

ELECTRICIDAD I

Los primeros descubrimientos de los cuales se tiene noticia en relación con los fenómenos eléctricos, fueron realizados por los griegos en la antigüedad. El filósofo y matemático Tales, que vivió en la ciudad de Mileto en el siglo V a.C., observó que un trozo de ámbar, después de ser frotado con una piel de animal, adquiría la propiedad de atraer los cuerpos ligeros (como trozos de paja y pequeñas semillas).

Casi 2000 años después el médico inglés William Gilbert observó que otros materiales se comportan como el ámbar al frotarlos y que la atracción que ejercen se manifiesta sobre cualquier otro cuerpo, aún cuando no sea ligero. Como la designación griega correspondiente al ámbar es *elektron*, Gilbert comenzó a utilizar el término "eléctrico" para referirse a todo material que se comportaba como aquél, lo que derivó en los términos *electricidad* y *carga eléctrica*.

Sin embargo, fue sólo hacia mediados del siglo XIX que estas observaciones fueron planteadas formalmente, gracias a los experimentos sobre la electrólisis que realizó Faraday, hacia 1833 y que le permitieron descubrir la relación entre la electricidad y la materia.

Es posible observar el fenómeno descrito al frotar un lápiz con la ropa (atrae pequeños trozos de papel), al frotar vidrio con seda, o ebonita con una piel.

Cargas positivas y negativas

Si se toma una varilla de vidrio y se frota con seda colgándola de un hilo largo (también de seda), se observa que al aproximar una segunda varilla (frotada con seda) se produce una repulsión mutua. Sin embargo, si se aproxima una varilla de ebonita, previamente frotada con una piel, se observa que atrae la varilla de vidrio colgada. También se verifica que dos varillas de ebonita frotadas con piel se repelen entre sí. Estos hechos se explican diciendo que al frotar una varilla se le comunica *carga eléctrica* y que las cargas en las dos varillas ejercen fuerzas entre sí. La conclusión de tales experiencias es que sólo hay dos tipos de carga y que **cargas similares se repelen y cargas diferentes se atraen**. Benjamín Franklin denominó **positivas** a las que aparecen en el vidrio y **negativas** a las que aparecen en la ebonita.

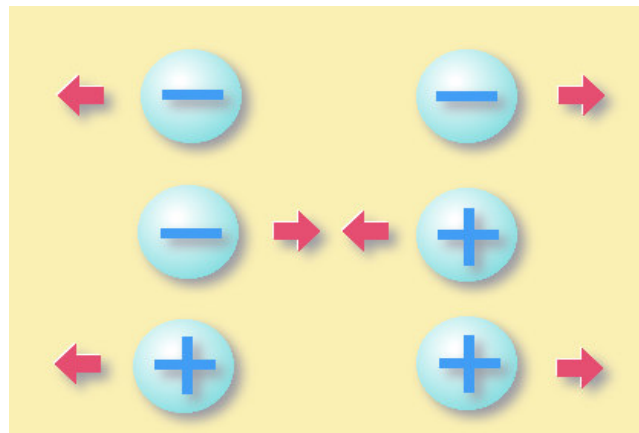


Fig. 1

Principio de conservación de la carga

En concordancia con los resultados experimentales, el *principio de conservación de la carga* establece que no hay destrucción ni creación neta de carga eléctrica, y afirma que en todo proceso electromagnético la carga total de un sistema aislado se conserva, tal como pensó Franklin.

Cuantización de la carga

La experiencia ha demostrado que la carga eléctrica no es continua, o sea, no es posible que tome valores arbitrarios, sino que los valores que puede adquirir son múltiplos enteros de una cierta carga eléctrica mínima. Esta propiedad se conoce como *cuantización de la carga* y el valor fundamental corresponde al valor de carga eléctrica que posee el electrón y al cual se lo representa como e . Cualquier carga q que exista físicamente, puede escribirse como $N \cdot e$, siendo N un número entero, positivo o negativo. Vale la pena destacar que para el electrón la carga es $-e$, para el protón vale $+e$ y para el neutrón, 0 .

Medición de la carga eléctrica

El valor de la carga eléctrica de un cuerpo, representada como q o Q , se mide según el número de electrones que posea en exceso o en defecto. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de carga eléctrica se denomina culombio (símbolo C) y se define como **la cantidad de carga que a la distancia de 1 metro ejerce sobre otra cantidad de carga igual, la fuerza de 9×10^9 N**. Un culombio corresponde a $6,24 \times 10^{18}$ electrones. En consecuencia, la carga del electrón es $-1,6 \times 10^{-19}$ C.

Distribución de las cargas eléctricas en los conductores

Cualquiera sea el signo de las cargas en un conductor, éstas siempre estarán situadas en su superficie externa.

