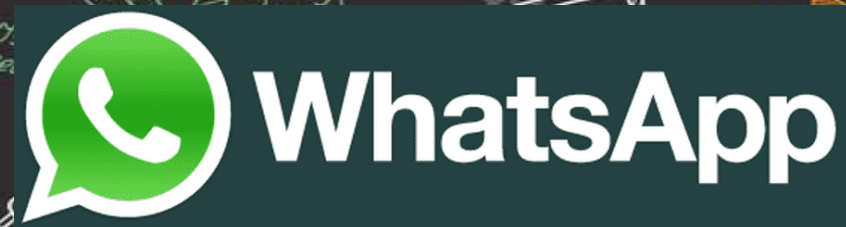
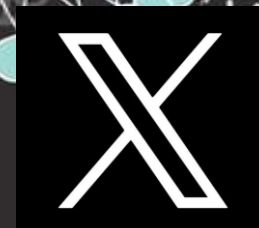
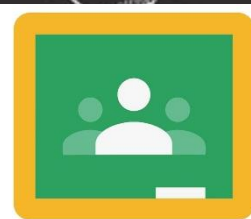


<http://fisica2.fica.unsl.edu.ar/>



<https://chat.whatsapp.com/LVXL39ZxNw51vTfspIHet8>



Google Classroom

<https://classroom.google.com/>

Código de la clase: **outf2xr**



Gmail

fisica2.fica.unsl@gmail.com

ELECTROSTÁTICA

1. LEY DE COULOMB

Se estudia la dinámica de una partícula sujeta a la interacción coulombiana y se considera la naturaleza eléctrica de la materia y su aplicación.

