



Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ingeniería

Cátedra: Física III

Profesor Adjunto: Ing. Arturo Castaño

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Cesar Rey

Auxiliares: Ing. Andrés Mendivil, Ing. José Expucchi, Ing. Abel U. Rodríguez

TRABAJO DE LABORATORIO N° 2: Potencial Eléctrico Mapa de Campo Eléctrico

OBJETO DE LA EXPERIENCIA:

Observar el espectro del campo eléctrico en un plano producido por una distribución de carga obtenido a partir de la visualización de las líneas equipotenciales y el trazado de las líneas de campo.-.

METODOLOGIA:

Dada una distribución de carga, se determinan las posiciones de los puntos de igual potencial, trazándose a través de ellos una línea equipotencial, generándose así una familia de líneas equipotenciales. A partir de estas es posible graficar las líneas de campo eléctrico asociadas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Representación del campo eléctrico. Líneas de Fuerza

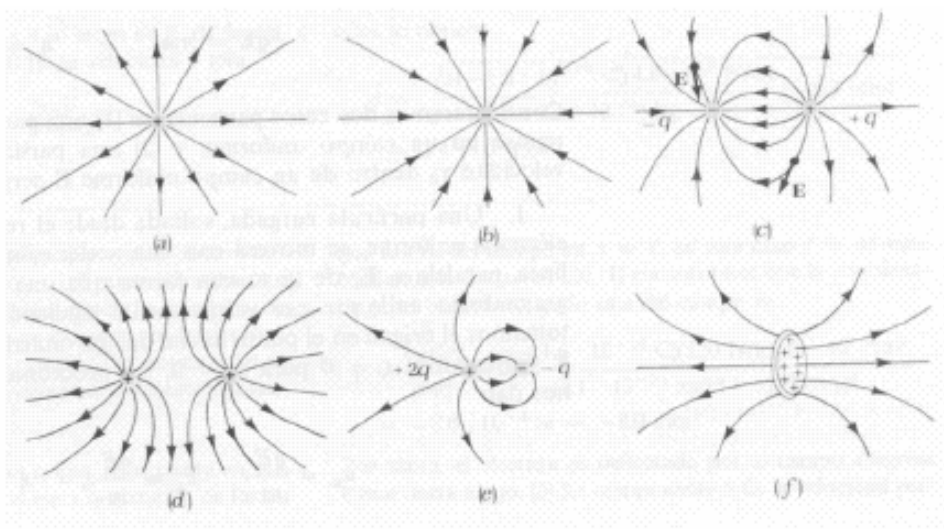
El concepto de campo eléctrico como vector no fue apreciado entre los primeros físicos, de ellos uno de los más importantes fue Michel Faraday (1791 – 1867), quien pensó siempre en función de *líneas de fuerza*. Las líneas de fuerza siguen siendo una manera conveniente de representarse en la forma de los campos eléctricos. Se las usa con este fin, pero en general no se las usa cuantitativamente.

Es posible conseguir una representación gráfica de un campo de fuerzas empleando las llamadas *líneas de fuerza*. Son líneas imaginarias que describen, si los hubiere, los cambios en dirección de las fuerzas al pasar de un punto a otro. En el caso del campo eléctrico, las líneas de fuerza indican las trayectorias que seguirían las partículas positivas si se las abandonase libremente a la influencia de

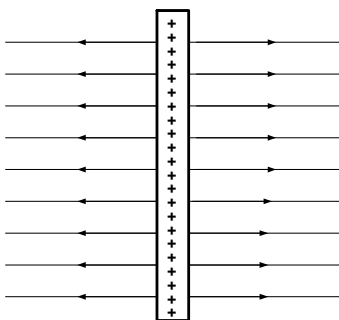
las fuerzas del campo. Le relación entre las líneas de fuerza y el vector intensidad de campo es la siguiente:

- 1 - El campo eléctrico será un vector tangente a la línea de fuerza en cualquier punto considerado.
- 2 - Las líneas de fuerza se dibujan de modo que el número de líneas por unidad de superficie de sección transversal sea proporcional a la magnitud de campo. En donde las líneas están muy cercanas, el campo es grande y en donde están separadas es pequeño.

Una carga puntual positiva dará lugar a un mapa de líneas de fuerza radiales, pues las fuerzas eléctricas actúan siempre en la dirección de la línea que une a las cargas interactuantes, y dirigidas hacia fuera porque las cargas móviles positivas se desplazarían en ese sentido (fuerzas repulsivas). En el caso del campo debido a una carga puntual negativa el mapa de líneas de fuerza sería análogo, pero dirigidas hacia la carga central. Como consecuencia de lo anterior, en el caso de los campos debidos a varias cargas las líneas de fuerza nacen siempre de las cargas positivas y mueren en las negativas. Se dice por ello que las primeras son «manantiales» y las segundas «sumideros» de líneas de fuerza.



