ASIGNATURA: FÍSICA 2

UNIDAD 1: PARTE 1_B
EL CAMPO ELÉCTRICO ESTÁTICO Y LA LEY DE GAUSS

CONTENIDISTA: HERNÁN BOSCO

OBJETIVOS

QUE USTED PUEDA:

- ✓ **Iniciarse en el conocimiento sobre la electricidad.**
- ✓ **Comprender los conceptos fundamentales sobre el campo eléctrico en conductores y aislantes.**

CONTENIDOS

1.1.3 Ley de Gauss
1.1.4.1 Flujo de un campo vectoreal
1.1.4.2 Expresión de la ley de Gauss
1.1.4.3 Deducción de la ley de Coulomb a partir de la ley de Gauss
1.1.4.4 Ejemplos de interés.

PALABRAS CLAVES

Carga eléctrica, electrón, fuerza eléctrica, campo eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

FORO DE DISCUSIÓN

Cuando su tutor lo indique, participe en los foros e intente no ausentarse a los mismos ya que allí se proveerá nueva información con más detalle, aportes y materiales.

Que lo haga de manera activa e interaccione con el docente y con sus compañeros enriquecerá notablemente los aprendizajes y propuestas planteados. El intercambio de ideas con los demás participantes del curso ayudará además a despejar dudas, profundizar los abordajes teóricos y ampliar las posibilidades de análisis y trabajo.

Los foros contribuyen a que los contenidos se desmenucen y usted los incorpore con mayor naturalidad. El *feedback* que se instala entre el docente y los alumnos brindará información ampliada, sugerencias y mayor amplitud de propuestas y autores como así también la posibilidad de intercambio entre los profesionales que se unan al mismo.

EVALUACIÓN

Para la asignatura Física 2 se evaluará los siguientes ítems.

1. Participación e interacción en las clases y foros.
2. Presentaciones en tiempo y forma de los trabajos pertenecientes a cada unidad.
3. Aprobación de 2 exámenes parciales.
4. Aprobación de los trabajos prácticos de laboratorio.
5. Aprobación del examen final de la asignatura.

En cada unidad encontrará una guía de ejercicios que le servirán para reforzar y afianzar los conocimientos teóricos adquiridos en la lectura de los contenidos.

Tanto el profesor como los ayudantes de cátedra estarán disponible para sus consultas via campus virtual.

La modalidad semipresencial de la cursada involucra la obligatoriedad de una clase presencial semanal, donde se evacuarán las dudas puntuales y se realizarán los ejercicios, tareas y actividades de cada unidad temática.

CARGAS EN REPOSO Y EL CAMPO ELÉCTRICO ESTÁTICO.

El estudio de esta unidad servirá de base para poder entender las próximas unidades sobre la electricidad.

COMENCEMOS ABORDANDO LOS PRIMEROS OBJETIVOS

- ✓ Empezar a comprender el estudio de la electricidad.
- ✓ Aplicar los modelos matemáticos para la descripción de los fenómenos físicos.
- ✓ Entender el límite de los modelos aplicados.

1.1.3 Ley de Gauss.

Cuando calculamos el campo eléctrico alrededor de una carga o un sistema de cargas, siempre funciona por más que algunas veces se hace laborioso sobre todo en las distribuciones continuas de carga donde se podrían calcular “pesadas integrales”. Una alternativa elegante, directa y reducida en la cantidad de casos que pueden resolverse es mediante la aplicación de la ley de Gauss.

1.1.4.1 Flujo de un campo vectorial.

Para poder entender la ley de Gauss primero tenemos que ver que es el flujo eléctrico. El campo eléctrico es un campo vectorial, y como campo vectorial podemos definir el flujo de este campo vectorial de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{\Phi_E} = \oint_S \vec{E} * d\vec{s}$$

Vamos a ver como interpretamos la fórmula anterior:

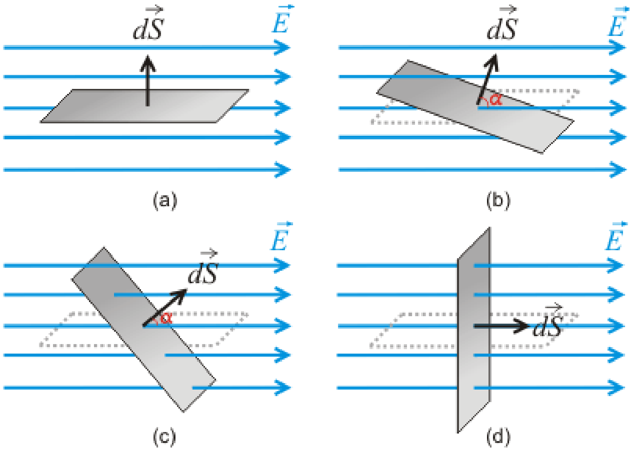
El * representa un producto escalar, por lo tanto el flujo es un valor escalar.

Hay que determinar una integrar de superficie cerrada, para ello la superficie la dividimos en diferenciales de superficies ds que multiplicado por un versor normal a ese diferencial de superficie obtenemos $d\vec{s}$, o sea que este vector diferencial es siempre perpendicular a la superficie.

