

MATERIAL: FM-27

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.

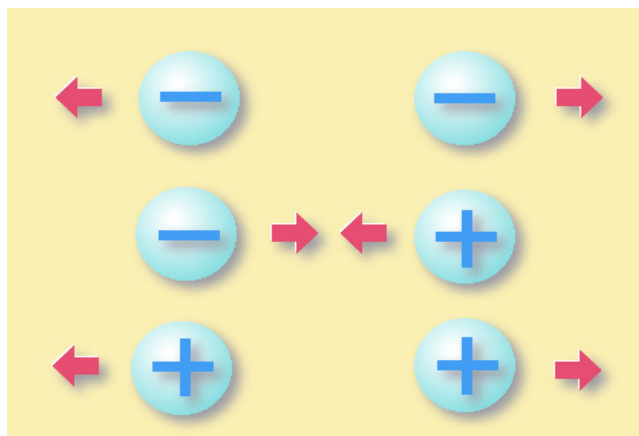


fig. 1

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 $-1,6 \times 10^{-19} \text{C}$.

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.

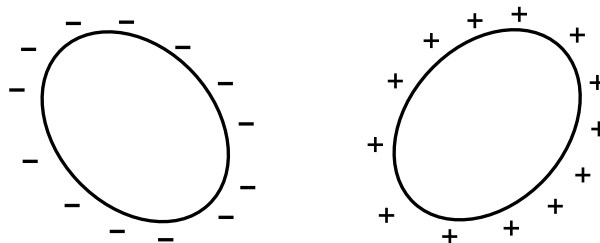


fig. 2

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

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 habrá mayor dificultad al 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.

Formas de electrizar un cuerpo

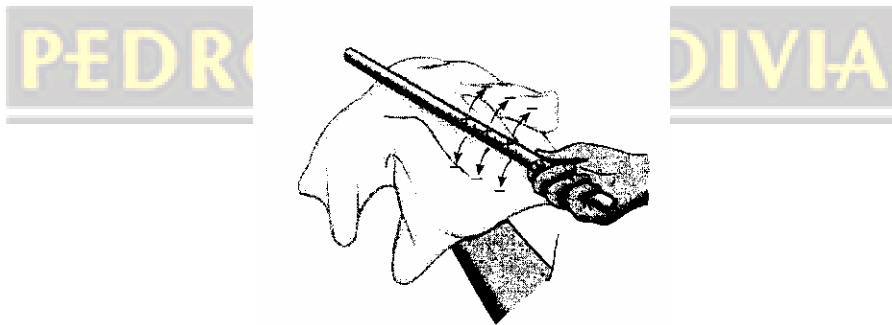
Se denomina **electrización** al efecto de ganar o perder cargas eléctricas, normalmente **electrones**, producido en un cuerpo eléctricamente neutro.

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, si estos son idénticos.

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.



Nota: se han ordenado

fig. 3

las sustancias en la llamada "**serie triboeléctrica**" en la cual al frotar dos de ellas, la que aparece antes en la serie se carga positivamente y la que aparece después se carga negativamente.

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

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.

