

Campo Eléctrico y Potencial Eléctrico

1^{er} Laboratorio Computacional

Física II – IS

Introducción

El objetivo de este trabajo práctico es analizar y visualizar el campo eléctrico y el potencial debido a cargas puntuales en dos dimensiones ($2D$). Utilizando métodos computacionales, se explorarán las características del campo eléctrico y del potencial, así como su representación gráfica.

1 Campo Eléctrico

1.1 Campo Eléctrico de una Carga Puntual en $2D$

El campo eléctrico $\vec{\mathbf{E}}$ debido a una carga puntual q en un punto \vec{r} del espacio se calcula mediante la expresión:

$$\vec{\mathbf{E}}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (1)$$

donde r es la distancia entre la carga y el punto donde deseo calcular el campo, $\hat{\mathbf{r}}$ es el vector unitario en la dirección desde la carga hacia el punto. Podemos reescribir en coordenadas cartesianas en $2D$ como:

$$\vec{\mathbf{E}}(x, y) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{x - x_q}{r^3} \hat{x} + \frac{y - y_q}{r^3} \hat{y} \right) \quad (2)$$

donde $r = \sqrt{(x - x_q)^2 + (y - y_q)^2}$ y (x_q, y_q) es la posición de la carga puntual q .

1.2 Líneas de Campo Eléctrico

Las líneas de campo eléctrico son una representación gráfica del campo eléctrico que se genera alrededor de una carga o una distribución de cargas. Estas líneas poseen varias características fundamentales:

1. **Dirección:** Las líneas de campo eléctrico apuntan en la dirección del campo eléctrico en cada punto. Por convención, salen de las cargas positivas y entran en las cargas negativas.

2. **Densidad de líneas:** La densidad de las líneas de campo (es decir, cuán cerca están unas de otras) indica la magnitud del campo eléctrico. Donde las líneas están más juntas, el campo eléctrico es más fuerte; donde están más separadas, el campo es más débil.
3. **Propiedad de no intersección:** Las líneas de campo eléctrico nunca se cruzan entre sí. Si lo hicieran, implicaría que en ese punto el campo eléctrico tendría dos direcciones diferentes, lo cual es imposible.
4. **Representación del campo eléctrico:** Las líneas de campo proporcionan una representación visual intuitiva del campo eléctrico. Siguiendo una línea de campo, se puede visualizar cómo cambiaría la fuerza y la dirección que experimentaría una carga positiva de prueba al moverse en el campo.

En resumen, las líneas de campo eléctrico son una herramienta útil para visualizar y comprender la naturaleza vectorial del campo eléctrico, su dirección, y cómo varía su intensidad en el espacio. Podemos ver un diagrama de las líneas de campo generado por un dipolo en Figura 1, donde el campo eléctrico se representa por flechas.

1.3 Consignas Campo Eléctrico en 2D:

- Calcular el campo eléctrico \vec{E} resultante para cualquier configuración de carga puntual en 2D. Requisito mínimo de 3 cargas, sabiendo que vale el principio de superposición.
- Generar un gráfico de líneas de campo (líneas de campo) que represente el campo eléctrico resultante.
- Explicar cómo varía el campo con la distancia y la orientación de la carga.

2 Potencial de Cargas Puntuales en 2D

El potencial eléctrico V debido a una carga puntual q en un punto r del espacio se calcula mediante la expresión:

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (3)$$

donde r es la distancia entre la carga y el punto donde deseo calcular el potencial.

Entonces, podemos reescribir en coordenadas cartesianas en 2D como:

$$V(x, y) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sqrt{(x - x_q)^2 + (y - y_q)^2}} \quad (4)$$

2.1 Líneas Equipotenciales

Las líneas equipotenciales son curvas que representan los puntos en el espacio donde el potencial eléctrico es constante. Estas líneas poseen varias características clave:

1. **Constancia del potencial:** A lo largo de una línea equipotencial, el potencial eléctrico V es el mismo en todos los puntos. Esto significa que si una carga de prueba se mueve sobre una línea equipotencial, no experimentará ningún cambio en su energía potencial eléctrica.
2. **Relación con las líneas de campo:** Las líneas equipotenciales son siempre perpendiculares a las líneas de campo eléctrico. Esto se debe a que el campo eléctrico es la derivada espacial del potencial, y el trabajo realizado por el campo al mover una carga sobre una línea equipotencial es cero.
3. **Distribución espacial:** En regiones donde las líneas equipotenciales están más juntas, el campo eléctrico es más intenso, ya que el cambio en el potencial ocurre en una distancia menor. Por el contrario, si las líneas equipotenciales están más separadas, el campo eléctrico es más débil.
4. **Independencia de las cargas:** Las líneas equipotenciales no dependen de la trayectoria seguida, sino solo de la distribución de las cargas en el espacio.

