

2.1 Noción de campo eléctrico

El concepto de campo está referido a diversos fenómenos de la naturaleza. Así, por ejemplo, decimos que alrededor de la Tierra o en torno a cualquier cuerpo dotado de una masa existe un campo gravitacional (g), el cual se manifiesta porque cualquier masa m en un punto de dicho campo está sometido a la fuerza gravitatoria F_g que ésta última ejerce. Figura 2.1

De igual forma actúa un campo térmico alrededor de un cuerpo que emite calor, un campo luminoso alrededor de una lámpara emisora de luz.

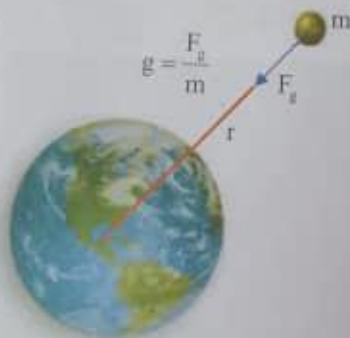


Figura 2.1

Por otra parte, cualquier carga eléctrica es capaz de ejercer en la región que la rodea fuerzas de atracción o repulsión sobre otras cargas, según sea del mismo o de distinto signo que la primera, tal y como se estudió en el capítulo anterior.

Esas fuerzas varían con la distancia según la ley de Coulomb (interacción electrostática), de tal manera que a cierta distancia de la carga, estas fuerzas serían prácticamente nulas.

En la experiencias que realizamos con la esferita de anime, pudimos observar que al cargar la esferita negativamente y colocarle junto a ella la barra de ebonita con carga negativa se manifestaba una repulsión. Esto demuestra, que alrededor de la barra de ebonita existe una zona o región en la cual toda carga positiva o negativa es atraída o repelida, diciéndose que una carga eléctrica crea a su alrededor un campo eléctrico. De acuerdo a todo lo expresado podemos decir:

Un campo eléctrico es una región en la cual se manifiestan fuerzas de atracción o repulsión entre cargas.

La idea de campo eléctrico fue propuesta por el inglés Michael Faraday en el año 1.832 para referirse a la influencia que ejerce un cuerpo cargado eléctricamente sobre la región que lo rodea.

Consideremos una carga Q positiva ubicada en un punto, tal y como lo muestra la figura 2.2. Si otra carga q es ubicada en el punto P_1 a cierta distancia de Q , se notará una fuerza eléctrica que actúa sobre la carga q .



Figura 2.2

Si la carga q es ubicada a una distancia r de la carga Q , al ubicándola en las posiciones P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 notará, que en cada una de ellas actuaría una fuerza eléctrica diferente al efecto de la carga Q . A la distancia siempre con carga positiva se llama carga de prueba. Podemos definir:

Una carga de prueba es una carga considerada siempre positiva que puede ser desplazada de un punto a otro alrededor de otra carga (negativa o positiva) con el objeto de verificar la existencia de un campo eléctrico.

Debe tenerse presente que la existencia de un campo eléctrico es independiente de la presencia de una carga de prueba en dicho punto. El campo eléctrico existe en los puntos de la región aun con la ausencia de una carga de prueba en cada punto. Se dice que una carga eléctrica que actúa sobre

(F.A.) 2023

HP
10
2021

P 23
2

frotaba la barra de vidrio con seda, aparecía en la barra una carga positiva, porque los electrones de la barra pasaban a la seda, quedando ésta última cargada negativamente y la primera positivamente, teniendo dichas cargas la misma magnitud.

Como ha podido notarse, hay una conservación de la carga porque lo que ha ocurrido es que el número de cargas negativas que ganó la seda las ha perdido la barra de vidrio, es decir, no hay creación ni destrucción de carga eléctrica. Todo esto lo traducimos diciendo que:

La carga total de un sistema aislado debe permanecer constante.

1.14 Carga eléctrica elemental. Cuantización de la carga.

Fue Robert Millikan, quien pudo demostrar que la carga eléctrica no es de carácter continuo, sino de naturaleza granular. Ella siempre puede presentarse como un múltiplo entero de alguna unidad fundamental de carga e . Esto se explica diciendo que la carga está cuantizada.

De acuerdo a esto puede decirse que cualquier cantidad de carga q debe ser expresada como el producto de la carga elemental e , que puede ser positiva o negativa, por un número entero n , escribiéndose que $q = n \cdot e$.