1. Ley de Coulomb

1.1. Introducción al electromagnetismo.

1.2. Electrización por contacto. Principios de la electrostática.

1.3. Carga eléctrica

1.3.1. Cuantificación de la carga

1.3.2. Estructura del átomo

1.3.3. Conductores y aisladores

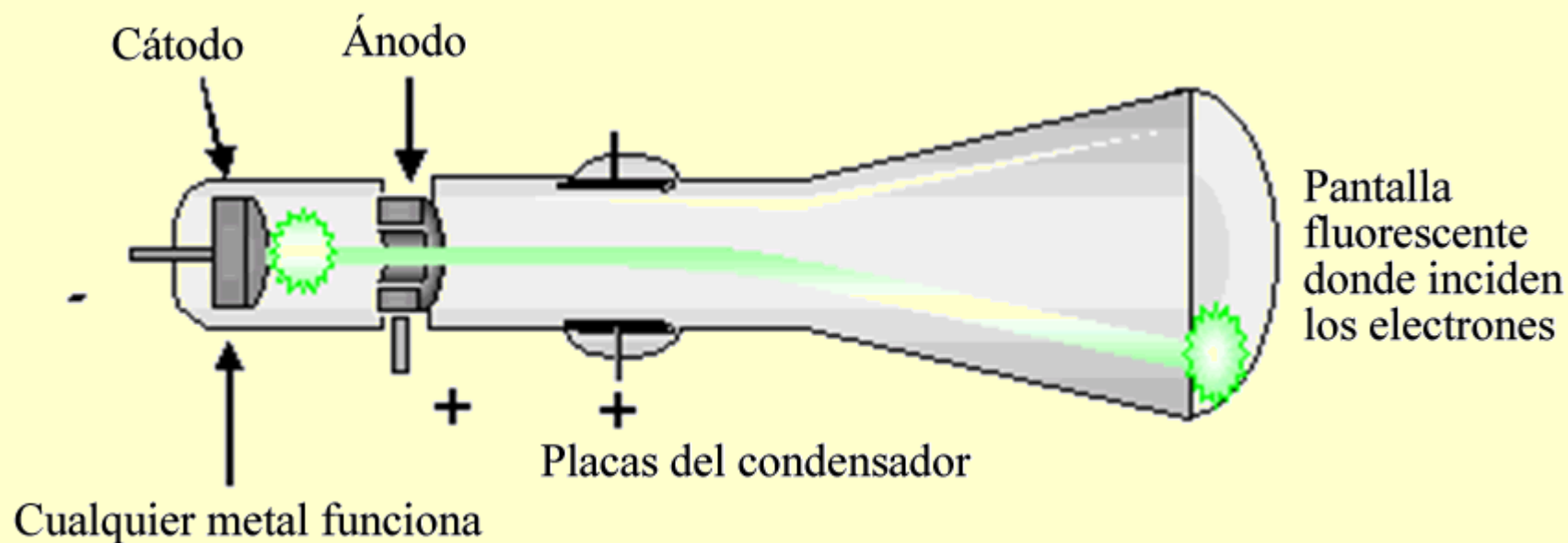
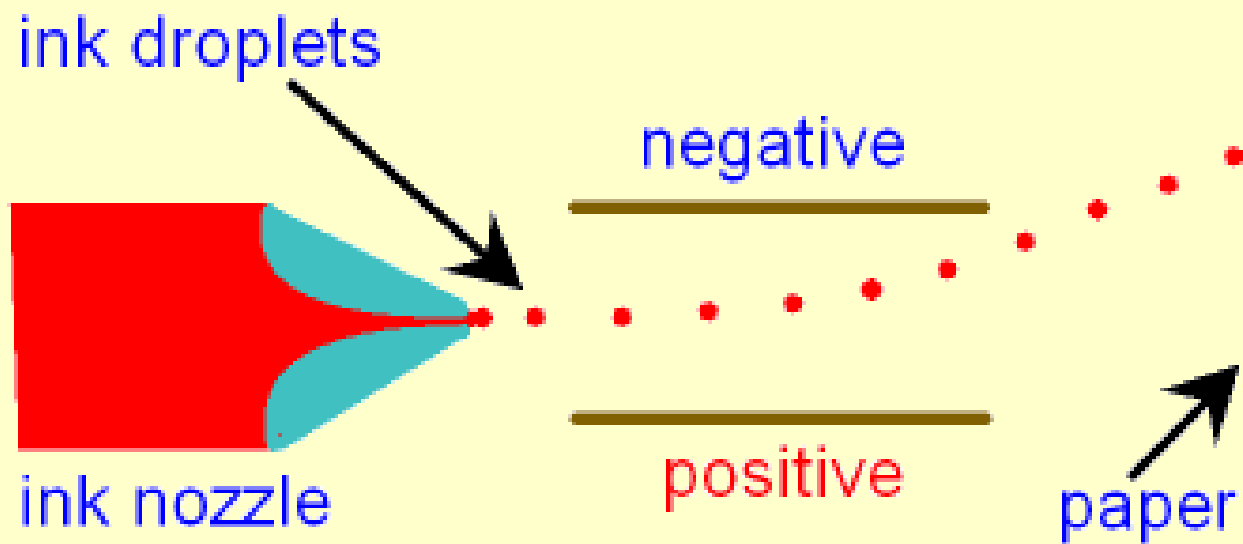
1.3.4. Carga inducida