Por último nos queda sumar (o sea integrar) el producto escalar entre $\vec{E}$ y $d\vec{s}$.

El campo eléctrico se relaciona con las líneas de fuerza y por lo tanto el flujo eléctrico también se relaciona con el flujo de la siguiente manera

Analicemos el siguiente gráfico



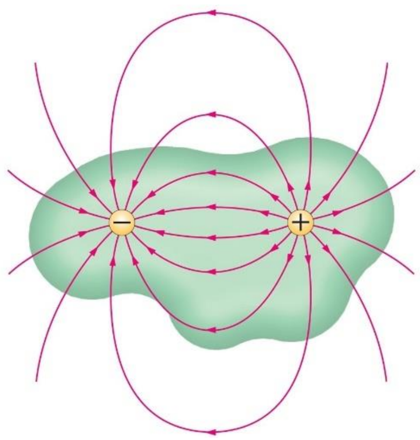
En en el caso (a) el campo eléctrico $\vec{E}$ y el $d\vec{s}$ son perpendiculares, el flujo es cero , no existen líneas de fuerza que atraviesen la superficie.
En el caso (d) existe el máximo flujo , es donde hay mayor cantidad de líneas de fuerza que atraviesan la superficie, y el coseno es máximo.
En el caso (b) hay más flujo que en (a) y en el caso (c) más que en (b).

Podemos sacar algunas conclusiones:

Cuanto mayor líneas de fuerza atraviesen la superficie, será mayor el flujo eléctrico en esa superficie.

Si es una superficie cerrada, si las líneas de campo salen de la superficie, el flujo es positivo, si en cambio entran a la superficie el flujo es negativo.

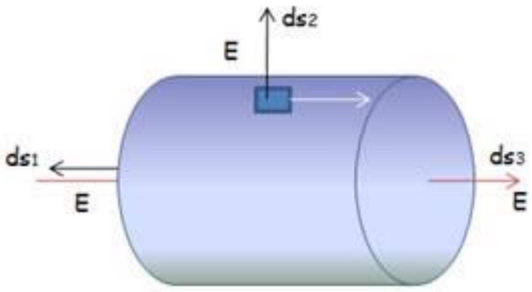
Para un dipolo eléctrico si elijo una superficie cerrada que encierre ambas cargas, el flujo también es cero.



Otra conclusión es que en una superficie cerrada si la carga neta dentro de la misma es cero , el flujo da cero , si la carga neta dentro de la superficie es positiva, el flujo es positivo, y si la carga neta es negativa, el flujo es negativo.

Ejemplo:

Vamos a calcular el flujo eléctrico sobre una superficie cerrada, formada por un cilindro con dos tapas, sobre un campo eléctrico constante y uniforme.



Aplicamos la definición de flujo eléctrico:

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} * d\vec{s}$$

La superficie S está formada por un rectángulo y dos círculos, la suma de las 3 superficies nos da una superficie cilíndrica cerrada

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

En donde

S_2 es la superficie rectángula.
S_1 y S_3 son las superficies circulares.

Por lo tanto

$$\Phi_E = \Phi_{E1} + \Phi_{E2} + \Phi_{E3}$$

Podemos apreciar que en S_2 el flujo Φ_{E2} da cero ya que el campo $\overrightarrow{E}$ es perpendicular al diferencial de superficie $d\overrightarrow{s_2}$

Sobre S_1

$$\Phi_{E1} = \int_{S_1} \vec{E} * d\overrightarrow{s_1} = -E.S_1$$

Siendo E el módulo del campo eléctrico y S_1 la superficie del circulo .

Sobre S_3

$$\Phi_{E3} = \int_{S_3} \vec{E} * d\overrightarrow{s_3} = E.S_3$$

Como $S_1 = S_3$ tenemos que $\boldsymbol{\Phi_E = 0}$

Cualquiera fuera la superficie cerrada , el flujo siempre sería cero, ya que la cantidad de líneas que entran son las mismas que la que salen, otra característica es que dentro de esta superficie cerrada , no hay cargas eléctricas, no existen fuentes (de líneas de campo) ni sumideros (de líneas de campo)

1.1.4.2 Expresión de la Ley de Gauss.

Se aplica a cualquier superficie cerrada hipotética llamada superficie gaussiana, establece la conexión entre el flujo Φ_E en esta superficie y la carga total encerrada en ella.

