

La carga eléctrica. Ley de Coulomb

1.1 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 electrostática, 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:

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 primero en estudiar el magnetismo y la electricidad. Se dice que observó las primeras interacciones eléctricas cuando frotó el ámbar con una tela de 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 eléctricos, que podían comportarse como el ámbar. Se comprobó que al frotar dos cuerpos diferentes ellos se electrizaraban, es decir, se cargaban de electricidad (vidrio, lacre, resina, madera, etc.).

(C) Charles du Fay (1698-1739), físico francés, observó las atracciones y las repulsiones que se producen entre cuerpos frotados cuando se dedicó a experimentar con electricidad estática, de donde dedujo la existencia de dos clases de electricidad a las que llamó resinosa y vítrica.

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 nombres de aislantes y conductores para designar a las sustancias que impiden o permiten, respectivamente, el paso de la electricidad.

Benjamin Franklin, (1706-1790), fue un científico norteamericano, logra sugerir la existencia de dos tipos de cargas. Esto lo logra después de múltiples observaciones experimentales, encontrando 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.

[illegible]

Electrones: partículas de la materia que se caracterizan por su carga negativa y su masa. Se encuentran en los átomos, formando parte de ellos, y en los iones, cuando éstos se han ionizado.

Neutrones: partículas subatómicas neutras, presentes en los núcleos de los átomos.

Protones: partículas subatómicas con carga positiva, presentes en los núcleos de los átomos.



[Figura 1.1]

Estructura del átomo

El átomo está formado por un núcleo central, que contiene protones y neutrones, rodeado por una nube de electrones. Los protones tienen una carga positiva y los neutrones no tienen carga. Los electrones tienen una carga negativa y su masa es mucho menor que la de los protones y neutrones.

El núcleo del átomo está formado por protones y neutrones. Los protones tienen una carga positiva y los neutrones no tienen carga. Los electrones tienen una carga negativa y su masa es mucho menor que la de los protones y neutrones.

El átomo es eléctricamente neutro, es decir, el número de protones es igual al número de electrones.

Figura 1.28: Un protón con carga eléctrica 84 veces su masa. Los electrones, en comparación, son casi insignificantes en masa, pero tienen la misma carga eléctrica. Los átomos son aproximadamente iguales a la escala del protón.

Un átomo es un cuerpo atómico en estado que presenta el mismo número de protones que de electrones, no teniendo en consecuencia carga positiva ni negativa. La carga de cada protón es igual a la de cada electrón. De acuerdo a esta se dice que el átomo es eléctricamente neutro.

En la figura 1.2 se muestran un átomo, eléctricamente neutro, con tres protones y tres electrones.

Átomo eléctricamente neutro



Figura 1.2

Un cuerpo en estado neutro, o eléctricamente neutro, puede ganar o perder electrones por cualquier procedimiento mecánico.

Átomo que ha perdido un electrón



Figura 1.3

Electrostática

1.1 Electrificación por contacto
La carga por contacto se origina cuando un cuerpo cargado toca a otro cuerpo que no lo está. Cuando se toca un cuerpo cargado con otro neutro, se produce una transferencia de electrones que hace que el cuerpo neutro se cargue con el mismo signo que el cuerpo cargado.

Observemos la figura 1.9 (a), en la cual se muestra una esfera en estado neutro (que el mismo tamaño de carga positiva que la negativa) en la cual se toca un hilo.



De igual forma, si la barra tiene carga positiva, se transfieren electrones a la esfera, la cual adquiere también carga positiva.

En general decimos que:

1.2 Cuando dos cuerpos se cargan por contacto, el cuerpo electrizado le comunicará al otro una carga de su mismo signo.

1.3 Electrificación por inducción
La electrificación por inducción se produce cuando se aproxima un cuerpo cargado (positivo o negativo) a otro cuerpo en estado neutro.

Se puede cargar el cuerpo B en estado neutro, acercándole el cuerpo A cargado. Figura 1.10(a).



Figura 1.10(b).

Como puede verse, hubo una alteración de las posiciones de las cargas en el cuerpo B, haciéndose más positivo el extremo más cercano al cuerpo A y más negativo el extremo más lejano.

