

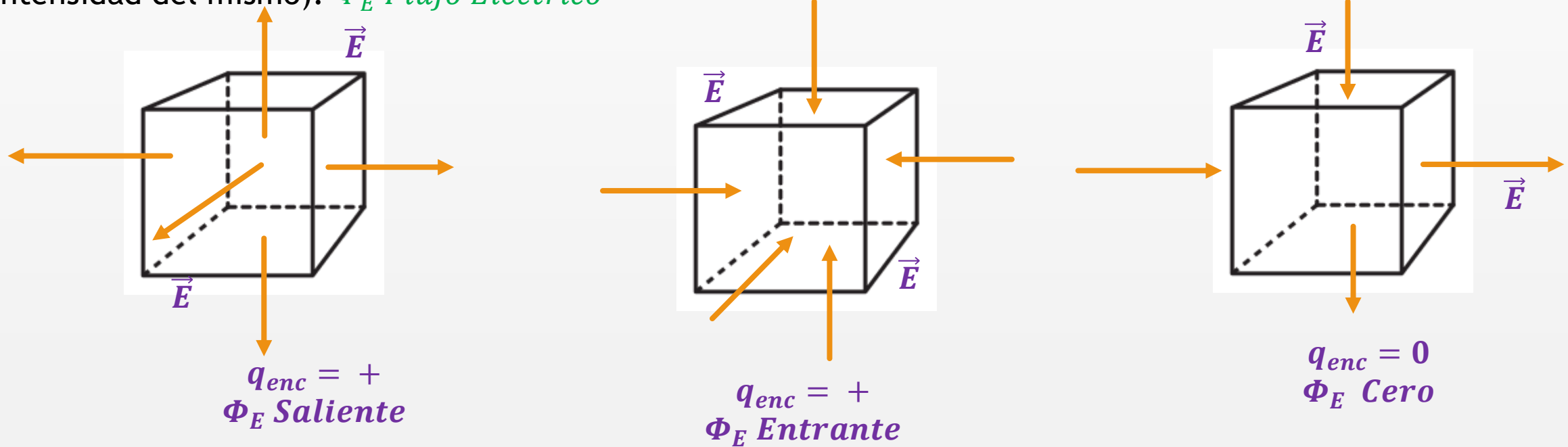
Clase Física 2 05

Flujo Electrico
Calculo de Flujo Electrico

Flujo Eléctrico

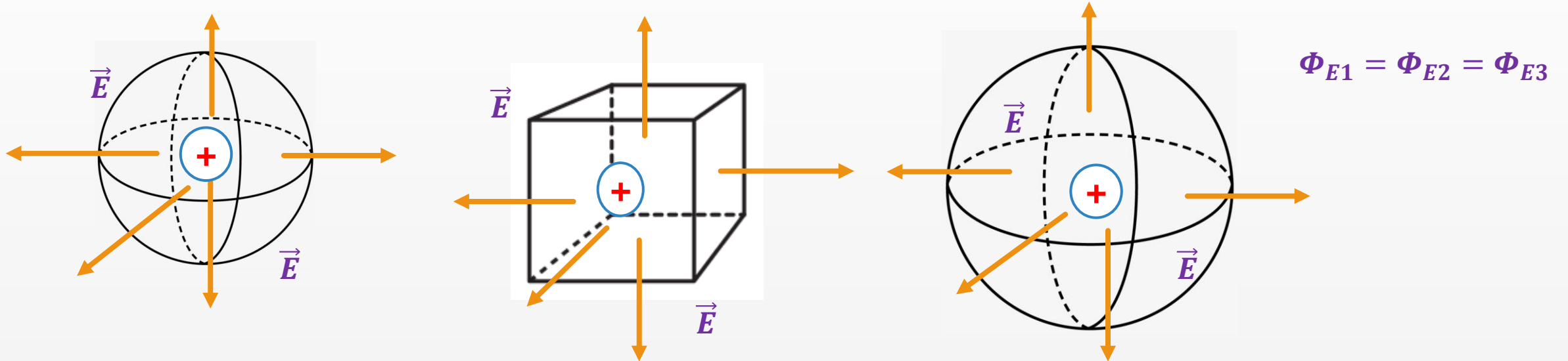
Es una magnitud escalar que expresa una medida del campo eléctrico que atraviesa una determinada superficie, o expresado de otra forma, es la medida del número de líneas de campo eléctrico que penetran una superficie. Su cálculo para superficies cerradas se realiza aplicando la ley de Gauss. Por definición el flujo eléctrico parte de las cargas positivas y termina en las negativas, y en ausencia de las últimas termina en el infinito.

