Capítulo I

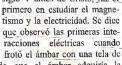
La carga eléctrica. Ley de Coulomb

1 Introducción y antecedentes históricos

En este capítulo iniciaremos la descripción de algunas de las propiedades básicas de las fuerzas electrostáticas, para luego analizar la ley de Coulomb, la cual es la ley fundamental de la fuerza entre dos partículas cargadas.

La electrocstática, es la parte de la física que se ocupa del estudio de las propiedades y las acciones de las cargas eléctricas en reposo. Este estudio ha sido producto de un desarrollo histórico que describimos a continuación: 20230

Thales de Mileto, (640-546 a.C) filósofo griego que vivió en la ciudad de Mileto en el siglo V antes de Cristo, fue el



lana, notando que el ámbar adquiría la propiedad de atraer cuerpos pequeños y livianos.

Sir William Gilbert (1544-1603) físico y médico inglés encontró que no solamente el ámbar adquiere la propiedad de atraer cuerpos, sino que también existían otros materiales, a los que llamó eléctri-

cos, que podían comportarse como el ámbar. Se comprobó que al frotar dos cuerpos diferentes ellos se electrizaban, es decir, se cargaban de electricidad (vidrio, lacre, resina, madera, etc.).

Charles du Fay (1698-1739), físico francés, observó las atracciones y las repulsiones que se producen entre cuerpos frotados cuando

dedicó a experimentar con electricidad estática, de donde dedujo la existencia de dos clases de electricidad a las que llamó resinosa y vítrca.

Stephen Gray, investigador inglés (1696-1736) observó la conducción de la electricidad a través de algunas sustancias, aun cuando no

todas permitían su paso. Fue el físico francés Jean Theophile Desaguliers, (1634-1744) quien propuso los nom-

bres de aislantes conductores para designar a las

sustancias que impiden o permiten, respectivamente, el paso de la electricidad.

de la electricidad. 1013@ Benjamin Franklin, (1706-1790), fue un cien-

tifico norteamericano, logra sugerir la existencia de dos tipos de cargas. Esto lo logra después de múltiples observaciones experimentales, encon-

trando que los fenómenos eléctricos ocurren por la existencia de un fluido eléctrico presente en todos los cuerpos. Cuando dos cuerpos se frotan entre sí se lleva a cabo una transferencia de dicho fluido, desde un cuerpo a otro, resultando los cuerpos con carga negativa y positiva.

electrica positiva, están ubicados eleo del átomo y son de una mas Los protones, los cuales

una masa bastante

en el nú-

nde comparada con los electrones, pues

descubrir el origen de la ruj i, la cual pronostica la existe

Electrones; cargo negativa

(1856-1940), priid en 1897

Un cuerpo en estado neutro, o eléctrica-mente neutro, puede ganar o perder electro-nes por cualquier procedimiento mecánico.

En la figura 1.2 se muestra un átorno, éctricamente neutro, con tres protones y

De igual forma, si la barra tiene catga positiva le quitari electrones a la esferita, la cual adquiriri también carga positiva.

En peneral decimos que:

Se puede cargar el cuerpo B en esta-do neuro, acercandole el cuerpo A car-

Figura 1.9 (a)

Elecutación por inducción

Electrización por inducción se lectrización por inducción se lectrización por indución se lectrización por indución se lectrización combos e spromitas un eletropica compositos e inspato unential gado Figura 1.10(s).

Si te (coe) la effetti con una hura eseguida legationmente (one exceso de decumen-blero) los efectivoses en exceso en la hura se transferen a la osferira quedando énte extga-da eseguiriorizativa y como concesserence us produce una repulsón, cento lo monerar la fagura 10 (b), los son sindra que la osferira la vido surgada con el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de to homos produces en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fipo de curga de topo de curga en el mismo fino de curga de topo de curga en el mismo fino de curga de topo de curga en el mismo fino de curga de topo de curga en el mismo fino de curga de topo de curga en el mismo fino de curga de topo de curga en el mismo fino de curga de curga en el mismo de curga en el mismo de curga de topo de curga en el mismo de curga de curga en el mismo de curga en el mismo de curga de curga en el mismo de curga en el mismo de curga de curga en el mismo de curga en el mismo de curga de curga en el mismo de curga en el mismo de curga en el mismo de curga de curga en el mismo de curga e

Figura 1.10(c)

En la figura 1,3 se muestra un dicarsi que ha perdido un electrón, quedándose cargado positivamente. Tiene delicit de efectrones

Atomo que ha ganado un alectrón

En la figura I 4 se muestra un atomor que
ha ganado un electrón, quedicidose carpado
a un ganismento franz exacuo de electrores.