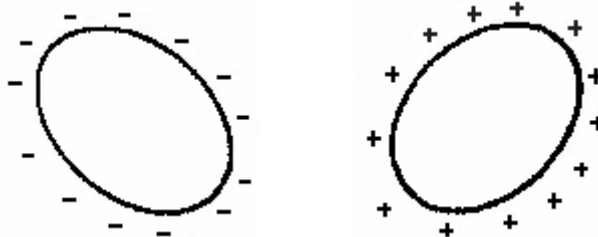


Fig. 2

Esto tiene su justificación en el principio de repulsión de las cargas eléctricas del mismo signo.

Ejemplo:

1. Un cuerpo posee un número total de protones mayor que el número total de electrones. Este cuerpo está
 - A) electrizado positivamente.
 - B) eléctricamente neutro.
 - C) electrizado negativamente.
 - D) electrizado positiva o negativamente, dependiendo del valor de la carga del protón y del electrón.
 - E) Ninguna de las anteriores.

Aislantes y conductores

Una varilla metálica sostenida con la mano y frotada con una piel no resulta cargada. Sin embargo, es posible cargarla si se la provee de un mango de vidrio o de ebonita y el metal no se toca con las manos al frotarlo. La explicación es que las cargas se pueden mover libremente en los metales y el cuerpo humano, mientras que en el vidrio y la ebonita no pueden hacerlo. Esto se debe a que en ciertos materiales, típicamente en los metales, los electrones más alejados de los núcleos respectivos adquieren libertad de movimiento en el interior del sólido. Estas partículas se denominan *electrones libres* y son el vehículo mediante el cual se transporta la carga eléctrica. Estas sustancias se denominan **conductores**.

En contrapartida a los conductores eléctricos, existen materiales en los cuales los electrones están firmemente unidos a sus respectivos átomos. En consecuencia, estas sustancias no poseen electrones libres y no será posible el desplazamiento de carga a través de ellos. Estas sustancias son denominadas **aislantes o dieléctricos**. El vidrio, la ebonita o el plástico son ejemplos típicos.

En consecuencia, esta diferencia de comportamiento de las sustancias respecto del desplazamiento de las cargas en su seno depende de la naturaleza de los átomos que las componen.

Entre los buenos conductores y los dieléctricos existen múltiples situaciones intermedias. Entre ellas destacan los materiales semiconductores por su importancia en la fabricación de dispositivos electrónicos que son la base de la actual revolución tecnológica. En condiciones ordinarias se comportan como dieléctricos, pero sus propiedades conductoras pueden ser alteradas con cierta facilidad mejorando su conductividad en forma prodigiosa ya sea mediante pequeños cambios en su composición, sometiéndolos a temperaturas elevadas o a intensa iluminación.

A temperaturas cercanas al cero absoluto, ciertos metales adquieren una conductividad infinita, es decir, la resistencia al flujo de cargas se hace cero. Se trata de los superconductores. Una vez que se establece una corriente eléctrica en un superconductor, los electrones fluyen por tiempo indefinido.

Nota: Es de relevancia tener en cuenta, y puede verificarse experimentalmente, que solamente la carga negativa se puede mover. La carga positiva es inmóvil y únicamente los electrones libres son los responsables del transporte de carga.

Ejemplo:

2. Al aproximar dos conductores, uno cargado eléctricamente y el otro neutro, ellos
 - A) se atraen y quedan unidos.
 - B) se repelen.
 - C) inicialmente se repelen y luego se atraen.
 - D) inicialmente se atraen y luego de tocarse, se repelen.
 - E) No sucede nada, pues uno es neutro.

Formas para cambiar la carga eléctrica de los cuerpos

Se denomina **electrización** al efecto de ganar o perder cargas eléctricas, normalmente electrones, producido en un cuerpo eléctricamente neutro.

I) Electrización por contacto

Se puede cargar un cuerpo con sólo tocarlo con otro previamente cargado. En este caso, ambos quedan con el mismo tipo de carga, es decir, si se toca un cuerpo neutro con otro con carga positiva, el primero también queda con carga positiva. Esto se debe a que habrá transferencia de electrones libres desde el cuerpo que los posea en mayor cantidad hacia el que los contenga en menor proporción y manteniéndose este flujo hasta que la magnitud de la carga sea la misma en ambos cuerpos.

II) Electrización por frotamiento

Al frotar dos cuerpos eléctricamente neutros (número de electrones = número de protones), ambos se cargan, uno con carga positiva y el otro con carga negativa. Si se frota una barra de vidrio con un paño de seda, hay un traspaso de electrones del vidrio a la seda. Si se frota un lápiz de pasta con un paño de lana, hay un traspaso de electrones del paño al lápiz.

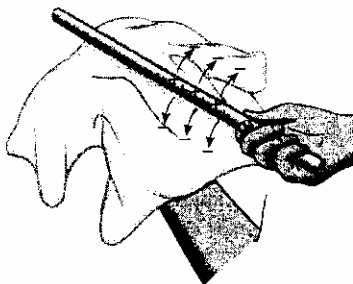


Fig. 3

Nota: se han ordenado las sustancias en la llamada "**serie triboeléctrica**" en la cual al frotar dos de ellas, la que está a la izquierda en la serie se carga positivamente y la que está a la derecha negativamente.