Si se tiene una superficie cerrada en la cual sea real o imaginaria y tuviéramos una carga eléctrica esta generara líneas de campo que se podrán determinar. (no se puede estimar el numero de líneas de campo pero si la intensidad del mismo). Φ_E *Flujo Electrico*



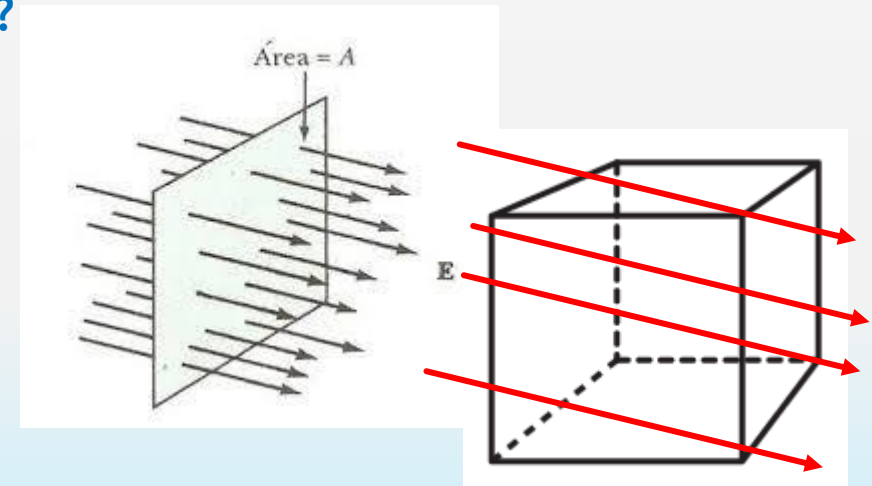
Características del Flujo Eléctrico Φ_E

- El flujo eléctrico no depende del tamaño de la superficie imaginaria
- Φ_E no depende de la forma de la superficie imaginaria
- Φ_E depende de la magnitud y signo de la carga encerrada



¿Qué sucederá con cargas eléctricas afuera de la superficie imaginaria?

- No hay carga dentro del objeto $q_{enc} = 0$
- El flujo entra es igual que al saliente $\Phi_{E_{neto}} = 0$
- Las cargas afuera de la superficie no producen un flujo eléctrico a través de la superficie
- El Flujo eléctrico depende de la magnitud y signo de la carga encerrada



Calculo de Flujo Eléctrico Φ_E

Es una operación escalar de tipo producto punto entre el campo eléctrico que pasa por la superficie y el vector normal que se proyecta perpendicular al área que esta atravesando el campo.

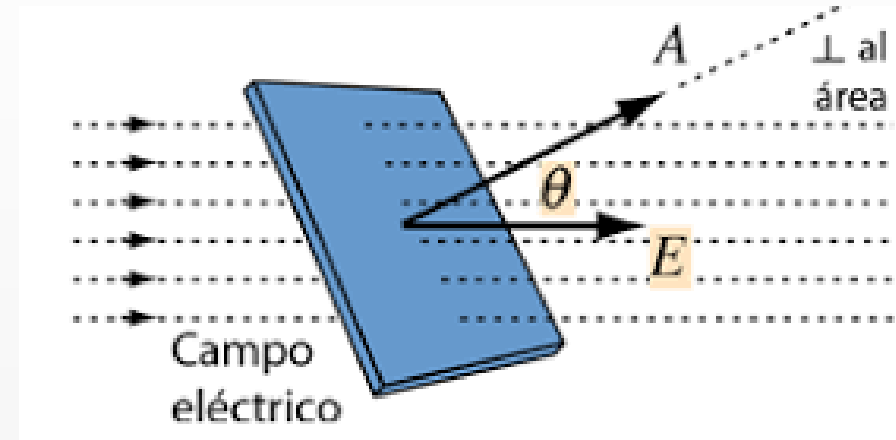
$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} \quad \left[\frac{N \cdot m^2}{C} \right]$$