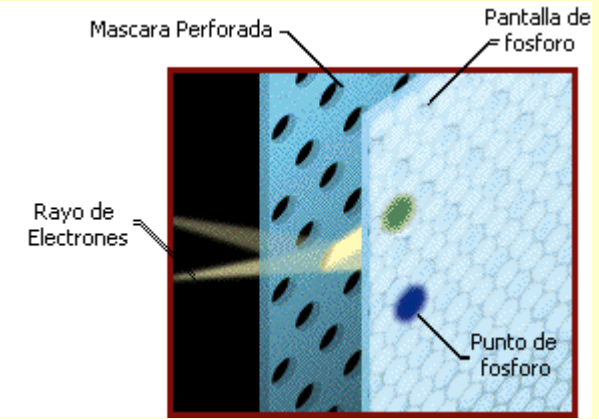
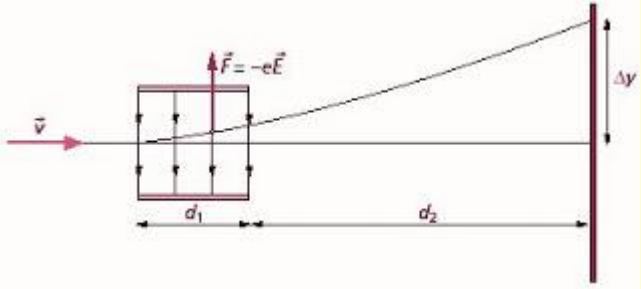
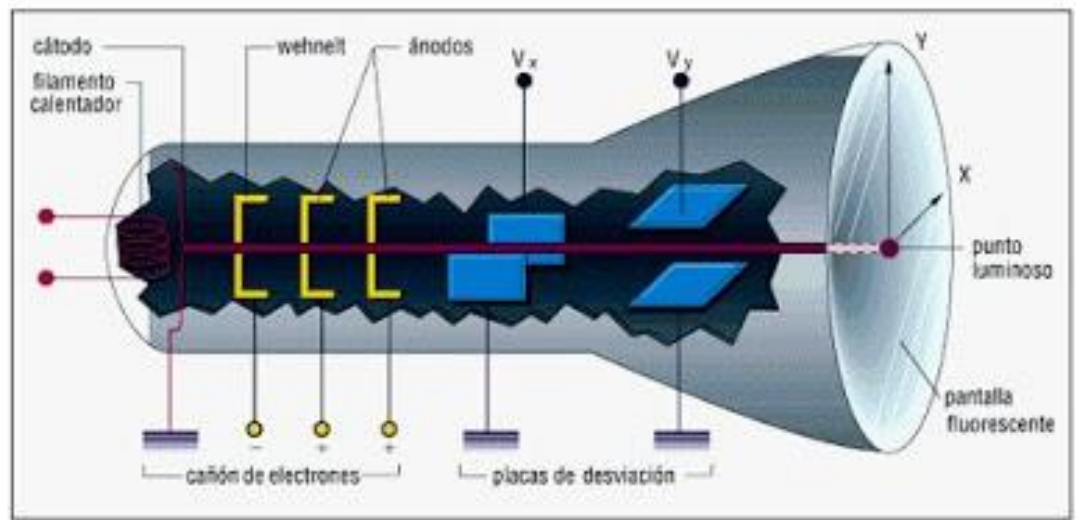
1.4. Ley de Coulomb