Si se acerca el cuerpo A, las cargas se separan más, hasta que el cuerpo B se ha polarizado.

Observemos la figura 1.10(c), sin retirar el cuerpo A, quitamos el cuerpo B tocándolo con tierra a través de un alfiler metálico. Los electrones del cuerpo B escapan a tierra, por ser el alfiler metálico un conductor.

Figura 1.10(c).

Figura 1.10(d).

Figura 1.10(e).

Figura 1.10(f).

Figura 1.10(g).

Figura 1.10(h).

Figura 1.10(i).

Figura 1.10(j).

Figura 1.10(k).

Figura 1.10(l).

Figura 1.10(m).

Figura 1.10(n).

Figura 1.10(o).

Figura 1.10(p).

Figura 1.10(q).

Figura 1.10(r).

Figura 1.10(s).

Figura 1.10(t).

Figura 1.10(u).

Figura 1.10(v).

Figura 1.10(w).

Figura 1.10(x).

Figura 1.10(y).

Figura 1.10(z).

Figura 1.10(aa).

Figura 1.10(ab).

Figura 1.10(ac).

Figura 1.10(ad).

Figura 1.10(ae).

Figura 1.10(af).

Figura 1.10(ag).

Figura 1.10(ah).

Figura 1.10(ai).

Figura 1.10(aj).

Figura 1.10(ak).

Figura 1.10(al).

Figura 1.10(am).

Figura 1.10(an).

Figura 1.10(ao).

Figura 1.10(ap).

Figura 1.10(aq).

Figura 1.10(ar).

Figura 1.10(as).

Figura 1.10(at).

Figura 1.10(au).

Figura 1.10(av).

Figura 1.10(aw).

Figura 1.10(ax).

Figura 1.10(ay).

Figura 1.10(az).

Figura 1.10(ba).

Figura 1.10(bb).

Figura 1.10(bc).

Figura 1.10(bd).

Figura 1.10(be).

Figura 1.10(bf).

Figura 1.10(bg).

Figura 1.10(bh).

Figura 1.10(bi).

Figura 1.10(bj).

Figura 1.10(bk).

Figura 1.10(bl).

Figura 1.10(bm).

Figura 1.10(bn).

Figura 1.10(bo).

Figura 1.10(bp).

Figura 1.10(bq).

Figura 1.10(br).

Figura 1.10(bs).

Figura 1.10(bt).

Figura 1.10(bu).

Figura 1.10(bv).

Figura 1.10(bw).

Figura 1.10(bx).

Figura 1.10(by).

Figura 1.10(bz).

Figura 1.10(ca).

Figura 1.10(cb).

Figura 1.10(cc).

Figura 1.10(cd).

Figura 1.10(ce).

Figura 1.10(cf).

Figura 1.10(cg).

Figura 1.10(ch).

Figura 1.10(ci).

Figura 1.10(cj).

Figura 1.10(ck).

Figura 1.10(cl).

Figura 1.10(cm).

Figura 1.10(cn).

Figura 1.10(co).

Figura 1.10(cp).

Figura 1.10(cq).

Figura 1.10(cr).

Figura 1.10(cs).

Figura 1.10(ct).

Figura 1.10(cu).

Figura 1.10(cv).

Figura 1.10(cw).

Figura 1.10(cx).

Figura 1.10(cy).

Figura 1.10(cz).

Figura 1.10(da).

Figura 1.10(db).

Figura 1.10(dc).

Figura 1.10(dd).

Figura 1.10(de).

Figura 1.10(df).

Figura 1.10(dg).

Figura 1.10(dh).

Figura 1.10(di).

Figura 1.10(dj).

Figura 1.10(dk).

Figura 1.10(dl).

Figura 1.10(dm).

Figura 1.10(dn).

Figura 1.10(do).

Figura 1.10(dp).

Figura 1.10(dq).

Figura 1.10(dr).

Figura 1.10(ds).

Figura 1.10(dt).

Figura 1.10(du).

Figura 1.10(dv).