(+) vidrio - mica - lana - piel de gato - seda - algodón - madera - ámbar - cobre - azufre - celuloide (-).

Ejemplo:

3. Se frota entre sí una barra de plástico y un paño de seda, ambos neutros, inicialmente. Si el paño de seda queda finalmente con carga positiva, entonces, durante el frotamiento deben haber pasado
- A) protones del plástico al paño.
 - B) protones del paño al plástico.
 - C) neutrones del plástico al paño.
 - D) electrones del plástico al paño.
 - E) electrones del paño al plástico.

III) Electrización por inducción

La inducción es un proceso de carga de un objeto sin contacto directo. Un cuerpo cargado eléctricamente puede atraer a otro cuerpo que está neutro. Cuando se acerca un cuerpo electrizado a un cuerpo neutro, se establece una interacción eléctrica entre las cargas del primero y las del cuerpo neutro. Como resultado de esta interacción, la distribución inicial se altera: el cuerpo electrizado provoca el desplazamiento de los electrones libres del cuerpo neutro. En este proceso de redistribución de cargas, la carga neta inicial no ha variado en el cuerpo neutro, pero en algunas zonas se carga positivamente y en otras negativamente.

Se dice que aparecen cargas eléctricas inducidas. Entonces el cuerpo electrizado, denominado inductor, induce una carga con signo contrario en el cuerpo neutro y por lo tanto lo atrae.

El figura 4 muestra el procedimiento para electrificar un cuerpo por inducción. Es importante tener en cuenta que la carga obtenida por este método es de signo opuesto a la carga del inductor.