1.4.1. Unidades

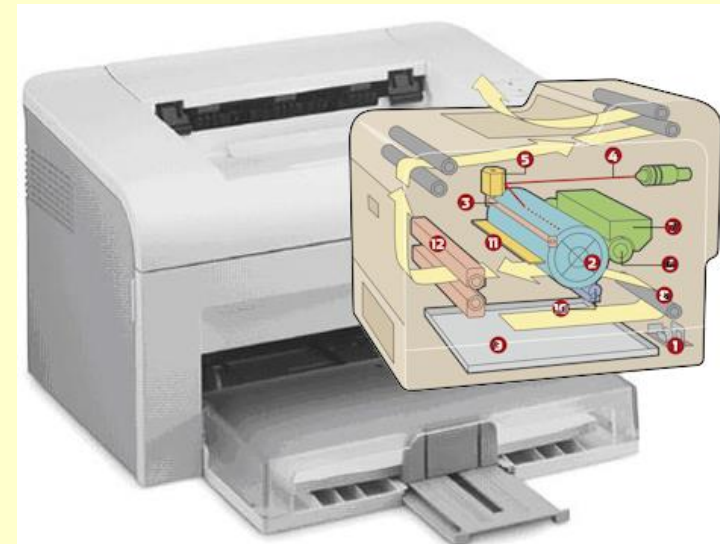
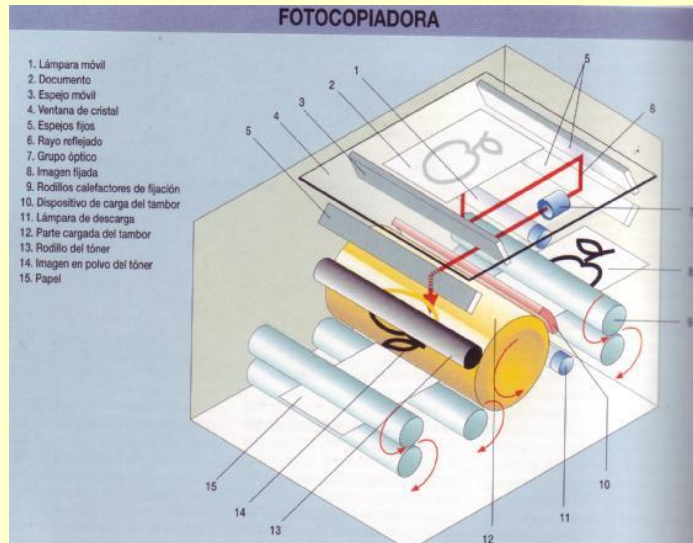
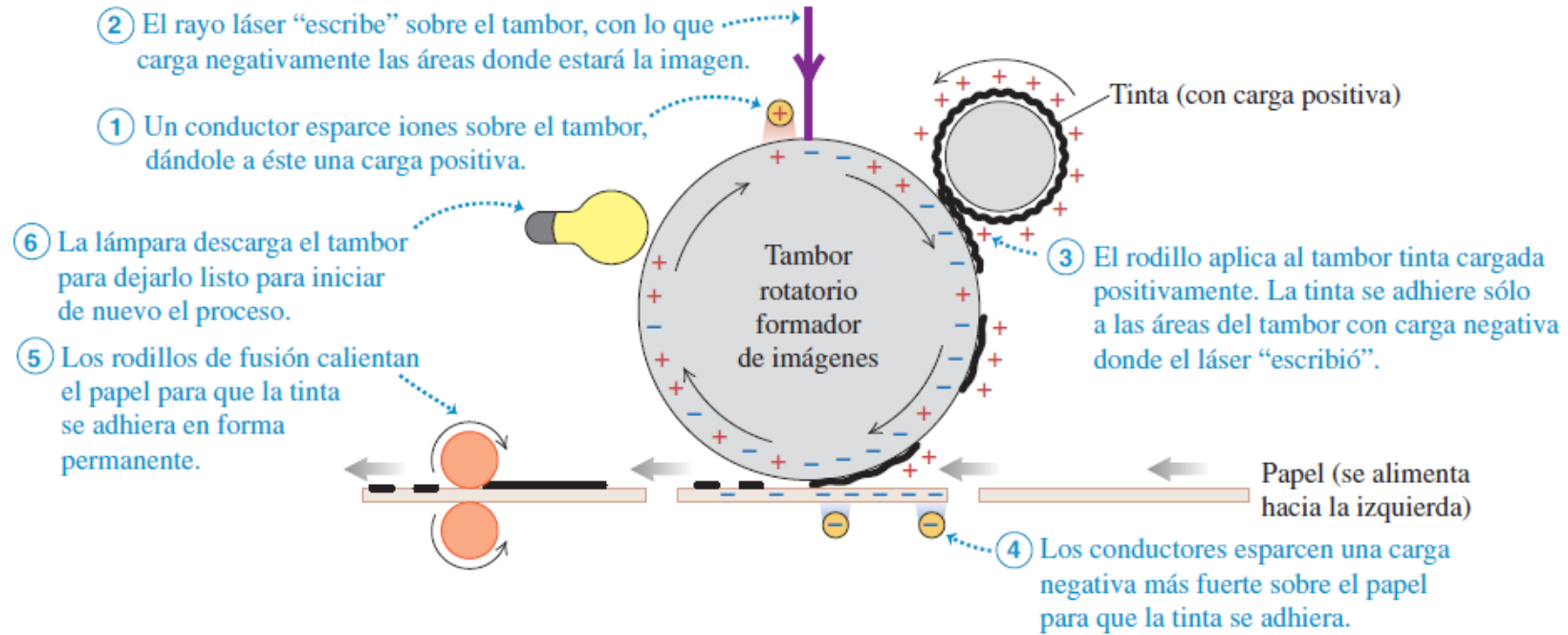
1.4.2. Expresión vectorial de la Ley de Coulomb