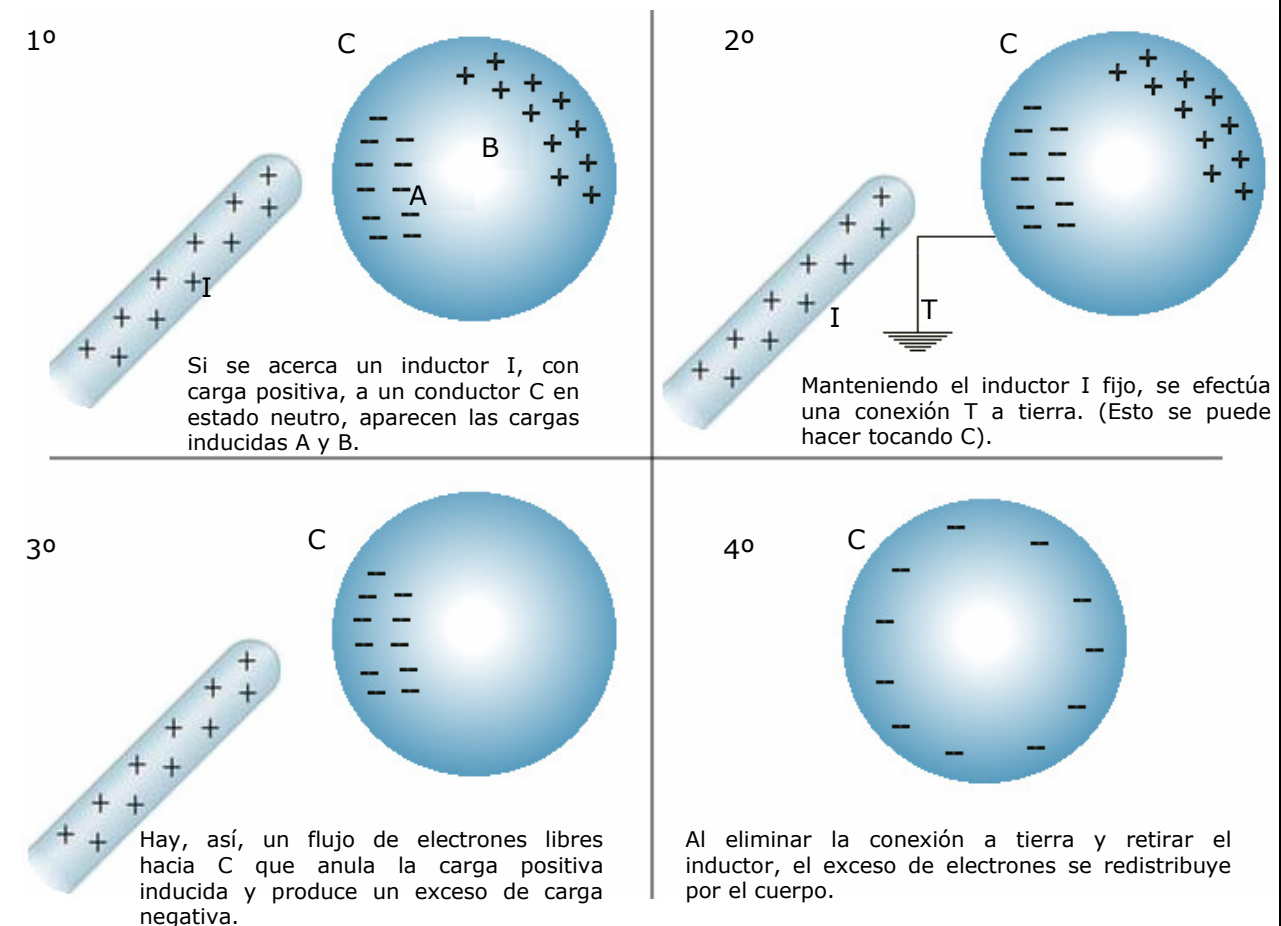


fig. 4

Electroscopio

Es un instrumento que permite determinar si un cuerpo tiene carga neta. 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.

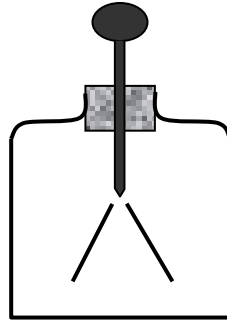


fig. 5

Al acercar 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.

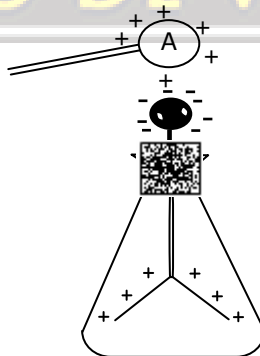


fig. 6

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.

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 tienen 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 , en la cual se modifican los valores de las cargas.