Las fuerzas eléctricas existentes entre las cargas fueron cuantificadas por Charles Agustín Coulomb, confirmando que la fuerza eléctrica entre pequeñas cargas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Por lo que hemos analizado hasta ahora podemos concluir con las propiedades de las cargas eléctricas:

- Existiendo clases eléctricas con la propiedad de que cargas diferentes se atraen y cargas iguales se repelen.
- La fuerza entre cargas varían con el inverso del cuadrado de la distancia que las separa.
- La carga se conserva.
- La carga está cuantizada.

Tabla de constantes

Partícula	Carga	Masa
Electrón	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$
Protón	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,6 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$
Neutrón	no tiene	$1,6 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

1.15 Representación gráfica de las Interacciones entre cargas eléctricas

Recordemos algo muy importante, la fuerza actúa a lo largo de la línea de acción que une las cargas. Las cargas de igual signo se repelen y las cargas de signos opuestos se atraen.

Veamos algunos ejemplos que nos ayudarán a entender cómo se representan gráficamente las interacciones entre cargas:

1. Consideremos dos cargas eléctricas del mismo signo, positivas todas, tal como lo indica la figura 1.16.



Figura 1.16

10
39 Ejercicios
Ley de Coulomb
EE
2021

La existencia de esta carga elemental era conocida, más no así su valor. Fue Robert Millikan, quien con sus experimentos demostró que todo cuerpo electrizado tiene una carga múltiplo de la del electrón.

La unidad práctica de carga eléctrica es el Coulomb (C) que equivale a la carga de $6.25 \cdot 10^{18}$ electrones. El Coulomb (C) es la unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional (S.I).

La carga del electrón será:

$$e = \frac{1C}{6.25 \cdot 10^{18} \text{ electrones}}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \frac{C}{\text{electrón}}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

El Coulomb como unidad de carga se define en términos de la corriente eléctrica que circula por la sección transversal de un alambre. La unidad de corriente eléctrica es el Ampere y por eso el Coulomb se define así:

Un Coulomb es la cantidad de carga que pasa a través de la sección transversal de un alambre en un segundo cuando por él circula la corriente de un Ampere.

En electrostática es costumbre trabajar con cargas muchos menores que el Coulomb, debido a que éste es una unidad de carga eléctrica muy grande, usándose para ello los submúltiplos de él como son el milicoulomb, el microcoulomb, el nanocoulomb, y el picocoulomb.

Submúltiplos y equivalencias del Coulomb

Submúltiplos	Equivalencias
milicoulomb	mC $1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$
microcoulomb	μC $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$
nanocoulomb	nC $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$
picocoulomb	pC $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$

1.12 Comparación entre la ley de Gravitación Universal y la ley de Coulomb

Vamos a establecer una comparación entre ciertas analogías y diferencias relativas a ambas leyes:

En la naturaleza existe un solo tipo de masa y dos tipos de cargas. Esto hace que la ley de Newton este referida a la atracción existente entre las masas, en cambio la ley de Coulomb se refiere a las atracciones y repulsiones eléctricas que no dependen de la masa sino del defecto o exceso de electrones, es decir, de su carga eléctrica.

En ambas leyes, tanto las fuerzas gravitatorias como las fuerzas eléctricas varían con la distancia, según el inverso de sus cuadrados, lo cual permite estudiar los fenómenos eléctricos y gravitatorios usando caminos análogos.

En cuanto a la constante se refiere, en la ley de Newton es la constante de la gravitación universal G, que tiene un mismo valor en todo el Universo y no depende del medio donde se encuentren las masas, en cambio en la ley de Coulomb la constante K tiene distinto valor para cada medio donde se encuentren las cargas.

Microscópicamente, las fuerzas eléctricas en la ley de Coulomb son mucho mayores que en la ley de gravitación universal de Newton.

1.13 Conservación de la carga eléctrica

En las experiencias realizadas, cuando estudiamos la electrización por frotamiento y por inducción, notamos que no había creación de cargas, sino una transferencia de ellas desde un cuerpo a otro. Cuando se

Unidad I

frotaba la barra de vidrio con seda, aparecía en la barra una carga positiva; porque los electrones de la barra pasaban a la seda, quedando ésta última cargada negativamente y la primera positivamente, teniendo dichas cargas la misma magnitud.

Como ha podido notarse, hay una conservación de la carga porque lo que ha ocurrido es que el número de cargas negativas que ganó la seda las ha perdido la barra de vidrio; es decir, no hay creación ni destrucción de carga eléctrica. Todo esto lo traducimos diciendo que:

La carga total de un sistema aislado debe permanecer constante.