$$\vec{E} = E_x \hat{i} + E_y \hat{j} + E_z \hat{k}$$

$$\vec{A} = A\hat{n} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$$

$$\Phi_E = E_x A_x + E_y A_y + E_z A_z$$

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta$$



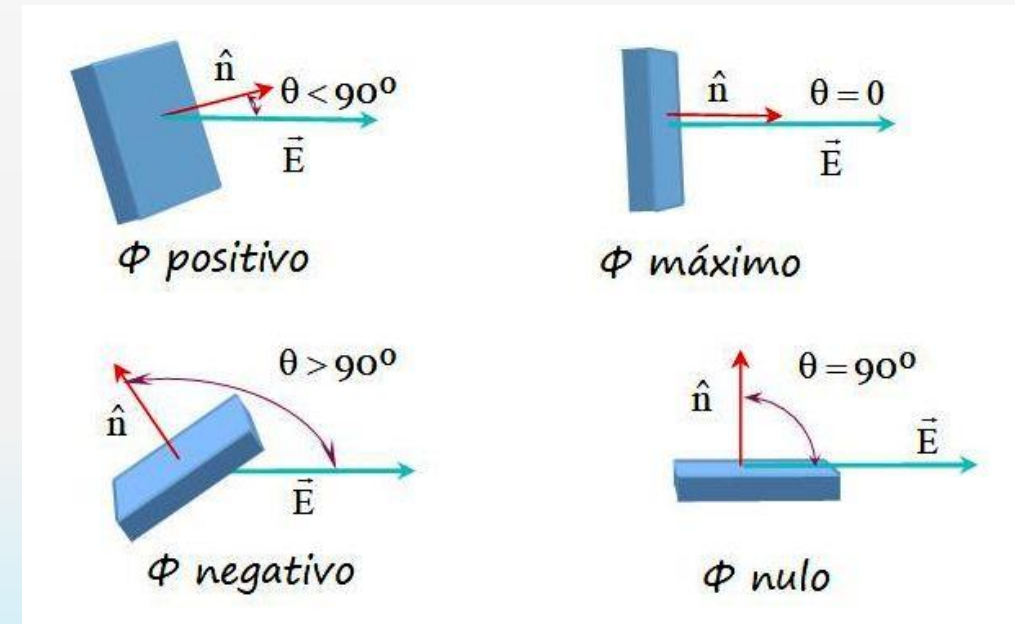
El Flujo eléctrico al depender de la forma que pasa el campo eléctrico por las superficies generara diferentes condiciones dando valores positivos, negativos y cero del flujo.

Flujo neto o total

$$\Phi_E = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \dots$$

Cuando una carga o series de cargas se encuentran encerradas en una superficie sea o no imaginaria estos generan flujo bajo la siguiente expresión.

$$\Phi_E = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$



Ejemplo 1. La lamina que se muestra en la figura mide 3.2mm en cada lado, esta inmersa en un campo eléctrico uniforme $E = 1800 \text{ N/C}$, las líneas de campo forman un ángulo de 65° con la normal apuntando hacia afuera de la placa. Calcular el flujo eléctrico a través de la superficie.

En este caso se realiza las proyecciones entre los vectores de área y campo para estimar cual es el ángulo que hay entre los dos para el calculo de flujo eléctrico.