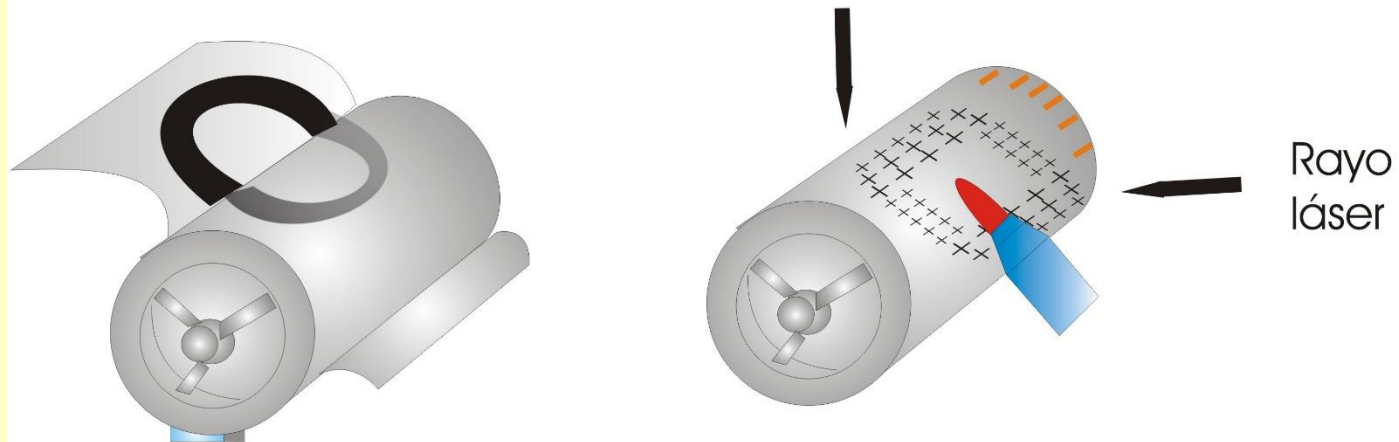
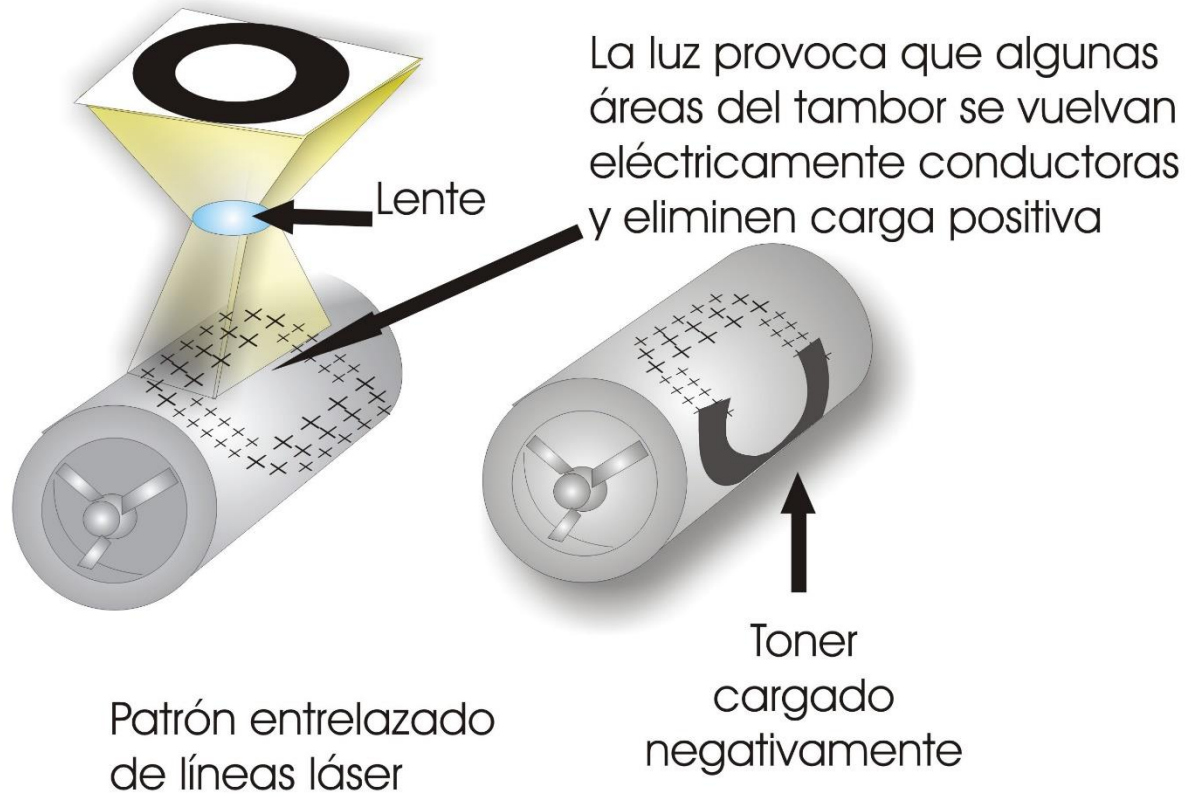
1.5. Ejemplos y aplicaciones