Su expresión es la siguiente

$$\varepsilon_0 . \Phi_E = q$$

ε_0 : Permitividad del vacío ($8{,}85 \, . \, 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$)

$\Phi_E = \oint_S \vec{E}.\overrightarrow{d_S}$: Flujo eléctrico sobre la superficie cerrada S (Superficie Gaussiana)

q : Carga total encerrada en la superficie gaussiana

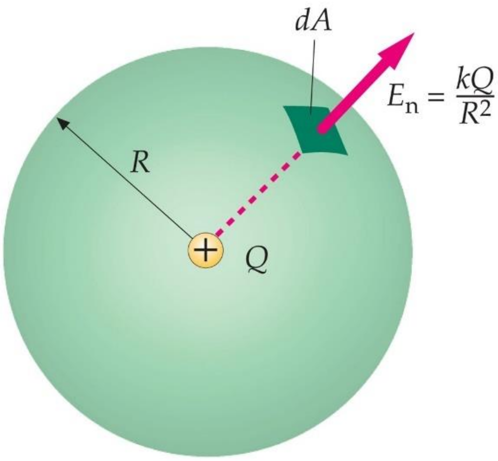
Tenemos dos posibles aplicaciones de la ley de Gauss

Si la distribución de cargas, tiene una simetría tal que sea fácil calcular la integral, escogiendo adecuadamente la superficie de integración puede calcularse el campo eléctrico en esa superficie Gaussiana.

Si se sabe el campo eléctrico en todos los puntos de la superficie, puede utilizarse la ley de Gauss para calcular la carga encerrada sobre esta superficie.

1.1.4.3 Deducción de la ley de Coulomb a partir de la ley de Gauss.

Vamos a considerar una carga puntual positiva +Q, si aplicamos la ley de Gauss, nos conviene elegir una superficie esférica ya que en ella el campo eléctrico se mantiene constante y podemos resolver de una manera muy simple.



Recordando la expresión de la ley de Gauss

$$\varepsilon_0 . \Phi_E = q$$

$$\varepsilon_0 . \oint_S \vec{E}_n . \vec{d}_S = Q$$

S es la superficie Gaussina (Una esfera en este caso)

$\vec{d}_S = dA.\ \vec{n}$: siendo $\vec{n}$ un versor perpendicular a la superficie

Como el campo eléctrico es constante en toda la superficie lo podemos sacar de la integral.

$$\varepsilon_0 . E_n . \oint_S ds = Q$$

$\oint_S ds = 4.\pi.R^2$; Por ser la superficie de la esfera.

$$E_n = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{kQ}{R^2}$$

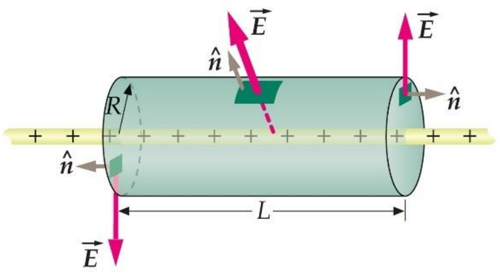
Si agregamos una carga de prueba positiva q_0 se genera una fuerza

$$\vec{F} = \vec{E}_n . q_0 = \frac{kQq_0}{R^2}\ \check{r}$$

Llegamos así a la expresión de la ley de Coulomb

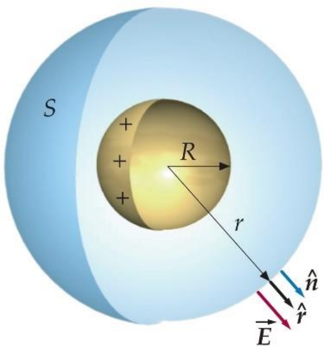
1.1.4.4 Ejemplos de interés.

Línea infinita cargada positivamente



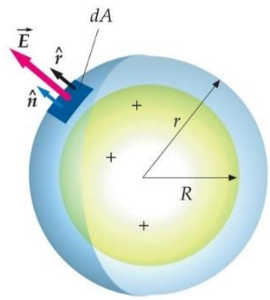
$$\boldsymbol{E_n = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}}$$

Esfera conductora cargada positivamente

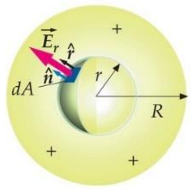


$$\boldsymbol{E_n = \frac{kQ}{R^2}}$$

Esfera dieléctrica cargada positivamente



(a)

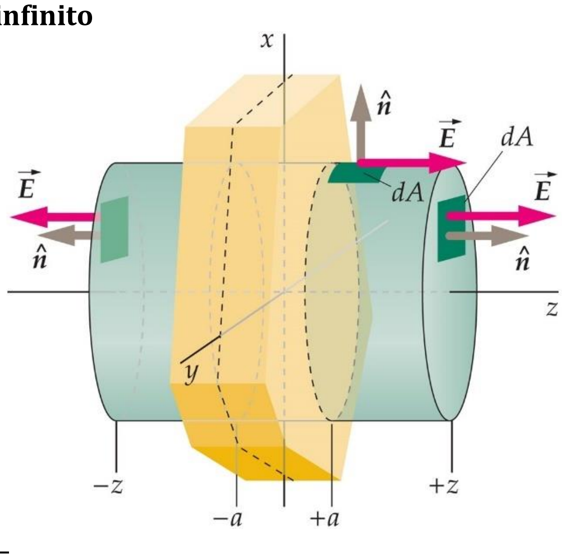


(b)

(a) $E = \frac{kQ}{R^2}$

(b) $\boldsymbol{E = \frac{kQr}{R^3}}$

Plano infinito



$\boldsymbol{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$