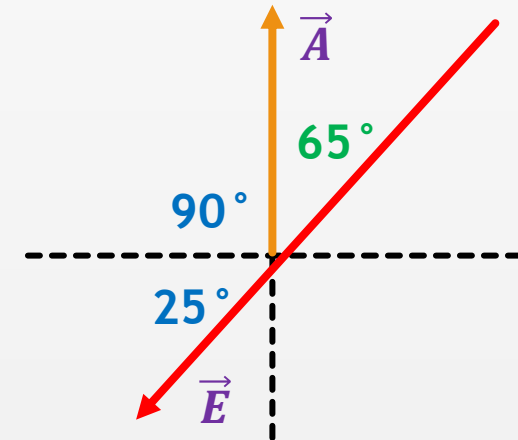
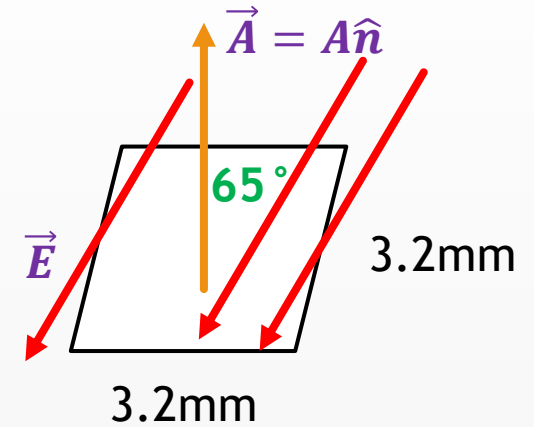
la proyección del ángulo es desde el vector de campo

hacia el vector de área por lo tanto en este caso seria de 115°

El área para el calculo es la de un cuadrado $A = l^2$

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta$$

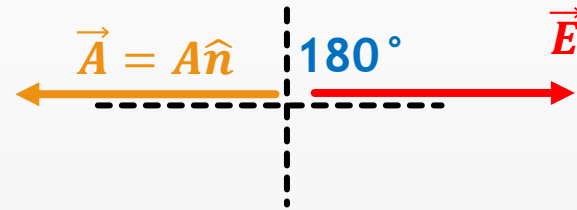
$$\Phi_E = EA \cos \theta = 1800(3.2 \times 10^{-3})^2 \cos 115^\circ = -7.7897 \times 10^{-3} \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$



Ejemplo 2. Considere una caja triangular cerrada en reposo que se encuentra en un campo eléctrico horizontal de $7.8 \times 10^4 \text{ N/C}$, calcule en flujo eléctrico en las siguientes condiciones. a). la superficie rectangular vertical b). la superficie inclinada c). superficies laterales y inferior d) flujo total que experimenta la caja.

Resolución teniendo ya la forma que ingresa se tomara las áreas salientes de la figura para el calculo de los flujos.

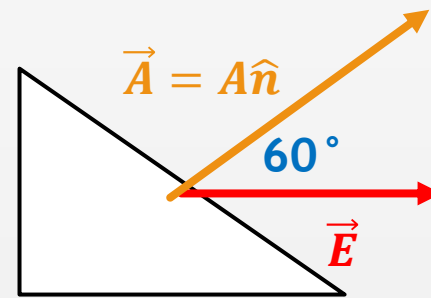
a. Cara rectangular vertical trasera.



$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta$$

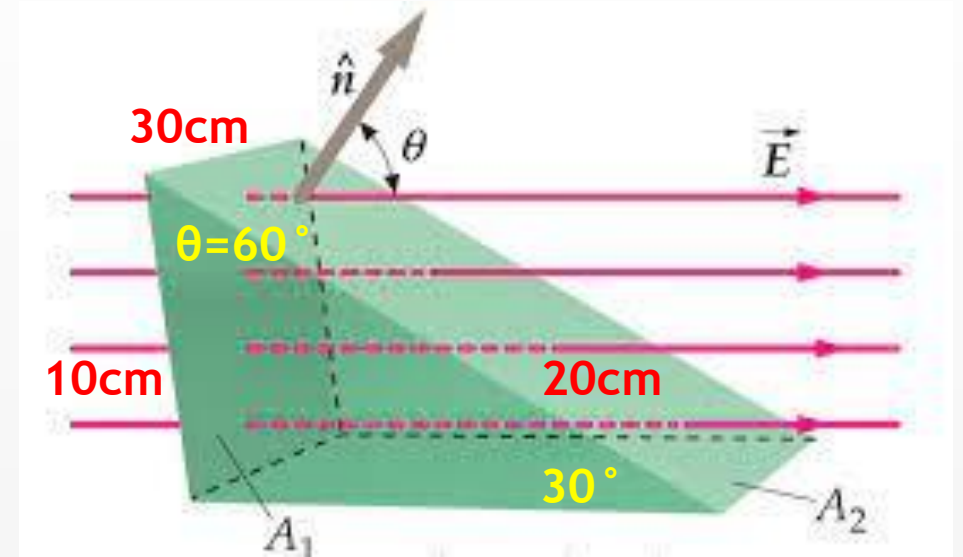
$$\Phi_E = EA \cos \theta = (7.8 \times 10^4)(0.30)(0.1) \cos 180^\circ = -2340 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$