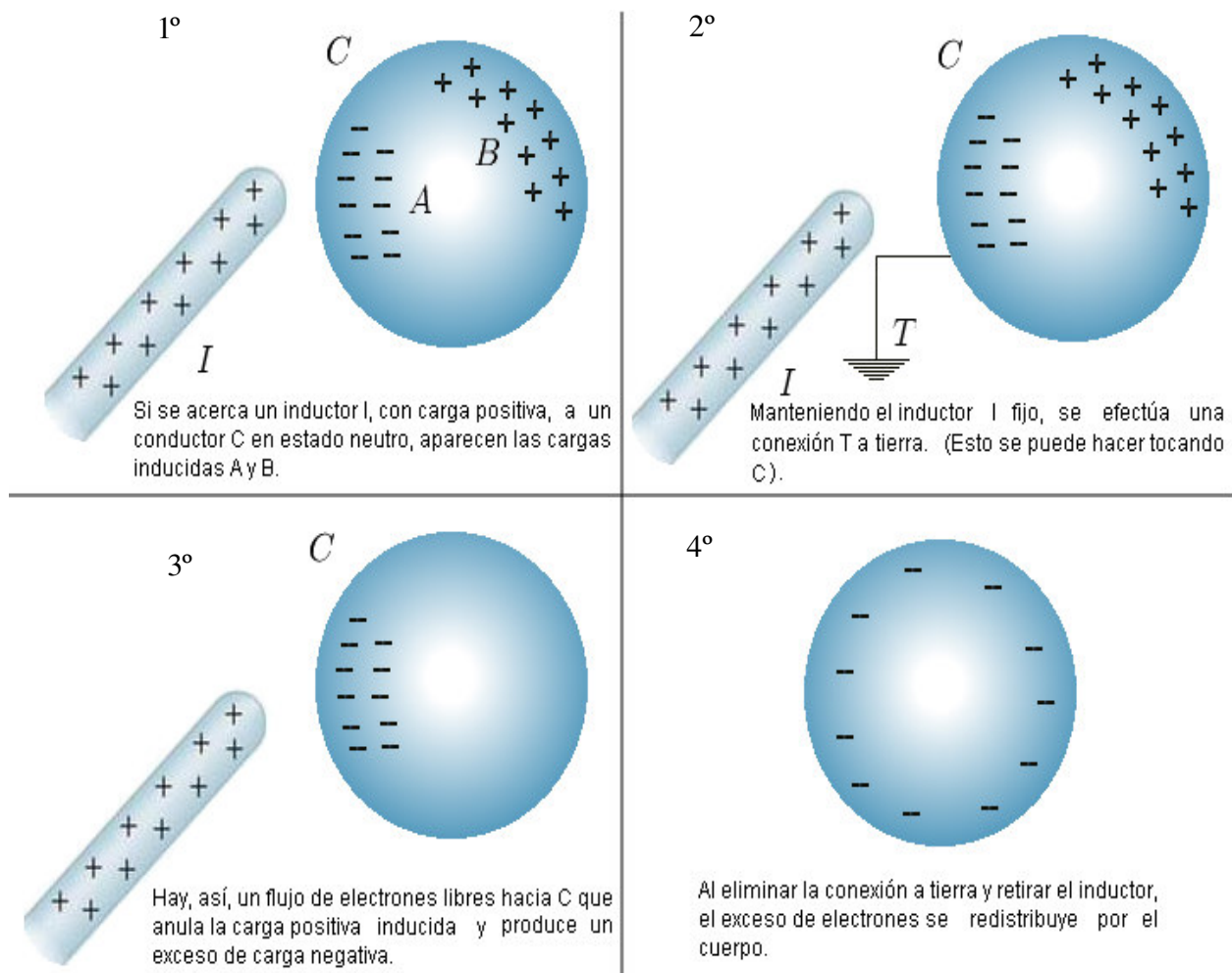


Fig. 4

Electroscopio

Es un instrumento que permite determinar la presencia de cargas eléctricas y su signo. Un electroscopio sencillo consiste en una varilla metálica vertical que tiene una bolita en la parte superior y en el extremo opuesto dos láminas de oro muy delgadas. La varilla está sostenida en la parte superior de una caja de vidrio transparente con un armazón de metal en contacto con tierra.

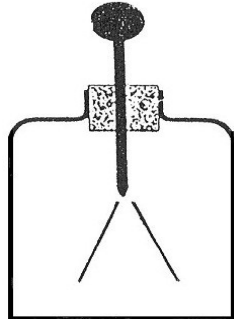


Fig. 5

Al acercarse un objeto electrizado a la esfera, la varilla se electrifica y las laminillas cargadas con igual signo que el objeto se repelen, siendo su divergencia una medida de la cantidad de carga que han recibido. La fuerza de repulsión electrostática se equilibra con el peso de las hojas. Si se aleja el objeto de la esfera, las láminas, al perder la polarización, vuelven a su posición normal.

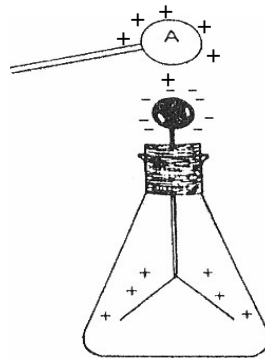
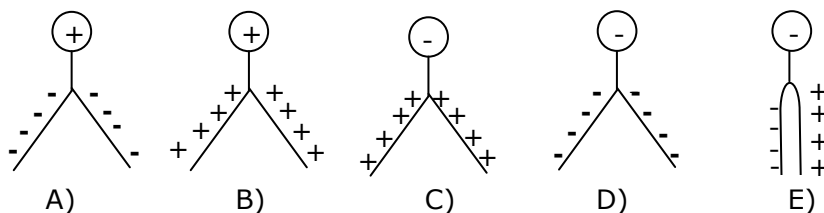


Fig. 6

Cuando un electroscopio se carga con un signo conocido, puede determinarse el tipo de carga eléctrica de un objeto aproximándolo a la esfera. Si las laminillas se separan significa que el objeto está cargado con el mismo tipo de carga que el electroscopio. De lo contrario, si se juntan, el objeto y el electroscopio tienen signos opuestos.

Ejemplo:

4. Una esfera metálica, cargada positivamente, toca la esfera de un electroscopio y enseguida es alejada. ¿Cuál de las siguientes figuras representa la configuración de las hojas del electroscopio y sus cargas después del contacto?



Ley de Coulomb

En 1785 Charles Coulomb (1736-1806) estableció la ley fundamental de la fuerza eléctrica entre dos partículas estacionarias con carga. Los experimentos muestran que:

Una fuerza eléctrica tiene las siguientes propiedades:

1. Es inversamente proporcional al cuadrado de la separación, r , entre las dos partículas y se ejerce a lo largo de la línea que las une.
2. Es proporcional al producto de las magnitudes de las cargas q_1 y q_2 , de las dos partículas.
3. Es de atracción si las cargas son de signos opuestos y de repulsión si las cargas tiene el mismo signo.

Dos cargas puntuales Q_1 y Q_2 separadas a una distancia "r" y situadas en el vacío, se atraen o repelen con una fuerza de intensidad F, la cual está dada por:

$$F = K_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

donde $K_0 = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$. Si se sumergen estas cargas en un medio material, el valor de la fuerza entre ellas se vuelve "k" veces menor, donde "k" es la constante dieléctrica de este medio, es decir:

$$F = \frac{K_0}{K} \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

Medio material	Constante dieléctrica (K)
Vacío	1
Aire	1,0005
Gasolina	2,3
Ámbar	2,7
Vidrio	4,5
Aceite	4,6
Mica	5,4
Glicerina	43
Agua	81

La figura 7 muestra como varía la fuerza eléctrica entre dos cargas separadas a una distancia r .