Las líneas de fuerza de una lámina uniforme de carga positiva, de grandes dimensiones uniforme serán igualmente espaciadas, rectas y paralelas



En los dibujos de ejemplo las representamos en 2D, pero podemos imaginarlas en 3D.

Relación entre el campo eléctrico y la diferencia de potencial.

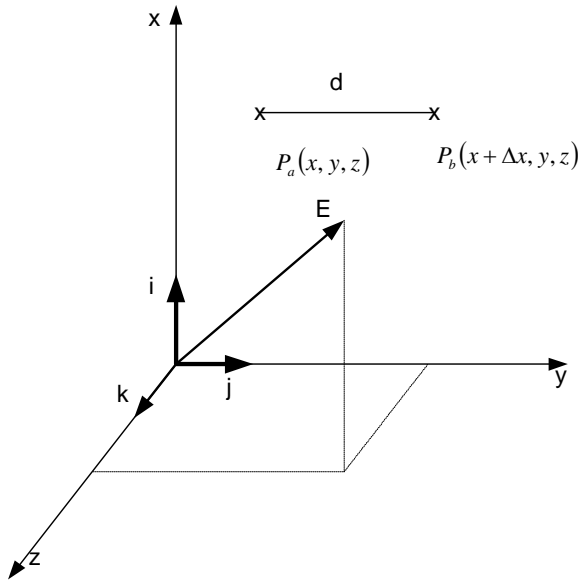
$$V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E} dx d\vec{l}$$

Como hemos visto , si elegimos ahora

$$a \rightarrow \infty \Rightarrow V_a = V_\infty = 0 , \quad y \quad b \equiv P \Rightarrow V_b = V(P) = V$$

nos queda $V = -\int_\infty^P \vec{E} dx d\vec{l}$, en consecuencia conociendo el valor de \vec{E} , podemos conocer el valor de V .

Veamos ahora como analizar el caso inverso, es decir conocido V , encontrar el valor de \vec{E} , supongamos que calculamos la diferencia de potencial entre dos puntos próximos $Pa(x, y, z)$ y $Pb(x + \Delta x, y, z)$, como se ve en la figura



$$V(x, y, z) - V(x + \Delta x, y, z) = -\int_x^{x+\Delta x} \vec{E} dx d\vec{l} \quad \text{pero}$$

$$\vec{E} dx d\vec{l} = (E_x \vec{i} + E_y \vec{j} + E_z \vec{k}) x dx \vec{i} = E_x dx$$

cuando $\Delta x \rightarrow 0 \Rightarrow E_x = cte$ entonces

$$V(x, y, z) - V(x + \Delta x, y, z) = -\int_x^{x+\Delta x} E_x dx \cong -E_x \Delta x$$

$$\frac{V(x, y, z) - V(x + \Delta x, y, z)}{\Delta x} \cong -E_x \quad \text{para } \Delta x \rightarrow 0$$

$$\lim \frac{V(x, y, z) - V(x + \Delta x, y, z)}{\Delta x} = -E_x$$

$$\frac{\partial V}{\partial x} = -E_x \quad \text{realizando el mismo análisis para los otros ejes, será}$$

$$\frac{\partial V}{\partial y} = -E_y \qquad \frac{\partial V}{\partial z} = -E_z$$

Encontramos así que la componentes de \vec{E} están dadas por las derivadas parciales cambiadas de signo. Si conocemos la expresión de V para una distribución de cargas, podemos conocer el campo eléctrico \vec{E} a través de estas ecuaciones. Matemáticamente estas ecuaciones definen la función gradiente, por lo que escribimos:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

Vemos el caso particular de una distribución de cargas que posee simetría esférica, V dependerá únicamente de la coordenada radial r , y el campo eléctrico \vec{E} tendrá solamente radial E_r , dada por

$$E_r = -\frac{dV}{dr}$$

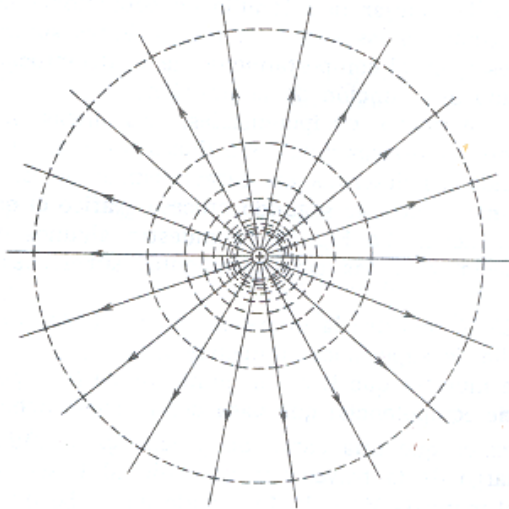
para el caso de la carga puntual será

$$E_r = -\frac{dV}{dr} = -\frac{d}{dr} \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \right) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{d}{dr} \frac{1}{r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r^2} \right) =$$

$$E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Superficies equipotenciales