b. Cara superficie inclinada.



$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta$$

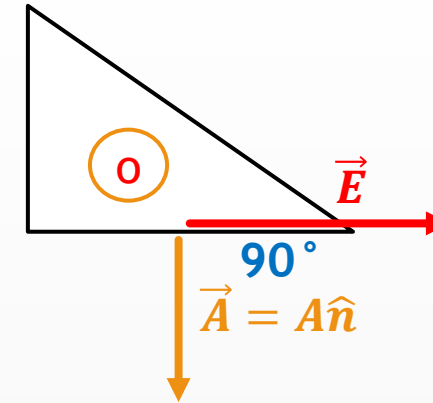
$$\Phi_E = EA \cos \theta = (7.8 \times 10^4)(0.30)(0.2) \cos 60^\circ = +2340 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$



c. El flujo eléctrico en las caras laterales y inferior.

En el caso de la cara inferior podemos determinar que el ángulo es de 90° por lo tanto no pasa flujo eléctrico por el.

En los casos laterales ocurre lo mismo el campo eléctrico pasa paralelo a ellos por lo tanto formaran ángulos de 90° con el vector de área generando así flujos eléctricos nulos.



$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta = 0 \frac{Nm^2}{C}$$

d. Flujo total que pasa por la superficie

$$\Phi_{Total} = \Phi_{cara\ vertical} + \Phi_{cara\ inclinada} + \Phi_{caras\ laterales} + \Phi_{cara\ inferior}$$

$$\Phi_{Total} = -2340 + 2340 + 0 + 0 = 0 \frac{Nm^2}{C}$$

En estos casos al no tener carga encerrada se entiende que el flujo que pasa por la superficie total es cero, ya que el único que puede generar flujo para una superficie es la carga encerrada.

Ejemplo 3. Una carga puntual $Q= 5\text{mC}$ se localiza en el centro de un cubo de arista $L=0.1\text{m}$ además simétricamente alrededor de Q como se muestra en la figura, existen otras seis cargas puntuales idénticas de $q=-1\text{mC}$. Determine el flujo eléctrico total del cubo y sobre una cara del cubo.

En este caso ya no es necesario el calculo del campo eléctrico ya que se puede estimar el flujo a través de un objeto conociendo la carga encerrada

Flujo eléctrico total

$$\Phi_E = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$

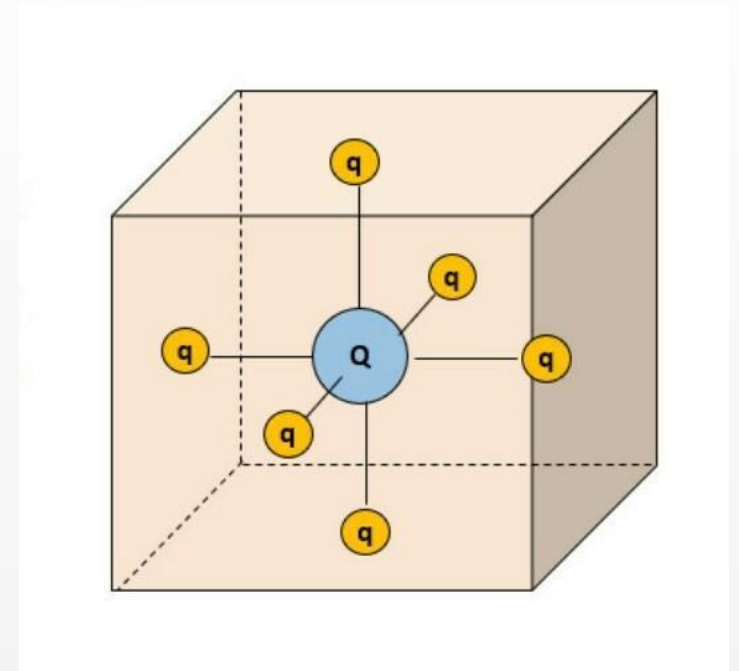
$$q_{enc} = Q + 6q = 5\text{mC} + 6(-1\text{mC}) = -1\text{mC}$$