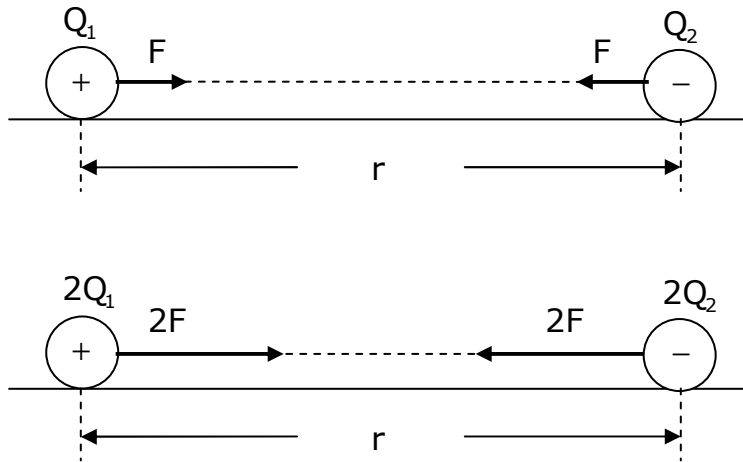


Fig. 7

Nota: La tabla siguiente muestra la masa y la carga de algunas partículas elementales:

PARTICULA	MASA (kg)	CARGA ELECTRICA
ELECTRÓN	$m = 9,1 \times 10^{-31}$	- e
PROTÓN	1836 m	+ e
NEUTRÓN	1839 m	0

Ejemplo:

5. Dos esferas, A y B, están separadas por 4 m sobre una superficie horizontal sin roce. La carga de A es $2Q$ y la de B es Q .

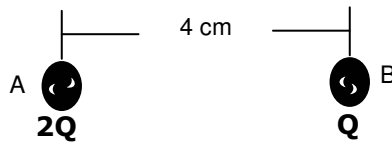


Fig. 8

Si sólo se considera la interacción eléctrica; ¿cuál debe ser la relación entre el módulo de la fuerza ejercida por A sobre B, con el módulo de la fuerza ejercida por B sobre A?

- A) El módulo de la fuerza en A es 4 veces el módulo de la fuerza en B.
- B) El módulo de la fuerza en A es 2 veces el módulo de la fuerza en B.
- C) El módulo de la fuerza en A es igual al módulo de la fuerza en B.
- D) El módulo de la fuerza en A es la mitad del módulo de la fuerza en B.
- E) El módulo de la fuerza en A es la cuarta parte del módulo de la fuerza en B.

PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. La figura 9 muestra una esfera metálica cargada positivamente, sobre un pie aislador. Si se la conecta a Tierra por un hilo fino de cobre,

- A) se cargará negativamente.
- B) se neutralizará porque sus protones pasan a Tierra.
- C) se neutralizará porque electrones subirán desde Tierra.
- D) no habrá intercambio de cargas con Tierra.
- E) el hilo de cobre quedará cargado y la esfera neutra.

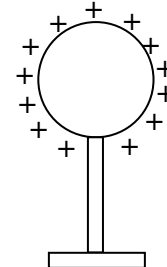


Fig. 9

2. Una barra puede ser cargada eléctricamente en uno de sus extremos y permanecer neutro en el otro. Esto sería posible, cuando la barra

- A) sea de metal.
- B) sea de vidrio.
- C) sea de metal muy compacto.
- D) sea de metal, pero poco cargado.
- E) sea de metal noble (oro, platino, plata).

3. Cuando un cuerpo (A) atrae a otro cuerpo (B) por motivos puramente eléctricos, podemos afirmar que

- A) (B) está descargado.
- B) ambos tienen cargas del mismo signo.
- C) (B) está cargado positivo (+).
- D) (B) está cargado positivo (+) ó negativo (-).
- E) (B) está descargado ó tiene carga de signo opuesto a (A).

4. Las esferas de la figura 10 están suspendidas de hilos aislantes. La carga eléctrica de A es (-). La carga eléctrica de la barra B y del cuerpo C son respectivamente

- A) positiva y negativa.
- B) negativa y positiva.
- C) positiva y neutra.
- D) negativa y negativa.
- E) positiva y positiva.

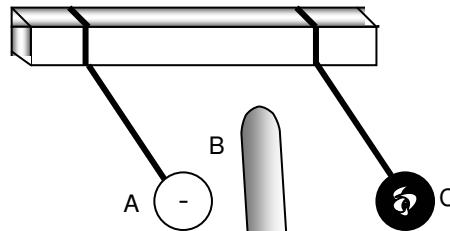


Fig. 10

5. Se dispone de cuatro esferas metálicas: P, Q, R y S. Se sabe que P repele a Q, que P atrae a R, que R repele a S y que S está cargada positivamente (+). Se puede afirmar que

- A) P está cargada positivamente (+).
- B) P y R tiene cargada del mismo signo.
- C) P y Q están cargados positivamente.
- D) Q tiene carga negativa (-).
- E) P repele a S.