Figura 1.10(dw).

Figura 1.10(dx).

Figura 1.10(dy).

Figura 1.10(dz).

Figura 1.10(ea).

Figura 1.10(eb).

Figura 1.10(ec).

Figura 1.10(ed).

Figura 1.10(ee).

Figura 1.10(ef).

Figura 1.10(eg).

Figura 1.10(eh).

Figura 1.10(ei).

Figura 1.10(ej).

Figura 1.10(ek).

Figura 1.10(el).

Figura 1.10(em).

Figura 1.10(en).

Figura 1.10(eo).

Figura 1.10(ep).

Figura 1.10(eq).

Figura 1.10(er).

Figura 1.10(es).

Figura 1.10(et).

Figura 1.10(eu).

Figura 1.10(ev).

Figura 1.10(ew).

Figura 1.10(ex).

Figura 1.10(ey).

Figura 1.10(ez).

Figura 1.10(fa).

Figura 1.10(fb).

Figura 1.10(fc).

Figura 1.10(fd).

Figura 1.10(fe).

Figura 1.10(ff).

Figura 1.10(fg).

Figura 1.10(fh).

Figura 1.10(fi).

Figura 1.10(fj).

Figura 1.10(fk).

Figura 1.10(fl).

Figura 1.10(fm).

Figura 1.10(fn).

Figura 1.10(fo).

Figura 1.10(fp).

Figura 1.10(fq).

Figura 1.10(fr).

Figura 1.10(fs).

Figura 1.10(ft).

Figura 1.10(fu).

Figura 1.10(fv).

Figura 1.10(fw).

Figura 1.10(fx).

Figura 1.10(fy).

Figura 1.10(fz).

Figura 1.10(ga).

Figura 1.10(gb).

Figura 1.10(gc).

Figura 1.10(gd).

Figura 1.10(ge).

Figura 1.10(gf).

Figura 1.10(gg).

Figura 1.10(gh).

Figura 1.10(gi).

Figura 1.10(gj).

Figura 1.10(gk).

Figura 1.10(gl).

Figura 1.10(gm).

Figura 1.10(gn).

Figura 1.10(go).

Figura 1.10(gp).

Figura 1.10(gq).

Figura 1.10(gr).

Figura 1.10(gs).

Figura 1.10(gt).

Figura 1.10(gu).

Figura 1.10(gv).

Figura 1.10(gw).

Figura 1.10(gx).

Figura 1.10(gy).

Figura 1.10(gz).

Figura 1.10(ha).

Figura 1.10(hb).

Figura 1.10(hc).

Figura 1.10(hd).

Figura 1.10(he).

Figura 1.10(hf).

Figura 1.10(hg).

Figura 1.10(hh).

Figura 1.10(hi).

Figura 1.10(hj).

Figura 1.10(hk).

Figura 1.10(hl).

Figura 1.10(hm).

Figura 1.10(hn).

Figura 1.10(ho).

Figura 1.10(hp).

Figura 1.10(hq).

Figura 1.10(hr).

Figura 1.10(hs).

Figura 1.10(ht).

Figura 1.10(hu).

Figura 1.10(hv).

Figura 1.10(hw).

Figura 1.10(hx).

Figura 1.10(hy).

Figura 1.10(hz).

Figura 1.10(ia).

Figura 1.10(ib).

Figura 1.10(ic).

Figura 1.10(id).

Figura 1.10(ie).

Figura 1.10(if).

Figura 1.10(ig).

Figura 1.10(i

Levanta la barra de vidrio para compensar el déficit de electrones que ésta tiene. En esta forma el electroscope queda en equilibrio de carga positiva por neutralizarse el déficit de electrones. Las cargas positivas se distribuyen por la superficie metálica del cuerpo y las laminitas electrificadas con cargas del mismo signo repelen una a otra, es decir, se abren. Obsérvese la figura 1.14(c).