Figura 1.5

En general podemos cancluir diciendo

El cucipo que gana electrones queda cargado negativamente.

El cuerpo que pierde los electrone queda cargado postirvamente.

Una forma de dar inicio al estudio de la Ocherostidica es experimentar con objetos que cloren la cupacidad de electrolares a través del forumento. Fum ello debemos ver en qué consissera un petacho eléctrico y 1.3 Péndulo eléctrico y electroscopio

Un priodulo electrico no es más que uma esteria de sustancia liviana, que prode ser anime o médulo de sauco, la cual se encuenun electroscopio.

Barra conductora Laminillas

ra colgando de un hifo alslante, como lo muestra la figure 1.5.

 Projection of the depositive que not pentile concert si une energie está engado electricamente electrificar el signo de delta capa. Deba dispositivo está constituido por des destantes medicas amps finas (rova, altanja, não o caulquirer ero metal) suspendidas de não o caulquirer ero metal) suspendidas de ша вагга сколистога.

En el cuterno siperior, posee una esfera o dico de medi sepado de un tapón de goran. La parte infero el les defen la constituye la varilas y las laminillas, estas se encuentran consadas dento de un tecipiente de vidro que fone como hación proteger las tiras medileas de las corientes de aire.

En la figura 1.6 se muestra un modelo de

Esfera de metal

1.4 Formas de electrización da un

La propiedad adquirida por un aucrou de atraer a otros, después de set frandos, está relacionada con al cuarga atterna. Esta es una propiedad fundamental de la materia que puede set espítades en términos de la estruc-ura adómica de la materia.

de electrones.

Una pequieta spección de electrones de la barra de videio pasan al pado de seda. La barra de videio ha adquerado unos carga positiva, pues, los electrones del videio lan pasado a la seda, que es ha cargado negativamiente, es decir tiene un exceso negativamiente, es decir tiene un exceso.

Aquí vamos a utilizar los principios hist-cas de ella com el objeto de dar explicaciones sobre el processo de electrizacion de los curpos. Cuando un cuerpo es s'uncido a curpos. Cuando un cuerpo es s'uncido a circas maniplizaciones, como pro ejemplos, fecurlo, el puede ganar o ceder electrones.

2. Frotemos abera una barra de plástico con un paño de lina, como se mues-tra en la figura 1 8. Los electrones del paño de lana lean pasabo a la barra de plástico y ésta ha adquirido un exceso de electrones quedando un exceso de electrones quedando con carga negaries, la fana ha que-con carga negaries, la fana ha que-dado con un deficir de electrones, quedando con carga positiva.

Se llama electrización al process mediante el cual un euerpo adquiere una rarga eléc-

Esta carga adquirida puede ser positiva, si el cuerpo pierde electrones o negativa, si el cuerpo gana electrones.

15

Besiden varias formas de curjar o electrizar na cuerpos por financiera, por conneas, por induccinis, por fecto transiones,
por efectos fonociócnicos y piezociócnicos

8 de llectrización por frotamiento

Veramos los significarses casos:

Forcemos una buerra de vário com un
primo de sech como se muestra en la
figura 1.7.

Figura 18

En general puede decirse que:

Cuando se frotan dos eucrpos de distinta antarialeza se produce una transferencia de electrones desde uno de los eucrpos hasta el electrones desde uno de los eucrpos hasta el electrones spació cargado positivamente y el que los ganó quedó cargado negativamente.

Es importante bacer nolar, que los cucipos cargados efectricamente por fotumiento pierden su cargo después de cierto intropo. Esto se explica porque los efectrones en Esto se explica porque los efectrones en exceso de un objeto con cuaga negativa son arradeso por las curgas positivas de las moléculas de agua presentes en el aire.

se lleva a cabo de

Observersor is Egora 1.10 (a), donde es acerca un cuerpo A, cargado neigido-samente, a un cuerpo B en esculo neitro y los electrones de éses se alejan del y los electrones de éses se alejan del cuerpo A, quedando con carga positiva la cuerpo A, quedando con carga positiva la parte del suerpo B que está más próxima al euerpo A, como se indica en la figura

bre de inducido.

Como puede notarse, habo una aftera-ción de las posiciones de las cargas en el cuerpo (la hacimentose más positivo el extremo más corcumo al cuerpo A y hacimentose negativo la parte más depara. Se disce que el cuerpo H se ha polarizado.

us a la carga del inductor. son de signos opues

Observemos la figura 1.10/c), sin retura el cuerpo A, ponemas el cuerpo B en comunicación con fierra a travel de un alambre metalico. Los electrones del vermolónico, cuerpo A, ponemas a lorra, por ser el el electro termolónico en troppedad que tenen ciertos cuerpos para desprendad que tenen ciertos cuerpos para desprendad que tenen ciertos cuerpos para qu

2θ deserve producida por el accresider the un euerpa electrizado, donde

1,a inducción electrostática es el pre-

St repetimos el procedimiente, pero abora acercando un enerpo cargado positivamente, el cuerpo il quedará cargado negativamente.