$$\Phi_{total} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} = \frac{-1 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12}} = -1.129 \times 10^8 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}} \text{ entrante al cubo}$$

Flujo eléctrico en una cara

En este caso el flujo total se tendrá que distribuir en las 6 caras del cubo por su forma dando la posibilidad de calcular desde ese punto.

$$\Phi_E = \frac{\Phi_{total}}{6} = \frac{-1.129 \times 10^8}{6} = -1.8832 \times 10^7 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$



Ejemplo 4. En la figura se muestran cuatro superficies cerradas, S1 a S4, así como las cargas $-2Q$, Q y $-Q$ ($Q=2.5\text{mC}$), están encerradas en algunas de las superficies cerradas. Determine el flujo eléctrico a través de cada superficie.

En cada superficie cerrada solamente es necesario estimar su carga encerrada para estimar el flujo que pasa por la región.

Superficie S1

$$q_{enc} = -2Q + Q = -Q = -2.5 \text{ mC}$$

$$\Phi_{total} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} = \frac{-2.5 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12}} = -282.48 \times 10^6 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}} \text{ entrante}$$

Superficie S2

$$q_{enc} = -Q + Q = 0$$

$$\Phi_{total} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} = 0 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$

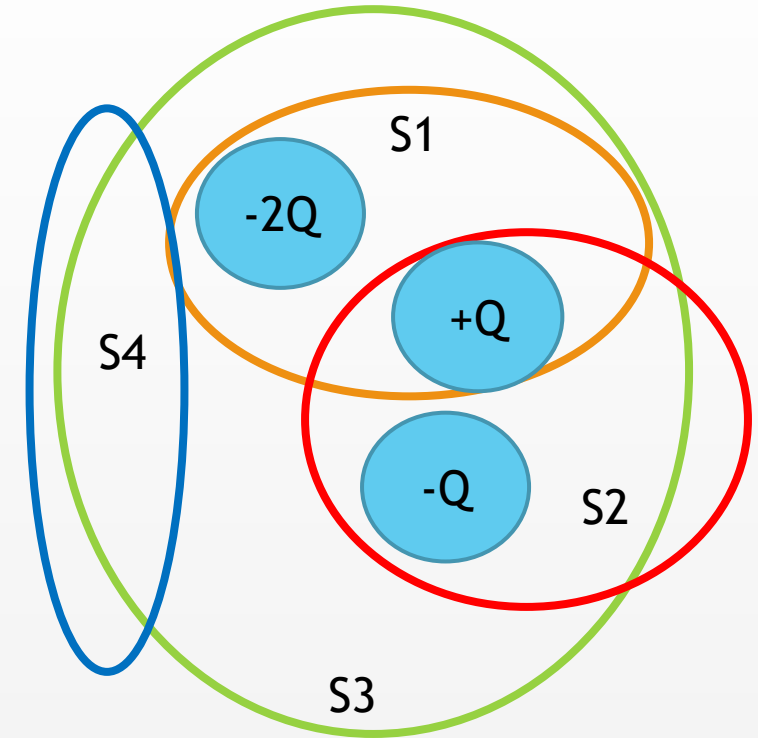
Superficie S3

$$q_{enc} = -2Q + Q - Q = -2Q = -5 \text{ mC}$$

$$\Phi_{total} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} = \frac{-5 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12}} = -564.97 \times 10^6 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}} \text{ entrante}$$

Superficie S4

$$q_{enc} = 0 \quad \Phi_{total} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} = 0 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$



En el caso que no se encierre carga no se puede generar ningún efecto de campo y por ende de flujo.