6. Dos placas metálicas con cargas eléctricas de signos contrarios son conectados por un hilo conductor, como muestra la figura 11. A través del hilo se pueden desplazar

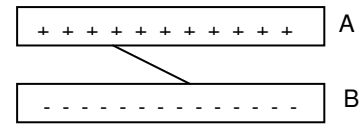
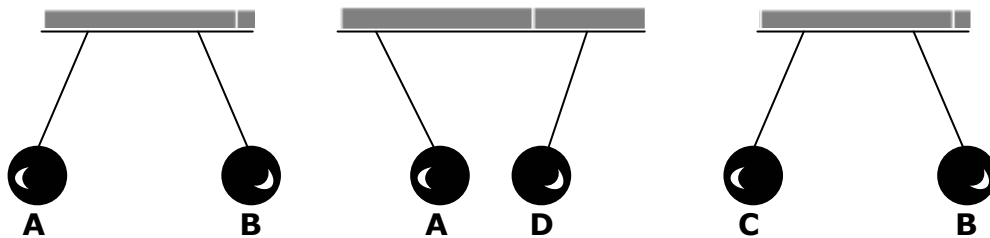


Fig. 11

- A) electrones de B a A.
- B) protones de A a B.
- C) protones de A a B y electrones de B a A.
- D) protones de B a A y electrones de A a B.
- E) iones positivos de A a B y iones negativos de B a A.

7. Se tiene cuatro esferas pequeñas de material aislante suspendidas de hilos aislantes. Sólo se sabe que la carga de (A) es positiva y que los demás están cargados. Sus interacciones se muestran a continuación.



De esto se puede concluir que

- I) A y B tienen carga positiva.
- II) A y C tienen carga positiva.
- III) A y D tienen carga positiva.
- IV) Si D y C se aproximan, habría atracción.

Es (son) verdadera(s):

- A) Todas.
- B) Sólo I y II
- C) Sólo II y IV
- D) Sólo I, II y IV
- E) Todas son falsas.

8. Dos esferas metálicas muy livianas en contacto, cuelgan de hilos aislantes en un ambiente seco, según muestra la figura 12. Una barra metálica cargada positivamente (+) toca una de las esferas y luego se aleja. Si las esferas estaban originalmente neutras, cual debe ser la posición de las esferas, en el instante inmediatamente después de alejar la barra.

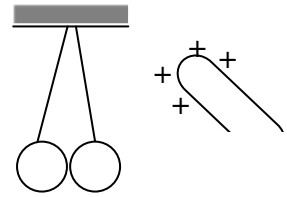
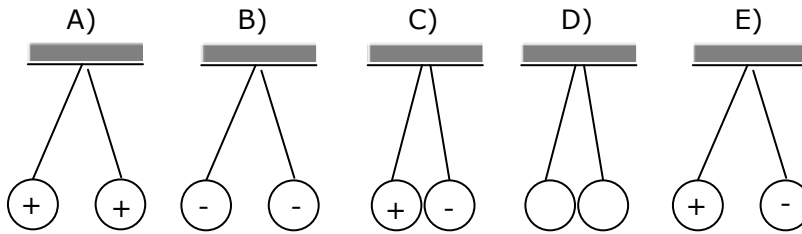
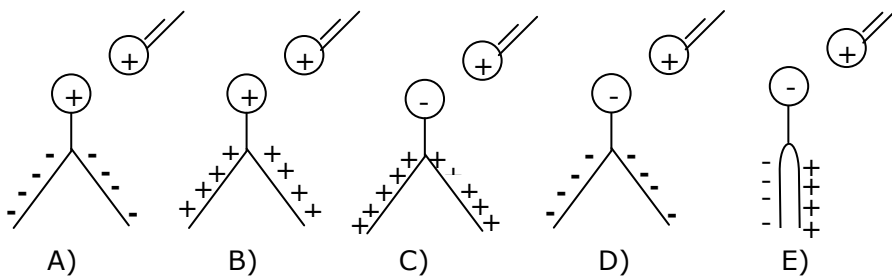


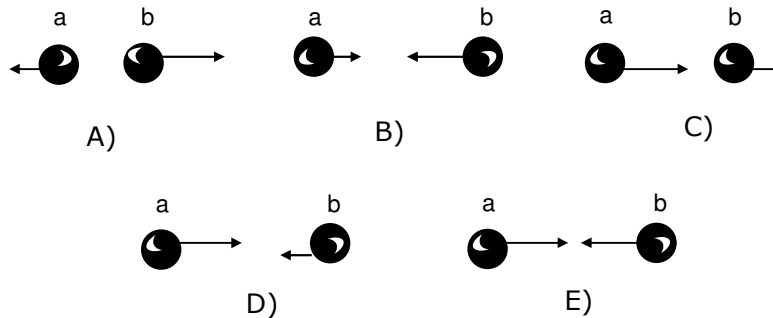
Fig. 12



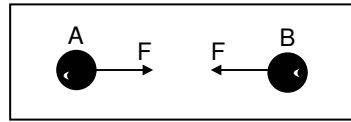
9. Una esfera metálica, positivamente cargada se aproxima sin hacer contacto con la esfera de un electroscopio. ¿En cuál de las siguientes figuras se representa la configuración de las láminas del electroscopio y sus cargas, mientras la esfera no se aleja?