De las das observaciones realizades puede decurse, en general, que:

Ese proceso que se ha descrito recibe al nombre de indúcción electrostática. El cuerpo cargado A recibe el nombre de inductor y el cuerpo B recibe el nombre de inductor y el nombre de inductor de in Figura 1.10(d)

piedarà cargado positivamen-observa en la figura 1.10xd):

35

cie que las segana Ley de conioms. pantieticos y aus cienterios. """
peròn y sentido, pero de la forma
perior y sentido, pero de la forma
sidenate a los energos chentivamensiones tan pequeñas que serán
ge en comparación con la distange en comparación con la distan-

de las relaciones exis-tentes entre las simo-cinces y repulsiones eléctricas, lasciento la deducción de la ley que hoy lleva su El físico funcês Charles Agustin Coulomb en 1784, validadose de una ba-



Fa -

La separación entre dos objetos congados es llamada r y se define como la distancia, un linea recta entre los centros do las curgas. La cantidad de eatga q es considerada como la cantidad de eatga q es considerada como la cantidad de electrones que hay en oxerso

Per one halo, si se mantitue constants la identale error las creps (q. y. y.) y se dupli-ca el valor de una de destas, la freza mutua también se duplica. Coulomb, a pesar de no labeirlo hecho una demostración riguress a seto útimo supuo, qu'ila fidenza se propor-cional al producio unite las cargus, escri-cional al producio unite las cargus, escri-

Fa 41 . 42

En donde qi y q; son los valores de las

Si la distancia entre las cargas aumenta-ba el triple (3r), la fuerza se reduce a la novena parte.

Si la distanzia entre les cargas eumenta-ba el doble (2r), figura 1.15, la fuerza se

reduce a la cuarte parte de le inicial.

otenidos por Coulomb estaban referidos a

resultados experimentales

en deficit.

21 Egura 1.15

istos restriacie factor expressidas por Charles Agustin Cauline sectionado que:

La fasera de atrocation da replación cuartra fasera de atrocation da replación cuarcaracteristica de atrocation de la distancia que las sepura. Coulomb usó la siguiente expresión: 3

O to

Es la magnitud de la fuerza entre las cargas.

Dos cargas eléctricas partuales (1) y 42 se armeir o so repelen com una fiurza irreceza-mente proporcional al preducto ec las cargas e inversamente proporcional al madrado de la distancia, que las separa.

La fuerza activa a lo largo de la line

(2)

La constante K de la expresión de l

K=14 # 80

Constante de la ley de A

2021 (4)

42

Se entiende por efecto fotoelectrico al proceso de crinsión de electrones desdo proceso de un metal alcatino cuando la superficio de un metal alcatino cuando

electrones questi con
cloretrones questi con
carga positiva. Este
es el caso de las
cel·lus fonclécireas
cel·lus fonclécireas

sores y en las puer-tas automáticas:

piezoelectrico Electrización por efecte-

Existen des tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Para evidenciar su comportuniento analizaremos el siguiente 1.5 Tipos de cargas eléctricas El efecto piezocléctico es el proceso en el qual aparecen cargas efectricas sotec los caras de ciertos cristales (cinazo),
cuados am sometidas a compresiones y の

Consideremos dos esferitas, cada una del mismo material, suspendidas de un hilo de

elias ninguna interacción Al acerear las esferias, sin tocarlas, con las barras cargadas no se produce entre

Frotenso dos étames de vidrio con seda (as barres de vidrio perdan con carga positiva) y toquennos con sedas barras umbas ciferias. Estas se cargan, por comicato, con electricidad positiva y a) accentais observantos que entre ellas lay una regulsión como lo indica la forma.

Figura 1.13 Atraccion



Frotenos ahtra dos baras de fulústico con un paño de lana (las baras quedas con curga negática y loqueiros con candas baras anhas esferias. Éssas alora se cauga, no per contacto, con ele-ncidad negativa y al acestenia observa-mas que carte clas ambién hay una repulsação como lo indica la figura 1.12.



