

Tutorial de Electrodinámica Computacional

Ejemplo 3: Cálculo y visualización del campo eléctrico

1. Objetivo del ejemplo

El objetivo de este ejemplo es calcular y visualizar el **campo eléctrico generado por una carga puntual** en cada punto de una malla discreta del plano xy .

Este paso establece explícitamente la conexión entre la ley de Coulomb en su forma analítica y su implementación numérica punto a punto.

2. Marco teórico

El campo eléctrico generado por una carga puntual q , localizada en la posición $\mathbf{r}_q$, está dado por:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = k q \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_q}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_q|^3} \quad (1)$$

donde:

- $\mathbf{r} = (x, y)$ es el punto de observación,
- $\mathbf{R} = \mathbf{r} - \mathbf{r}_q$ es el vector de desplazamiento,
- k es la constante de Coulomb.

En este ejemplo, el campo se evalúa únicamente en los puntos de una malla discreta.

3. Implementación en Python

3.1. Importación de librerías

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

3.2. Parámetros físicos y posición de la carga

```
k = 1.0
q = 1.0

x_q = 0.0
y_q = 0.0
```

Se utilizan unidades adimensionales para simplificar la visualización.

3.3. Dominio espacial y discretización

```
xmin = -2.0
xmax =  2.0
Nx    =  10

ymin = -2.0
ymax =  2.0
Ny    =  10

dx = (xmax - xmin) / (Nx - 1)
dy = (ymax - ymin) / (Ny - 1)
```

La región de cálculo se discretiza en $N_x \times N_y$ puntos igualmente espaciados.

3.4. Construcción de la malla

```
X = np.zeros(Nx * Ny)
Y = np.zeros(Nx * Ny)

n = 0
for j in range(Ny):
    y = ymin + j * dy
    for i in range(Nx):
        x = xmin + i * dx

        X[n] = x
        Y[n] = y

        n = n + 1
```

Cada par $(X[n], Y[n])$ corresponde a un punto del espacio donde se evaluará el campo eléctrico.

4. Cálculo del campo eléctrico

4.1. Inicialización de los componentes

```
Ex = np.zeros(Nx * Ny)
Ey = np.zeros(Nx * Ny)
```

Se almacenan las componentes E_x y E_y del campo eléctrico en arreglos separados.

4.2. Evaluación punto a punto

```
n = 0
for j in range(Ny):
    y = ymin + j * dy
    for i in range(Nx):
        x = xmin + i * dx

        Rx = x - x_q
        Ry = y - y_q
```

```

R  = np.sqrt(Rx*Rx + Ry*Ry)

if R != 0.0:
    Ex[n] = k * q * Rx / (R*R*R)
    Ey[n] = k * q * Ry / (R*R*R)
else:
    Ex[n] = 0.0
    Ey[n] = 0.0

n = n + 1

```

Este bloque implementa directamente la ley de Coulomb. El caso $R = 0$ corresponde a la posición de la carga, donde el campo es singular; numéricamente se asigna cero para evitar divergencias.

5. Visualización del campo

```

plt.quiver(X, Y, Ex, Ey)
plt.xlim(-3, 3)
plt.ylim(-3, 3)
plt.grid()

plt.savefig('a6_02.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
plt.show()

```

Cada flecha representa el vector campo eléctrico $\mathbf{E}(x, y)$ en un punto de la malla.

6. Resultado gráfico

La Figura 1 muestra el campo eléctrico generado por una carga puntual positiva ubicada en el origen.

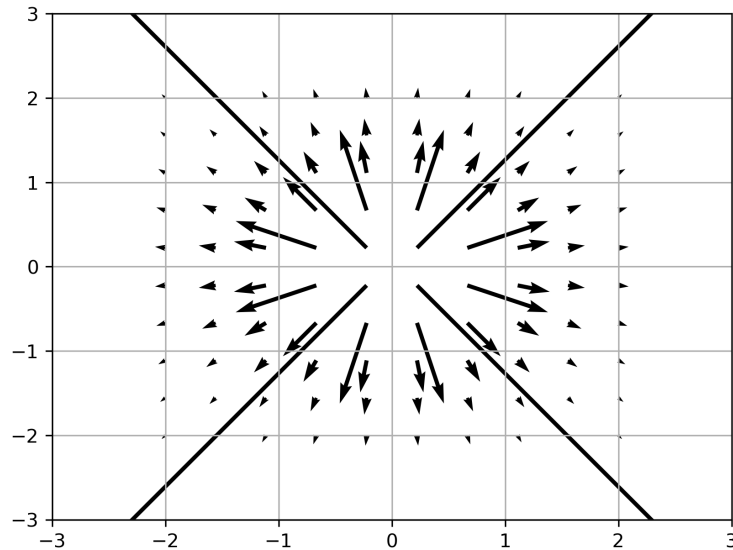


Figura 1: Campo eléctrico de una carga puntual positiva, calculado y visualizado en una malla discreta del plano xy .

7. Comentario final

Este ejemplo muestra explícitamente cómo un campo eléctrico, definido de forma continua en la teoría, se calcula numéricamente punto a punto en una malla discreta.

En el siguiente ejemplo se podrá:

- mejorar la visualización (normalización de vectores),
- introducir varias cargas,
- o calcular el potencial eléctrico asociado.