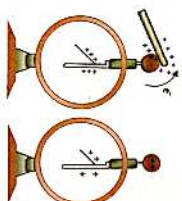


Figura 1.14(c)

Si la esfera del electroscope, cargada, tocamos la esfera con una barra metálica que tengamos en la mano, notamos que las laminitas se cierran, distíndose de la forma que tenían cuando el electroscope se lo descargaba. Este fenómeno se explica porque los electrones han venido desde la barra metálica a compensar el déficit de electrones que tiene el electroscope. Recuerda que los electrones siempre se trasladan donde existe déficit de ellos.

Si la esfera del electroscope, cargada, se toca por una barra de vidrio descargada, las laminitas no se cierran. Esto se explica porque las laminitas que el vidrio no cargó, por ser un aislante, se habrán descargado sólo por los electrones, ya que es un conductor.

2. Repetamos ahora la esfera del electroscope con una barra de plástico frozada con una carga negativa, figura 1.14(b). En este caso los electrones de la barra de plástico pasan a la parte metálica del electroscope, compensando el déficit de electrones que éste tiene. Al alejarse la barra cargada, se lleva a cabo una distribución de cargas regulares por todo el electroscope, quedando éste con carga negativa, notándose que las laminitas se abren.

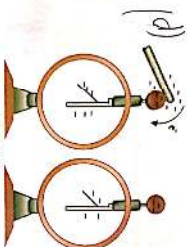


Figura 1.14(b)

Si con el dedo o con la barra metálica tocamos la esfera del electroscope, se notará que las laminitas se cierran porque los electrones han escapado a tierra a través de la barra metálica y de nuestro cuerpo. Por lo tanto se dice que el electroscope se lo descargó.

Carga por inducción

Un electroscope puede ser cargado sin tocarlo. Para ello bastará con acercar a la esfera, sin tocarla, un cuerpo cargado con cargas de cualquier signo (positiva o negativa).

1. Tomemos un electroscope descargado, es decir, en estado neutro. Acercáremos, sin tocar la esfera, una barra con carga

negativa, así como lo indica la figura 1.14(c). En este caso, algunas electrones de la esfera del electroscope son atraídas por la carga negativa de la barra metálica, quedándose en las laminitas, las cuales se abren por tener exceso de electrones. La esfera del electroscope queda cargada positivamente.

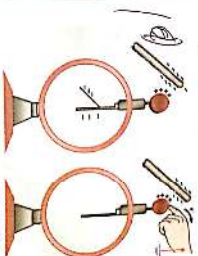


Figura 1.14(c)

2. Sin quitar la barra inducida, se pone el electroscope en comunicación con tierra. Paso se haga tocando la esfera con una barra de metal. Nótese que las laminitas se cierran, figura 1.14(d), porque los electrones escapan a tierra a través del cuerpo conductor y el electroscope queda cargado positivamente por tener un déficit de electrones.

Figura 1.14(d)

3. Si procedemos a retirar el cuerpo conductor, sin quitar la barra inducida, figura 1.14(e), las laminitas continúan abiertas. Si por último se retira la barra inducida, figura 1.14(f), las laminitas se abren, porque existe un déficit de electrones, quedando el electroscope con carga positiva.

1.8 Comparación entre las interacciones eléctricas y gravitacionales

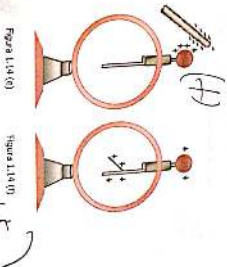


Figura 1.14(e)

Figura 1.14(f)

Existe una analogía muy precisa entre las interacciones eléctricas y gravitacionales. La interacción eléctrica está asociada a la carga eléctrica, en cambio la interacción gravitacional está asociada a la masa. La fuerza eléctrica ejercida por la interacción entre cargas es mucho mayor que la fuerza gravitatoria ejercida entre masas. En las fuerzas gravitatorias se manifiesta gradualmente, mientras que sus efectos se manifiestan inmediatamente. Las interacciones eléctricas se manifiestan con fuerzas de repulsión y atracción (éstas asociadas a los signos de carga) en cambio las fuerzas gravitacionales se manifiestan sólo mediante fuerzas de atracción (estas asociadas a un solo tipo de masa).