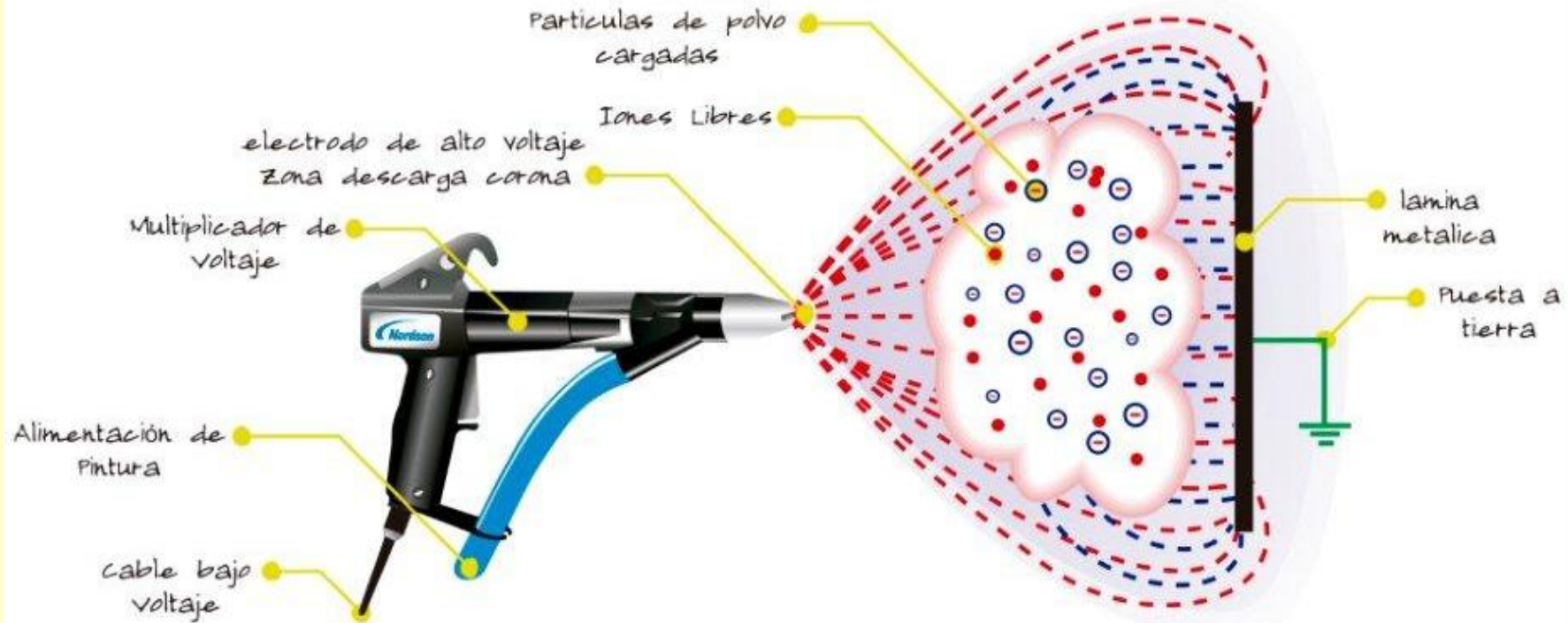
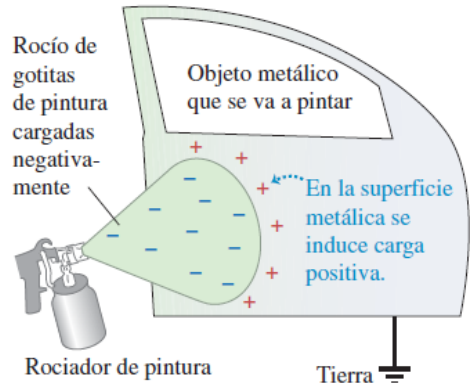