S) abora tocamos una esfera con la barra de vidio frontal con soda (la esfera queda cargada positivamente) y la tora esfera con la barra de pástico frotada con lana (la esfera queda con estaga negativa) se notar que abora entre las esferiass hay una atracción. Figura 1.13. Figure 1.12

De tedo lo analizado poternos concluir lo siguiente:

nin una negativamente y otra posi-mente, como consecuencia se atraen.

Les cargas de distinto signo se attaen y las cargas de igual signo se repelen.

A Bs conveniente hacer una clasificación de las sustancias en terminos de sus propiedades para conducir electricidad Es subido, que existen algunos materiales states como el que existen algunos materiales states como el que existen algunos materiales tales como el
que existen algunos materiales tales como el
cobor, el alumínio y otros que tienen la
propiedad de combueir facilmenta la electricidad; en cumbio existen otros como el
vidrio, el hule y la mayoria de los plásticos que no conducen la electricidad.

Cuando se realizaron tos experimentos electrostáticos padinos notar que los cuerpos fondas siempre inceno vidão, plástico,
lana y seda, pues, en ningên momento se
froid una bura de metal. Esto se explica porque al ser frontat una bura de metal las
curgas scapanina a licera a través de mestiro
curgos scapanina siera a través de mestiro
cuerpo. En este caso se dice que la barra de
metal y nuestro cuerpo son combiciores; en
cambio el plástico y el vídio obstacilizan el
cumbio el plástico y el vídio obstacilizan el
curdo de la composició de la composició de
combio el plástico y el vídio obstacilizan el
cuerpo. transporte de cargas electricas, se dice que son aisladores o dieléctricos.

mente, se répolem.

Chando has dos esferas adquieren cargas

d'i fialles cuyos electrones se hayan fuertemente
de distinta attitudeza, es docti, se cargas

ligados al moleo, implémento el transporte

De las experiencias realizadas concluimos transparent contactibul.

Los semiconhuctores son materiales que los preentan propiedades intermodias entre los preentan propiedades intermodias entre los de conductores y los attisulores. Como gleroplo de catos últimos se tiene el siñelo y el garda esta contactores in manio, los cuales no son anticondos con debes intermedias y son utilizados con dades intermedias y son utilizados con mucha freuencia en la fibricación de disponintendades intermedias y son utilizados con debes intermedias y son utilizados con debes intermedias y son utilizados con desenvolventes de disponintendades de disponinten sitivos electrónicos.

Los semiconductores se convierten en conductores a altas temperaturas, para lo cual se les agregan cantidades de ciertos átomos, logrando de esta manera aumentar considerablemente su conductividad.

1.7 ¿Cómo cargar un electroscopio?

Un electroscopio puede ser cargudo por os procedimientos: por contacto o por Carga de un electroscopio por contacto.

Veamos como puede ser cargado

(O) 1. Si frotamos una barra de vidrio con un paño de lana, vimos ameriormente que dicha barra queda con carga positiva. Si electroscopio positiva o negativamente: dicha barra queda con carga positiva. Si con dicha barra tocamos la esferita del electroscopio, algunos electrones de las laminillas y de la barra metalica pasan

Si se introduce en la expresión (3) una constante de proparetonalidad K pedemos escribir que: De donde K os una constante de propor-gionnicidad quo dependo del medio entre las pargas y las unidades elegidas. Al relacionar las ecuaciones (I) y (2) .3 Epsilon 2 = 8.85 10 12 C2 # 65 Si se sustituye 4 ne. por sus valores nos Eo es la constante de permitividad y su valor en el sistema M.K.S es:

4ns. 4.3,14.8,85.1042 C7/N·m3

De esta firma la ley queda enunciada de la siguiente manorni: Cambian, es decir, las estras se cargan de H pocesa de unión de un cuerpo a la eléctricamente.

Cuando las dos esferas adquieren cargas (3) muas "comeción a toira", (tando un cuerpo de la misma mutualiza, es decir, se 3) muas "começión a toira", (tando un cuerpo de la misma mutualiza, es decir, se 3) repartos en su giganicista masa sun vaniar su cargan ambas negativamente o positiva- 2) estado neutro y el cuerpo queda descangado. A froure to defin an replicates 20^{2} lines enduciones sen aquellos naturales. A froure to defin an reproducto 20^{2} lines) se desplazar em basante facilidad combina, es decir, las esteras se cargan \mathcal{L} . El procurso de definitación de esteras se cargan \mathcal{L} . Es importante aclarar lo siguiente:

Si el signo de la fúerza es acgativo nos 2021
indicu que es de atracción y si es positivo
es de revultada. hock Si ogu centario se divide entre la constante se divide entre la contante del medio reacción, se puede expresar K de la siguiente forma: Tabla de valores de la constante ka K = 9.10 N·m²/C² 1.11 Unidad de la carga eléctrica Aceirc Agua A la carga eléctrica que posee un electrón (e) se la llama unidad elemental de carga. El protón tiene una carga idéntica en valor numérico a la carga del electrón, pero con merito a la carga del electrón, pero con K-9 10 N m 1C 2021 Vidrio -8.9·10"N·m2/C2 4,6 Constante 00

Esto nos permite escribir que:

476, q. q.