1.14 Carga eléctrica elemental. Cuantización de la carga.

Fue Robert Millikan, quien pudo demostrar que la carga eléctrica no es de carácter continuo, sino de naturaleza granular. Ella siempre puede presentarse como un múltiplo entero de alguna unidad fundamental de carga e. Esto se explica diciendo que la carga está cuantizada.

De acuerdo a esto puede decirse que cualquier cantidad de carga q debe ser expresada como el producto de la carga elemental e, que puede ser positiva o negativa, por un número entero n, escribiéndose que $q = n \cdot e$

Las fuerzas eléctricas existentes entre las cargas fueron cuantificadas por Charles Agustín Coulomb, confirmando que la fuerza eléctrica entre pequeñas cargas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Por lo que hemos analizado hasta ahora podemos concluir con las propiedades de las cargas eléctricas:

Existen dos clases de electricidad de que cargas de igual signo se repelen y cargas opuestas se atraen.

La fuerza entre cargas inverso del cuadrado de la distancia que las separa.

La carga se conserva.

La carga está cuantizada.

Tabla de partículas

Partícula	Carga
Electrón	$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Protón	$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutrón	0

1.15 Representación de la interacción eléctrica

Recordemos algunas reglas para la interacción de las cargas, las cargas de igual signo se repelen y las de distinto signo se atraen.

Vamos a analizar e interpretar los resultados de las interacciones.

1. Considerar el mismo signo de las cargas indica la repulsión.

2013

Eléctrico

Esas fuerzas varían con la distancia, según la ley de Coulomb (interacción electrostática), de tal manera que a cierta distancia de la carga, estas fuerzas serán prácticamente nulas.

En las experiencias que realizamos con la esferita de anime, pudimos observar, que al cargar la esferita negativamente y colocarle junto a ella la barra de ebonita con carga negativa se manifestaba una repulsión. Esto demuestra, que alrededor de la barra de ebonita existe una zona o región en la cual toda carga positiva o negativa es atraída o repelida, diciéndose que una carga eléctrica crea a su alrededor un campo eléctrico. De acuerdo a todo lo expresado podemos decir:

Un campo eléctrico es una región en la cual se manifiestan fuerzas de atracción o repulsión entre cargas.

La idea de campo eléctrico fue propuesta por el inglés Michael Faraday en el año 1.832 para referirse a la influencia que ejerce un cuerpo cargado eléctricamente sobre la región que lo rodea.

Consideremos una carga Q positiva ubicada en un punto, tal y como lo muestra la figura 2.2. Si otra carga q es ubicada en el punto P_1 a cierta distancia de Q , se notará una fuerza eléctrica que actúa sobre la carga q .

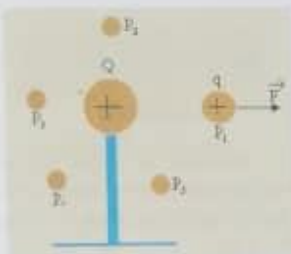


Figura 2.2

Si la carga q es ubicada alrededor de Q , ubicándola en las posiciones P_2 y P_3 , se notará, que en cada uno de esos casos actuaría una fuerza eléctrica sobre q , por efecto de la carga Q . A la carga q , considerada siempre con carga positiva se le llama carga de prueba, por lo que podemos definir:

Una carga de prueba q es una carga considerada siempre positiva, que puede ser desplazada de un punto a otro, alrededor de otra carga (negativa o positiva), con el objeto de verificar la existencia de un campo eléctrico.

Debe tenerse presente, que la existencia de un campo eléctrico en un punto no está considerada por la presencia de la carga de prueba en dicho punto, pues, el campo eléctrico existe en los puntos P_1 , P_2 y P_3 aun con la ausencia de la carga de prueba en cada punto. Se dice, que la fuerza eléctrica que actúa sobre q se debe a la

acción del campo y no a la acción directa de una carga sobre la otra.

2.2 Semejanzas y diferencias entre campos eléctricos y gravitatorios

Una vez que hemos analizado las interacciones eléctricas y gravitacionales, estaremos en capacidad de hacer un análisis comparativo entre ambas interacciones, con el objeto de establecer semejanzas y diferencias entre los campos eléctricos y los campos gravitatorios:

Semejanzas entre el campo eléctrico y el campo gravitatorio

Ambos campos son centrales, ya que están dirigidos hacia el punto donde se encuentra la masa o la carga que los crea.

Son conservativos porque la fuerza central solamente depende de la distancia.