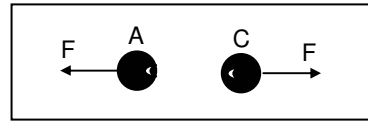
10. Dos pequeñas esferas conductoras (a) y (b) tienen carga de signos contrarios siendo la carga de (a) el triple de la de (b). ¿Cuál de las siguientes configuraciones representa las fuerzas ejercidas entre ellas?



11. Considere las siguientes experiencias entre cuerpos cargados, realizadas en el laboratorio: tanto en I como en II las fuerzas son de origen eléctrico. Entonces, cuando se aproxime B a C habrá



I)



II)

- A) Los datos son insuficientes.
- B) una fuerza de atracción.
- C) una fuerza de repulsión.
- D) una fuerza de atracción o una fuerza de repulsión.
- E) Ninguna de las anteriores.

12. Dos esferas metálicas idénticas, J y L están cargadas con igual carga (figura 13). El módulo de la fuerza de L sobre J es F_0 . Una tercera esfera M neutra, idéntica a las otras, se pone en contacto con J y luego se aleja (figura 14) La fuerza eléctrica que la esfera L pasa a ejercer sobre la esfera J es ahora (figura 15)

- A) F_0
- B) $F_0/2$
- C) $F_0/4$
- D) $F_0/8$
- E) $2 F_0$

Figura 13



Figura 14

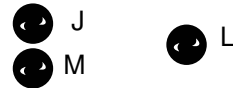


Figura 15



13. Tres esferas muy pequeñas e iguales, cargadas están alineadas sobre un plano horizontal liso como muestra la figura 16.

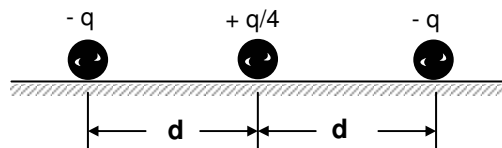


Fig. 16

Al abandonar el sistema de modo que se puedan mover libremente veremos que

- A) las cargas (-) permanecen en sus posiciones y la (+) se mueve a la derecha.
- B) las esferas permanecen en las posiciones en que fueron abandonadas.
- C) la esfera (+) se mueve por la perpendicular a la línea que une las cargas.
- D) las cargas (-) se mueven hacia la (+) la cuál no se mueve.
- E) las cargas (-) se alejan por la línea que las une y la (+) no se mueve.

14. Se dispone de tres esferas metálicas iguales y aisladas. Dos de ellas (A) y (B) están neutras y la tercera (C) posee carga eléctrica Q . Se coloca (C) en contactos sucesivos con A y B. La carga final de (C) será

- A) Q
- B) $Q / 2$
- C) $Q / 3$
- D) $Q / 4$
- E) $2Q / 3$

15. En el ejercicio anterior, si juntásemos simultáneamente las tres esferas, en su estado inicial, la carga final de (C), sería

- A) Q
- B) $Q / 2$
- C) $Q / 3$
- D) $Q / 4$
- E) $Q / 9$

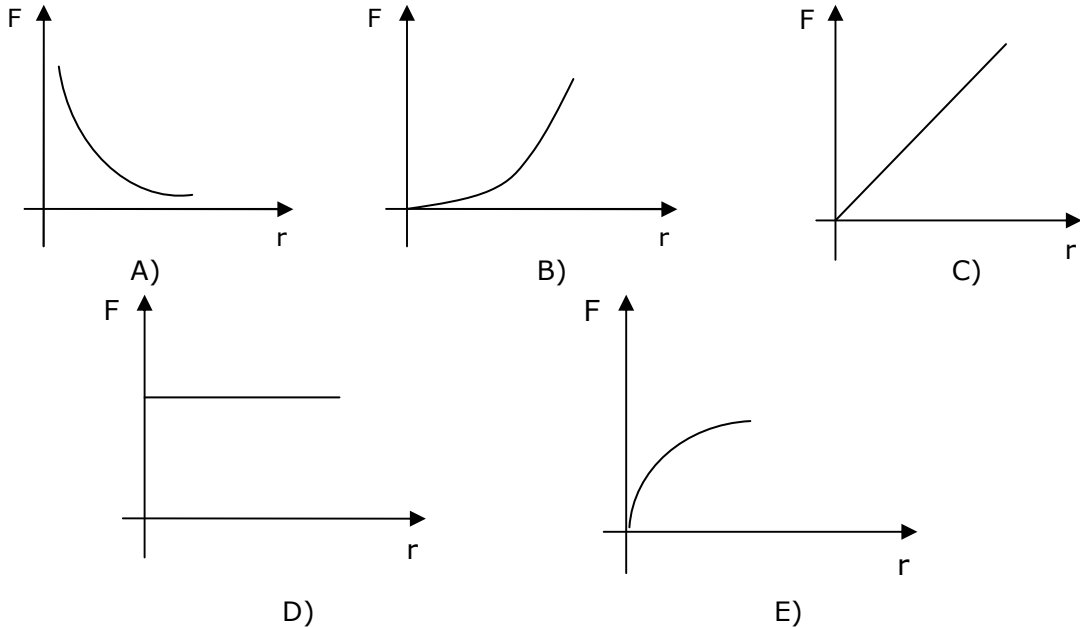
16. Se dispone de 2 esferas de cobre E_1 y E_2 con carga neta cero cada una. De la esfera E_1 se saca una cantidad de carga $+q$ y se pone en la esfera E_2 . Respecto a la carga neta final de cada una de las esferas podemos afirmar correctamente que