Una superficie equipotencial es aquella en la que el potencial es constante, decir tiene el mismo valor para todos sus puntos. Debido a esto, cuando partícula se mueve a lo largo de una superficie equipotencial las fuerzas eléctricas no realizan trabajo alguno. Al igual que las líneas de campo sirven para visualizar el campo, las superficies equipotenciales son útiles para visualizar el comportamiento espacial del potencial.

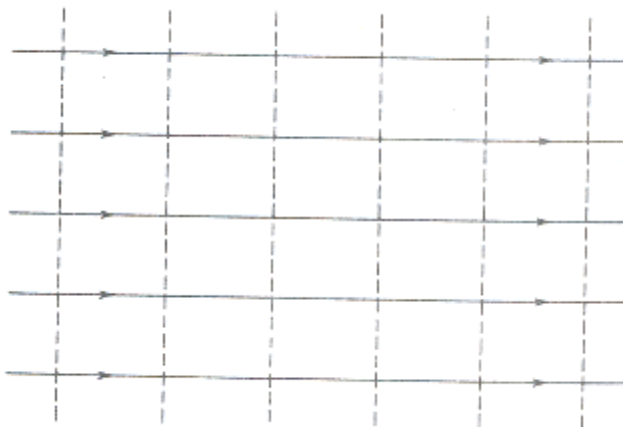


La figura muestra las superficies equipotenciales y las líneas de campo en el exterior de una esfera uniformemente cargada. Ya vimos que

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \text{ de forma que } V \text{ es}$$

constante si r es constante, y las superficies equipotenciales son superficies esféricas concéntricas con la esfera carga.

Sabemos ya que en un campos uniforme las superficies equipotenciales son planos paralelos entre si y perpendiculares a la dirección del campo



Esta figura nos muestra el corte de placas plano-paralelas cargadas donde el campo E es uniforme, junto con las líneas de campo y las superficies equipotenciales entre las placas.

En las figuras anteriores las líneas de campo son perpendiculares a superficies equipotenciales que cruzan. Esto debe ocurrir siempre, porque si tuvieran una componente tangencial a una de las superficies equipotenciales cuando una partícula cargada se moviese sobre dicha superficie la fuerza eléctrica realizaría un trabajo, y por tanto \vec{E} no puede tener una componente tangencial una superficie equipotencial. En cada punto \vec{E} debe ser perpendicular a la correspondiente superficie equipotencial.

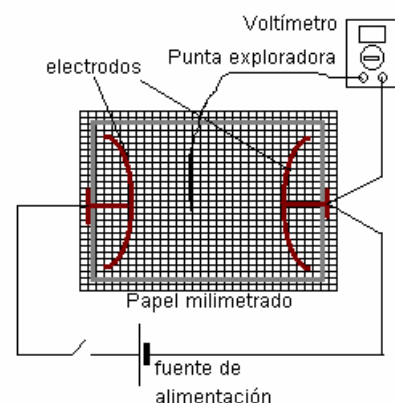
En un dibujo donde se mantenga igual la diferencia de potencial entre superficies equipotenciales sucesivas, su espaciado indicara el valor de \vec{E} . Las superficies estarán mas juntas en las regiones donde \vec{E} sea mayor, de igual manera que las curvas de nivel en un mapa indican una pendiente mas pronunciada cuando están mas juntas. En la primera figura el espaciado entre líneas equipotenciales aumenta conforme crece r debido a que el campo \vec{E} disminuye al aumentar r . En segunda figura las superficies están igualmente espaciadas porque \vec{E} es uniforme, en este caso, V varia linealmente en la dirección perpendicular a las placas. Como $-E_x = \frac{\partial V}{\partial x}$, la dirección de \vec{E} es opuesta a la dirección en que V aumenta.

MATERIAL A UTILIZAR:

- Fuente de alimentación de CC.
- Equipo para la práctica de campo eléctrico (recipiente de vidrio, agua potable, electrodos y papel milimetrado tamaño A4)
- Multímetro.
- Cables de Conexión.

TÉCNICA OPERATORIA:

1. Lavar varias veces el recipiente de vidrio con agua potable
2. Coloque debajo del recipiente un papel milimetrado tamaño A4 que servirá de referencia. Marcando un sistema de ejes a partir del centro del papel cada 1 cm valores positivos y negativos para ambos ejes.-



3. Antes de colocar los electrodos verifique que están limpios, póngalos en forma firme y ajústelos en el borde del recipiente, establezca la posición de los mismos y márquelos en el papel milimetrado.-
4. Arme el circuito presentado en la Figura . complete con agua potable hasta una altura de 5 mm . Compruebe que la escala del voltímetro es la adecuada.