La fuerza central que define ambos campos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Diferencias entre el campo eléctrico y el campo gravitatorio

En el campo eléctrico, la fuerza ejercida por una carga eléctrica sobre otra es mucho mayor que la fuerza gravitacional con que interactúan dos masas en el campo gravitatorio.

El campo eléctrico sólo existe cuando los cuerpos están cargados de electricidad.

El campo gravitatorio, es universal; existe para todos los cuerpos.

~~ITP~~
2013

ITP
2013
3

201
11
ITP

ITP
11
ITP

En el campo eléctrico, las fuerzas pueden ser de atracción o de repulsión.

En el campo gravitatorio las fuerzas son siempre de atracción.

En el campo eléctrico las fuerzas de atracción o repulsión están regidas por la ley de Coulomb.

En el campo gravitatorio, las fuerzas de atracción o repulsión están regidas por la ley de gravitación universal de Newton, siendo las fuerzas únicamente atractivas.

En el campo eléctrico, en cada punto del espacio que lo rodea se le asocia un vector E llamado intensidad del campo eléctrico.

En el campo gravitatorio, a cada punto del espacio que rodea se le asocia un vector g llamado intensidad del campo gravitacional.

En el campo eléctrico, la fuerza F_e la ejerce la magnitud de E .

En el campo gravitatorio la fuerza gravitatoria F_g la ejerce la magnitud de g .

En el campo eléctrico, hay interacciones entre cargas eléctricas.

En el campo gravitatorio, hay interacciones entre masas.

(JP) 2023

JP

2021

2.3 Intensidad del campo eléctrico en un punto.

Consideremos una carga (+q), la cual crea a su alrededor un campo eléctrico. A esta carga se le llama carga puntual q por ser fija en un punto del espacio, figura 2.3(a). Dentro del campo creado por q se ubica una carga q₀, la cual es llamada carga móvil o carga de prueba, considerada positiva por convención, tal y como se ha definido anteriormente. Esta carga de

prueba es repelida por la carga puntual (+q) con una fuerza F.



Figura 2.3(a)

Si la carga puntual es negativa (-q), entonces ésta atraerá a la carga de prueba q₀ con una fuerza F, tal como lo indica la figura 2.3(b).

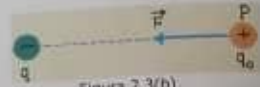


Figura 2.3(b)

Si F representa la fuerza que actúa sobre q₀ por efecto de la carga q, podemos definir operacionalmente el campo eléctrico E así:

$$E = \frac{F}{q_0}$$

La expresión anterior caracteriza al vector campo eléctrico, que escrito en módulo representará a la magnitud del campo eléctrico. De esta manera podemos definir que:

El vector campo eléctrico E en un punto del espacio, está definido como la fuerza eléctrica F que actúa sobre una carga de prueba positiva colocada en ese punto y dividida por la magnitud de la carga de prueba q₀.

Esta definición indica que el campo no se puede medir directamente sino a través de la medida de la fuerza que actúa sobre una carga.

En módulo podemos escribir que:

$$E = \frac{F}{q_0}$$

34. sub múltiplos y equivalencia del Coulomb.

Observaciones

- Es importante hacer notar que E es el campo externo a la carga de prueba, no es el campo producido por la carga de prueba.
- La dirección del vector E es la misma que la de la fuerza F y su sentido es el sentido de la fuerza que actúa sobre la carga de prueba positiva, figura 2.4.



Figura 2.4(a)

De esto concluimos diciendo:

- Si la carga de prueba q es positiva, el vector E en P se aleja de la carga. Figura 2.4(a).
- Si la carga de prueba q es negativa, el vector E en P está dirigido hacia la carga. Figura 2.4(b).



Figura 2.4(b)

2.4 Unidad de intensidad del campo eléctrico E

Como la intensidad de un campo eléctrico E se expresa así:

$$E = \frac{F}{q_0}$$

La unidad del campo eléctrico en el Sistema Internacional (S.I.) es:

$$E = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ Coulomb}} \text{ y se abrevia: } E = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Entonces la unidad de intensidad de campo eléctrico en un punto es igual a la

fuerza de una carga

2.5 Linea eléc

Las li se u campo e cuyo e Michael hios en l de un pu eléctrico sentido, y las lin eléctrico carga p la influ campo en cada

Una u unas gidas h viles p sentido

En e carga f fuerza hacia el

De to fuerza a

Una ginaria el vecto ella en

Las nos ay fuerza:

En la fuerza uno de