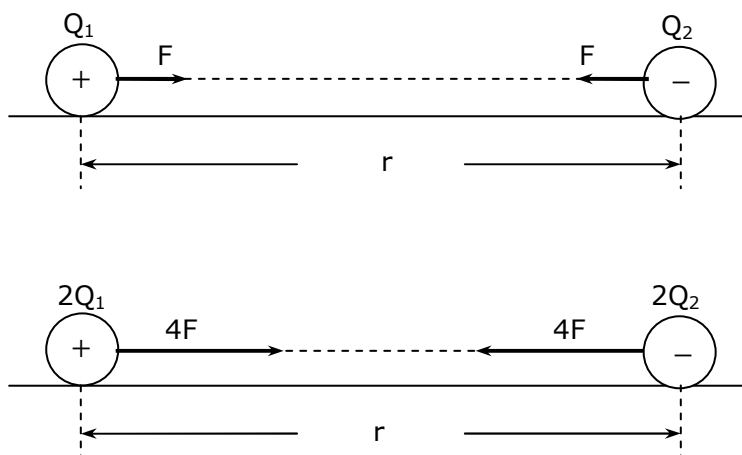


fig. 7

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

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

EJEMPLOS

1. Al tocar un cuerpo neutro A, con uno B cargado negativamente, es correcto que
 - A) ambos quedarán neutros.
 - B) del cuerpo A pasan electrones hacia el cuerpo B.
 - C) del cuerpo B pasan protones hacia el cuerpo A.
 - D) ambos quedaran con carga negativa.
 - E) ambos quedarán con carga positiva.

2. Un cuerpo A está cargado positivamente, al tocar a otro, B, con carga negativa es correcto que
 - A) ambos se neutralizarán.
 - B) pasan electrones de B a A.
 - C) pasan protones de A a B.
 - D) ambos quedan con carga negativa.
 - E) ambos quedan con carga positiva.

3. Cuando un cuerpo con carga neta positiva, toca a otro cuerpo
 - A) neutro ambos quedan con igual cantidad de carga positiva.
 - B) que tiene una carga neta menor y negativa, primero se atraen y luego se repelen.
 - C) con carga neta positiva no pasará nada entre ellos.
 - D) que está neutro, uno de ellos queda negativo y el otro neutro.
 - E) que está cargado negativamente sucederá que después de tocarse permanecen pegados.

4. Una barra con carga neta negativa se aproxima a un electroscopio de hojas con carga neta positiva, en relación a esto es correcto que

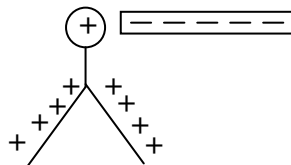


fig. 8

- A) si toca al electroscopio ambos cuerpos se neutralizarán.
- B) si no toca al electroscopio entonces las laminas de este se aproximan un poco entre sí.
- C) si toca al electroscopio las láminas quedarán con carga neta positiva y la esfera con carga neta negativa.
- D) si no toca al electroscopio las láminas se separan un poco más.
- E) si toca al electroscopio este quedará cargado negativamente y la barra con carga neta positiva.

5. Siete cargas de igual magnitud se ubican en posiciones simétricas en dos circunferencias tal como se aprecia en la figura, la carga ubicada en P es negativa y las cargas a la derecha de P son positivas mientras que las que se ubican a la izquierda son negativas. La fuerza resultante sobre la carga ubicada en P tendrá la dirección y sentido mostrado en

- A) ↓
- B) ←
- C) →
- D) ↗
- E) ↖

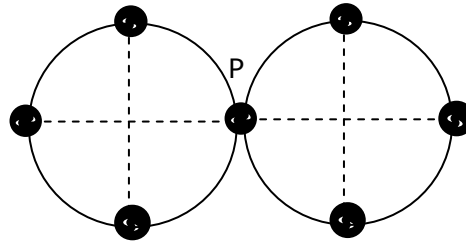


fig. 9

6. Un cuerpo neutro está conectado a Tierra y al acercarle sin tocarlo otro cuerpo con carga neta positiva y después alejarlo, hará que el cuerpo neutro

- A) quede con carga negativa.
- B) quede con carga positiva.
- C) quede con carga positiva y después neutro.
- D) quede con carga negativa y después neutro.
- E) siga igual ya que no ocurre nada al acercar un cuerpo positivo.