En resumen, las líneas equipotenciales son útiles para comprender cómo varía el potencial eléctrico en el espacio y cómo se relaciona con el campo eléctrico. Al analizar estas líneas junto con las líneas de campo, se obtiene una comprensión más completa del entorno eléctrico generado por una distribución de cargas. Podemos ver un diagrama de las líneas equipotenciales generado por un dipolo en la Figura 1, donde las superficies equipotenciales están representadas por líneas de contorno en color.

2.2 Consignas Potencial Eléctrico en 2D

- Calcular el potencial eléctrico V generado por el conjunto de cargas puntuales en 2D desarrollado para líneas de campo eléctrico.
- Generar un gráfico de contorno que represente el potencial eléctrico en la región de estudio.
- Discuta cómo se relaciona el potencial con la configuración de las cargas.

2.3 Visualización del Campo y del Potencial a partir de Distribuciones de Carga en 2D:

- Considerar distribuciones de carga más complejas a elección (por ejemplo, distribuciones continuas o arreglos de múltiples cargas puntuales).
- Visualizar tanto el campo eléctrico como el potencial eléctrico en un mismo gráfico para una distribución de carga seleccionada.
- Interpretar los resultados obtenidos y discutir las características observadas en el gráfico combinado.

Instrucciones adicionales

- Utilizar software de cálculo numérico en lenguaje **Python** (con **NumPy**, **Matplotlib**) para resolver las consignas.
- Presentar los resultados con gráficos claramente etiquetados y explicaciones detalladas.
- Incluir comentarios sobre el código utilizado para facilitar su comprensión.
- Entregar el informe en formato PDF junto con los scripts de código utilizados para la resolución de los problemas.

Condiciones y Fecha de entrega

- El trabajo debe realizarse en grupo de 4 alumnos como máximo.
- El trabajo debe ser entregado antes del **19 – 09 – 2024**.
- Los comentarios, consultas y sugerencias respecto al Laboratorio se realizarán en horario de Práctica.
- Los trabajos se entregarán vía email a cariatore@gmail.com.

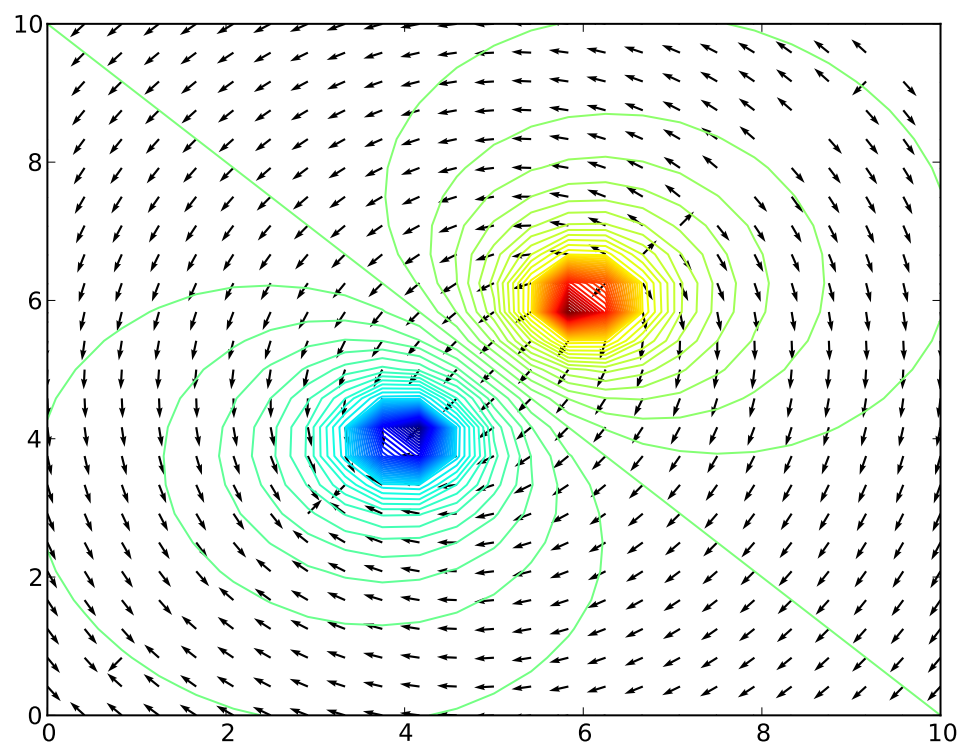


Figure 1: Ejemplo de visualización de la intensidad campo eléctrico (líneas de campo) para una carga carga puntual.