotencial como en el caso del conductor.
- Aunque, se observa una deformación de las superficies equipotenciales debido a que son afectadas por la contribución al campo eléctrico de las moléculas polares.
- Pensar sobre las condiciones de contorno!**