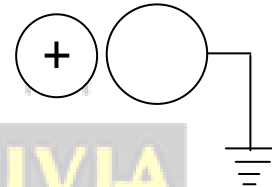
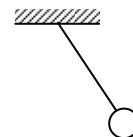
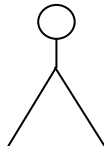


fig. 10

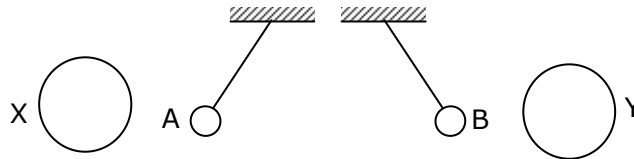
7. Se tienen dos aparatos para verificar si un cuerpo tiene carga neta o no, y son el péndulo eléctrico y el electroscopio de hojas, ambos originalmente están neutros. Se aproxima a cada uno de ellos un cuerpo K con carga neta distinta de cero, se desea saber si es posible que el péndulo y el electroscopio queden de la forma que muestra la figura cuando ya se ha alejado el cuerpo K.



- A) ambos casos son posibles, si el cuerpo K tocó al péndulo y al electroscopio.
- B) esto es posible sólo si el electroscopio fue tocado con una carga negativa y en el caso del péndulo no es posible que ocurra.
- C) ninguna de los dos es posible.
- D) si ambos cuerpos fueron tocados por K, el electroscopio puede quedar así independiente de la carga de K, pero el péndulo no es posible que quede así.
- E) ninguna de ellas.

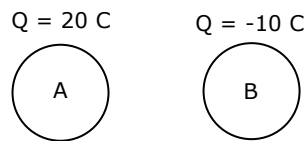
PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. Los péndulos neutros que muestra la figura están unidos al techo, mediante hilos aislantes, dos cuerpos X e Y se acercan a ellos sin tocarlos, tal como se aprecia en la figura. Para que los péndulos hayan alcanzado la posición que muestra la figura, la única que no es correcta es la que dice

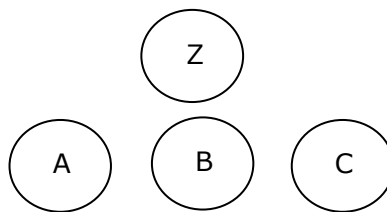


- A) X e Y ambos estén con carga negativa.
B) X esté con carga positiva e Y con carga negativa.
C) X e Y ambos estén con carga neta positiva.
D) X puede estar con carga negativa o positiva e Y puede estar con carga negativa o positiva.
E) no es posible que ocurra tal situación.
2. Respecto a los distintos tipos de materiales para conducir la electricidad es correcto afirmar que
- I) un material que es buen conductor de la electricidad es el cobre.
II) un mal conductor de la electricidad es el vidrio.
III) los materiales que son malos para la conducción de la electricidad se llaman aislantes.
- A) Sólo I.
B) Sólo II.
C) Sólo III.
D) Sólo I y II.
E) I, II y III.
3. Cuando un cuerpo con carga neta positiva es conectado a Tierra, es correcto afirmar que
- A) subirán electrones desde tierra hacia el cuerpo hasta neutralizarlo.
B) bajarán cargas positivas desde el cuerpo hacia tierra hasta quedar neutro.
C) no pasará nada así que el cuerpo seguirá con su misma carga.
D) bajarán electrones desde el cuerpo hacia tierra.
E) la Tierra quedará con carga neta positiva y el cuerpo con carga neta negativa.

4. Se tienen dos cuerpos idénticos cargados tal como se aprecia en la figura. El cuerpo A tiene carga neta de 20 C y el cuerpo B de -10 C entonces si los cuerpos se tocan y luego se separan es correcto decir que la carga neta