E_1	E_2
A) $+q$	$+q$
B) $-q$	$+q$
C) $+q$	$-q$
D) $+q$	$+q/2$
E) $-q/2$	$+q/2$

17. Dos cargas eléctricas q_1 , y q_2 se encuentran en el vacío separadas por una distancia r . En esta situación, la intensidad de la fuerza eléctrica ejercida sobre la carga q_1 , depende

- A) sólo de q_1 .
- B) sólo de q_2 .
- C) sólo de q_1 , y r .
- D) sólo de q_2 , y r .
- E) de q_1 , q_2 y r .

18. ¿Cuál es el gráfico que mejor representa la manera como varía el módulo F de la fuerza eléctrica que una carga eléctrica puntiforme ejerce sobre otra cuando sólo la distancia r entre ellas es alterada ?



19. Dos partículas, separadas entre si por una distancia r , están eléctricamente cargadas con cargas positivas q_1 y q_2 , siendo $q_1 = 2q_2$. Considere F_1 el módulo de la fuerza eléctrica ejercida por q_2 sobre q_1 y F_2 el módulo de la fuerza eléctrica de q_1 sobre q_2 . En esta situación, la fuerza eléctrica entre las partículas es de

- A) atracción, siendo $F_1 = F_2$.
- B) atracción, siendo $F_1 = 2F_2$.
- C) atracción, siendo $F_1 = F_2/2$.
- D) repulsión, siendo $F_1 = F_2$.
- E) repulsión, siendo $F_1 = 2F_2$.

20. Tres cargas puntuales de magnitudes iguales están localizadas como indica la figura 17.

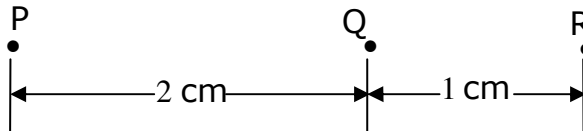


Fig. 17

El módulo de la fuerza eléctrica ejercida por R sobre Q es de $8 \cdot 10^{-5}$ N. En estas condiciones, el módulo de la fuerza eléctrica ejercida por P sobre Q es

- A) $2 \cdot 10^{-5}$ N
- B) $4 \cdot 10^{-5}$ N
- C) $8 \cdot 10^{-5}$ N
- D) $16 \cdot 10^{-5}$ N
- E) $64 \cdot 10^{-5}$ N

Solución ejemplo 1

Si el número de protones es mayor que el número de electrones, el cuerpo posee carga positiva.

Si el número de electrones es mayor que el número de protones, el cuerpo posee carga negativa.

Si el número de protones es igual al número de electrones, el cuerpo está neutro.

La alternativa correcta es A

Solución ejemplo 2

Cuando se acerca un cuerpo electrizado a un cuerpo neutro, se establece una interacción eléctrica entre las cargas del primero y las del cuerpo neutro, lo que implica una atracción entre ellos hasta que se tocan. Posteriormente adquirirán carga del mismo signo, por lo tanto finalmente se repelen.

La alternativa correcta es D

Solución ejemplo 3

Al frotar dos cuerpos neutros aislados, siempre quedarán con carga del distinto signo. El cuerpo que cede electrones, es el que finalmente queda con carga positiva.

La alternativa correcta es E

Solución ejemplo 4

Al cargar un electroscopio por contacto, con un cuerpo con carga positiva, adquirirá carga del mismo signo (positiva), por lo tanto sus láminas se repelen.

La alternativa correcta es B

Solución ejemplo 5

El módulo de las fuerzas ejercidas por dos cargas eléctricas aisladas, siempre será igual. El sentido de la fuerza lo indica el signo que posee cada una de ellas.

$$|\vec{F}_{AB}| = |\vec{F}_{BA}|$$

La alternativa correcta es C

DSIFM23

Puedes complementar los contenidos de esta guía visitando nuestra web.
<http://pedrovaldivia.cl/>