21.2 Esquema de la operación de una impresora láser.





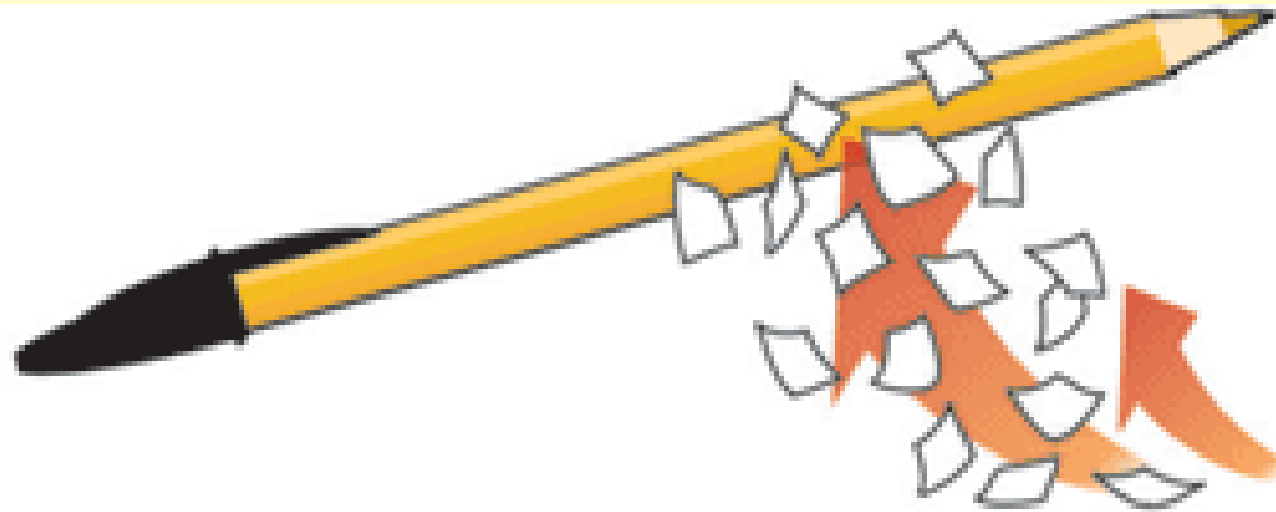
21.9 Proceso de pintado electrostático (compárelo con las figuras 21.7b y 21.7c).