- A) en cada uno será la misma que tenían antes de tocarse.
 B) en cada uno será de 15 C.
 C) en A será 10 C y en B será 0 C.
 D) en cada uno de ellos será de 5 C.
 E) en A será de -10 C y en B será de 20 C.
5. Una esfera conductora cargada positivamente baja por un plano inclinado, el cual esta hecho de material aislante, al llegar abajo golpea a un cuerpo metálico neutro de mayores dimensiones que la esfera. Es correcto decir que después del choque
- A) ambos quedan cargados positivamente y con igual carga neta.
 B) uno de ellos queda negativo y el otro positivo.
 C) ambos cuerpos quedan neutros.
 D) continúan viajando juntos manteniéndose unidos.
 E) la carga neta en cada uno de ellos es positiva y de distinta magnitud de carga.
6. Un cuerpo Z con carga neta de 10 [C] toca una vez al cuerpo A y luego se aleja. Al cuerpo Z se lo vuelve a su estado inicial es decir de 10 [C] y hecho esto se usa para tocar a B dos veces y luego se aleja, a Z se lo vuelve a su estado inicial y esta vez toca a C tres veces y luego se aleja. Después de toda esta operación y considerando que inicialmente A, B y C estaban neutros y que son idénticos, es correcto afirmar que



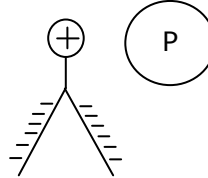
- A) la carga en C es el triple de la carga en A.
 B) la carga en A, en B y en C es de igual signo y magnitud.
 C) la carga neta en A es mayor que la carga neta en B y en C.
 D) A, B y C todos quedaron con carga neta de 10 C.
 E) la carga neta en B más la carga neta en A es igual a la carga neta en C.

7. Un cuerpo P con carga neta distinta de cero se acerca sin tocar a un electroscopio de hojas inicialmente neutro, y el electroscopio queda como lo muestra la figura positivo arriba y negativo abajo. Respecto de la situación descrita se afirma que

- I) P tiene carga negativa.
- II) al alejar P se juntan las láminas.
- III) si P tocara al electroscopio, la parte superior y la inferior de el, quedarían con igual signo de carga.

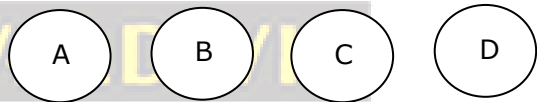
Es (son) verdadera(s)

- A) sólo I.
- B) sólo II.
- C) sólo III.
- D) sólo I, II.
- E) I, II, III.

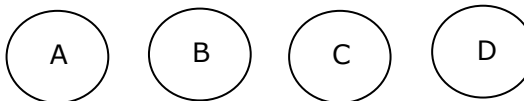


8. Hay tres esferas idénticas neutras B, C y D, además está la esfera A con carga neta -30 C , entonces si los cuatro cuerpos se tocan en forma simultánea es correcto decir que la carga neta con la que quedará

- A) B es de -15 C .
- B) A es de -15 C .
- C) C es de $-7,5\text{ C}$.
- D) D es de $-3,25\text{ C}$.
- E) cada carga será igual a cero.



9. Hay cuatro esferas idénticas, A tiene carga de -40 [C] y D tiene carga de 8 [C] y los cuerpos B y C están neutros. Si son puestas en contacto simultáneo es correcto asegurar después de esto que



- A) cada cuerpo quedará con carga neta igual a -6 C .
- B) cada cuerpo queda con carga neta igual a 12 C .
- C) todos los cuerpos quedan cargados negativamente.
- D) A y B quedan cargados negativamente, así como C y D cargados positivamente.
- E) la carga en A será mayor que la carga en B o que la carga en C.

10. Una gran esfera tiene una carga neta de 20 C y una esfera pequeña tiene una carga neta de -5 C y las esferas están cerca la una de la otra, al respecto es correcto afirmar que

- I) ambas esferas se ejercen entre sí fuerzas de igual magnitud.
- II) la esfera grande ejerce una fuerza sobre la pequeña que es el cuádruplo de la fuerza que ejerce la esfera pequeña sobre la grande.
- III) si se tocaran entre sí, se neutralizarían.

- A) Sólo I.
- B) Sólo II.
- C) Sólo III.
- D) Sólo I y III.
- E) Sólo II y III.

11. Se tienen 4 esferas idénticas A, B, C y D, inicialmente A tiene carga de 40 [C], B tiene carga de -20 [C], C tiene carga de 10 [C] y D está neutro, entonces si A toca B y luego B toca a C y finalmente C toca a D, la carga neta con la que queda

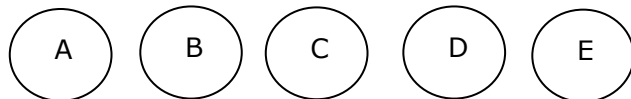
PREUNIVERSITARIO

- A) A es 20 C.
- B) B es 15 C.
- C) B es -5 C.
- D) D es -2,5 C.
- E) C es 5 C.