Solicite la autorización al auxiliar docente para hacer la conexión a la fuente de alimentación.

5. Cuando se conecta el circuito, entre los electrodos se establece una diferencia de potencial V_0 , igual a la de la fuente, que puede ser medida con el voltímetro, si se elije el electrodo conectado al borne (-) del voltímetro como punto de referencia ($V=0$) y se conecta el otro borde a una punta exploradora.
6. Divida la diferencia de potencial V_0 en ocho partes.
7. Con esta punta exploradora determine las coordenadas (x,y) de al menos 9 de los puntos que están a cada uno de los potenciales obtenidos.- Como los puntos estan referidos al sistema de ejes marcados en el papel podemos elegir una de las coordenadas y buscar la otra desplazando la punta paralela al eje seleccionado.-

Tabla 1 Valor de la fuente $V_0 =$							
Lecturas	$V_1 =$		$V_2 =$			$V_8 =$	
	X	Y	X	Y		X	Y
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

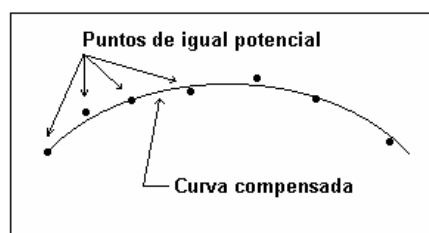
Precauciones

- La punta exploradora debe estar limpia, mantener la misma profundidad en cada lectura y mantener su posición vertical
- La escala del voltímetro debe ser la adecuada.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

a) Construcción de las líneas equipotenciales;

Ubicar los puntos obtenidos de la tabla anterior en el papel milimetrado luego se deberán unir los mismos



mediante una curva compensada (como se indica en la figura) dicha curva representa la línea equipotencial , esto deberá repetirse para cada columna desde V1 a V8.-

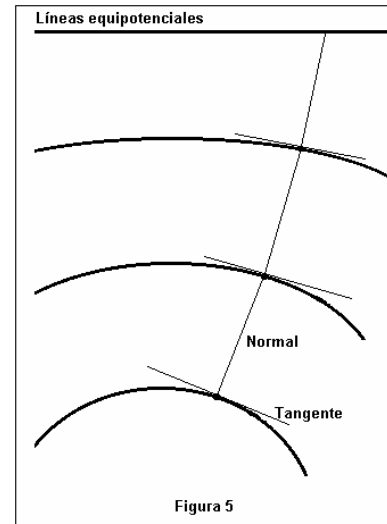
b) Construcción de las líneas de campo eléctrico:

Elija un punto sobre el borde de la representación del electrodo en el papel milimetrado. Trace la tangente al borde del electrodo en dicho punto. Luego a partir de este punto elegido dibuje una recta perpendicular a la tangente hasta interceptar a la línea equipotencial más próxima (ver fig. 5).

A partir de ese punto de intersección repetir el procedimiento citado hasta la siguiente línea equipotencial.

De esta manera se logrará dibujar una poligonal que nace de un electrodo y termina en el otro, trazando la envolvente a la poligonal, quedará determinada en forma práctica una línea de fuerza del campo eléctrico.

Dibuje cuatro líneas de fuerza del campo eléctrico.



c) Cálculo del campo eléctrico:

Para calcular el campo eléctrico en un punto recordemos que

$$\vec{E} = \frac{\Delta V}{\Delta l}$$

donde ΔV representa la diferencia de potencial y Δl

representa la longitud existente entre los puntos que se considera la diferencia de potencial.-

En función de estos conceptos elegimos un punto donde queremos conocer el campo y sobre una línea de fuerza medimos la diferencia de potencial entre la equipotencial que pasa por ese punto y la equipotencial siguiente y lo dividimos por la longitud de línea de fuerza entre esos dos puntos.-

Utilizar este procedimiento para calcular el Campo en tres puntos distintos ubicados sobre tres líneas de fuerza diferentes.-

BIBLIOGRAFÍA:

Eisberg R. y Lerner L. "Física :Fundamentos y Aplicaciones" Vol I y II Ed. McGraw-Hill

Serway R "Física" Vol I y II Ed. McGraw-Hill

Sears Física Universitaria 6^{ta} ed. Addison Wesley

Zahn M. "Teoría Electromagnética" Ed. McGraw-Hill

Kip A. "Fundamentos de Electricidad y Magnetismo" Ed. McGraw-Hill

Gettys y otros Física clásica y moderna Ed. McGraw-Hill