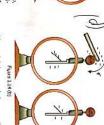
Figura 1.14(a)

D

 \bigcirc

Si à esfera del electroscopio cargado si tocala por una furra de vidrio des-cargada las hamalitas to se ciercan. Esto se explicit admitiendo que el vidrio no deja pusar las cargas, por ser un cidame, en cambio la barra medicira con la cual se había descargado esjó pasar las elec-trones, ya que es un conductor.

hasia is barm de vistros posta compensaria deficio de electraces que esta trace De ad défici de electraces que esta trace De esta forma el electroscopio quede con auga positiva en posta esta distri-tuye por tota la parte nocialità del quarato y las laminitas electradasto con empas del nistono signo realizarda una progistion, es decir, se abren. Deservese la figura 1.14(a).

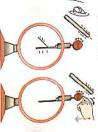


Si estando caspado el electroscopio, tocamo la esteria con un harm medilio que tenganom e la reno, reatmos
que las inemalis se electra, diciendos
que la inemalis se electra, diciendos
pas la inemalis se electra, diciendos
pas la ferrieren courre, ponque los electrores har venirás docta lerrar a savás de
compensar el alefal de electrones que
tiene el exercosopio. Recuenda que los
electrones, sierpre e
delectrones, sierpre considera donde
exèste deficit de ellos. Si con el dedo o con la harra merálica notamos la estra del electroscopio, se notar que la Innalias se cieran poque los electrones han escapado a tierra a través de la bura medicia y de nuestro cuerpo. Pri la timto se dice que el electroscopio se ha descargatto.

Carga de un electroscopio por inducción

Un electroscopio puede ser cargado sin tocato. Pun ello bastará con acerca: a la esferia, sin tocarda, un cuerpo cargado con cargas de cualquier signo (positiva o negativa).

2. Toquamos abora la esfera del electros-copio con una borra de plásico froada em lana (azuga negritari, figura L. 14/b) i far sele caso los electrores de la burra de plásicio pasan a la parte medibio del electroscepio, compressando el deficir de electroscepio, compressando el deficir de electroscepio, electra e alco una distri-burcia de engas negativas por tudo el electroscepio, quedando éste con enga negativa, norándose que las laminfilas se abora.



2. Sin quitar la barra inductora, se pente el electroscopio en comunicación con tie-rim. Esto se lega tocarcio le actérita con una cuerpo conductor (son el debo o com una barra de metal). Nobes que las lamban de metal). Nobes que las lamban de se cierran, figara 1.14(d), porque los electrones secapan a terra a través los electrones secapana is terra a través los cuerpo conductor y el electros-copio queda craspada positivamente por tener un deficit de electrones. Figure 1.14(c) Figura 1.14(d)

3. Si procedentos a reifar el cuerpo con-ductor, sin quitar la barra nalaciora, figura 1,14(c), las laminilas contrationa cernalas. Si pro último se reifa la borra inductora, figura 14(f), las laminillas se abron, porque existe un deficial de elev-trores, quedando el dectroscopio con curga positiva.

negativa, tal como lo indica la figura 1.14 (c). Les ue caso, diguess electrones de la esfera medidia son reptidos por la curga negativa de la barra inductora, pricinhose en las harmalits, las cuales os abren por tener exceso de electrones, 1.a esfera del electroscopio queda curga-da possiviramente.



D

1.8 Comparación entre las interacciones eléctricas y gravitacionales Figure 1.14 (f)

In fluenza elektricas eperiola pod la lin-ieracción entre cangas es musico ma-yor que la fineza gravitatoria ejecuba entre masas. En las inaczas gravitato-tria se necesitar grandes mases para-que sus ettenas se manifesten muentre las interacciones electr gravitatoria está asociada a la meswinationales La interacción cico-etárica está aseciada a la cargo

cioscopticamente.

Las intensolitoris estéchticas se tradizm, confluenza de repulsión y arracción (esda asociadas a dos clases de
cargo) en cambio las fineras graviticionales se llevan a culto mediante
farras discionames de diseacción
(esda asociadas a un colo tipo de

Tomemos un electroscopio descurgado, es decir, en estado neutro. Acerquemos, sin tocar la esferita, una barra con carga

8

<u>±</u>