PEDRO DE VALDIVIA

12. Hay 5 esferas con carga neta distinta de cero, se sabe que A repele a E, B se atrae con D y que C está neutro. Se realiza lo siguiente, el cuerpo C toca a B y después de esto se observa que se atrae con E, entonces si D tiene carga positiva es correcto decir que

- A) A es negativa.
- B) B es negativa.
- C) E es negativa.
- D) C es positivo.
- E) de los cinco cuerpos 3 son negativos.



13. Con un paño de genero se frota una pedazo de vidrio, después de esto se sabe que el vidrio tocó tierra y que subieron electrones hacia el. El paño después tocó un electroscope que estaba neutro, el cual después de ser tocado se aprecia como el que se muestra en

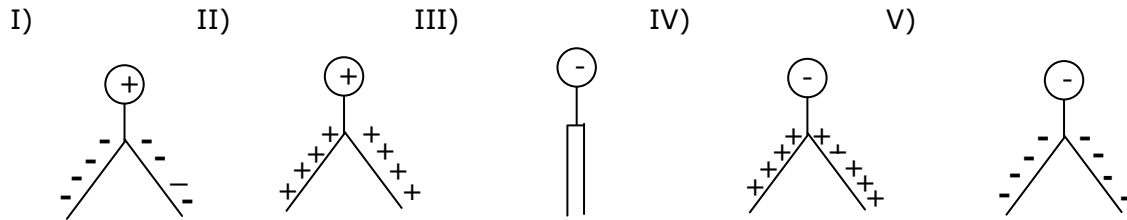


fig. 17

- A) I
 B) II
 C) III
 D) IV
 E) V

14. respecto a los cuerpos neutros y cargados es correcto asegurar que un cuerpo

- A) positivo no tiene ninguna carga negativa.
 B) neutro no tiene ninguna carga en su interior.
 C) que tiene carencia de electrones es negativo.
 D) neutro tiene igual cantidad de cargas positivas y negativas.
 E) positivo al tocar a uno neutro de igual tamaño, sucederá a veces que ambos quedarán neutros.

15. A veces un cuerpo no se encuentra en su estado neutro y respecto a esto se asegura que

- I) se llama ión anión al átomo o molécula cargada positivamente.
 II) ión es un átomo o molécula que no está neutro.
 III) se llama ión catión al átomo o molécula cargada negativamente.

Es (son) verdadera(s)

- A) sólo I.
 B) sólo II.
 C) sólo III.
 D) sólo I y II.
 E) I, II y III.

16. Un cuerpo A cargado negativamente carga a un cuerpo B por inducción, si un tercer cuerpo C es atraído por B es correcto asegurar que
- A) C está necesariamente neutro.
 - B) C está cargado necesariamente negativo.
 - C) C está cargado necesariamente positivo.
 - D) C puede estar con carga negativa o estar neutro.
 - E) ninguna de ellas es correcta.
17. Dos cargas eléctricas se atraen con una fuerza F_0 , luego se separan las cargas aumentando la distancia al doble y reduciendo cada carga a la mitad de su valor actual, entonces la fuerza que se ejercerán entre ellas ahora es
- A) F_0
 - B) $F_0/2$
 - C) $F_0/4$
 - D) $F_0/8$
 - E) $F_0/16$
18. Si se acerca un cuerpo A con carga neta distinta de cero, a un cuerpo B neutro, es correcto decir que el cuerpo neutro
- A) quedará con carga de igual signo que el de A.
 - B) quedará con carga de distinto signo que el de A.
 - C) se polarizará.
 - D) no sufrirá ningún tipo de fuerza por parte de A.
 - E) será atraído por B y el no atraerá a su vez al cuerpo A.

CLAVES DE LOS EJEMPLOS

1D 2B 3B 4B 5C 6D 7D

DMDFM-27

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