El bolígrafo se electriza



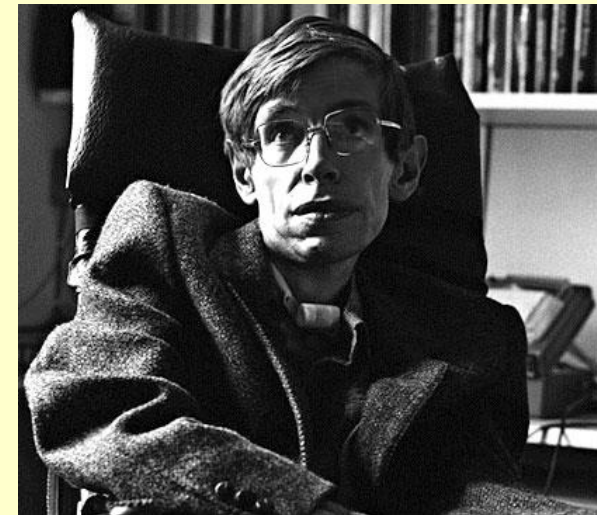
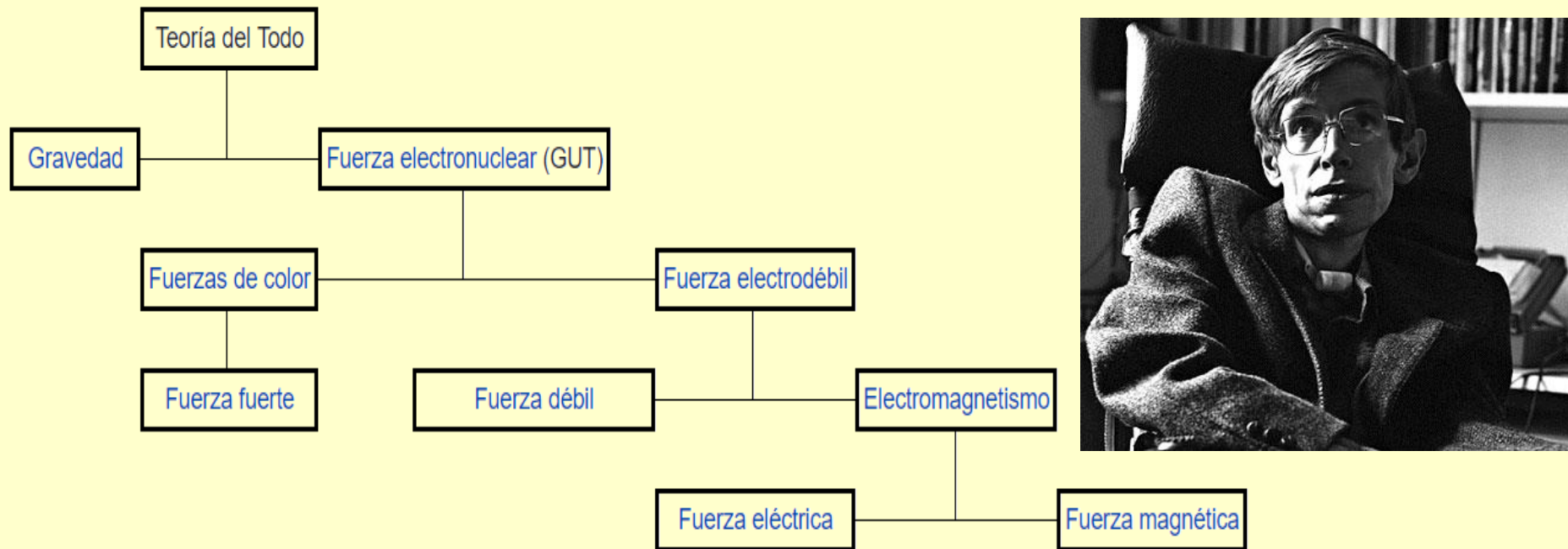
El bolígrafo atrae a los papelitos

Fuerzas Fundamentales

Se llaman **fuerzas fundamentales** a cada una de las interacciones que quede sufrir la materia y que no pueden descomponerse en interacciones más básicas.

En la Física Moderna se consideran cuatro campos de fuerzas como origen de todas las **interacciones fundamentales**:

- 1) [Interacción electromagnética](#)
- 2) [Interacción nuclear débil](#)
- 3) [Interacción nuclear fuerte](#)
- 4) [Interacción gravitatoria](#) o [Gravitación](#)



Interacciones fundamentales. Se expresó que se denominan fuerzas fundamentales a cada una de las interacciones que quede sufrir la materia y que no pueden descomponerse en interacciones más básicas. En la Física Moderna se consideran cuatro campos de fuerzas como origen de todas las interacciones fundamentales: Interacción electromagnética, Interacción nuclear débil, Interacción nuclear fuerte e Interacción gravitatoria o Gravitación.

La Teoría del Todo (o ToE por sus siglas en inglés, Theory of Everything) es una teoría hipotética de la física teórica que explica y conecta en una sola todos los fenómenos físicos conocidos. (ver Esquema Teoría del Todo).

Al respecto, se hace referencia a la película "La Teoría del Todo" (The Theory of Everything originalmente en inglés), que es una película biográfica de drama y romance británica-estadounidense de 2014, sobre la vida del célebre científico inglés Stephen Hawking. En el 2018, falleció a la edad 76 años, cuando se encontraba en su residencia de Cambridge, en Reino Unido.

Se puede consultar su Biografía en <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hawking.htm> o ver la película "La Teoría del Todo" (The Theory of Everything)

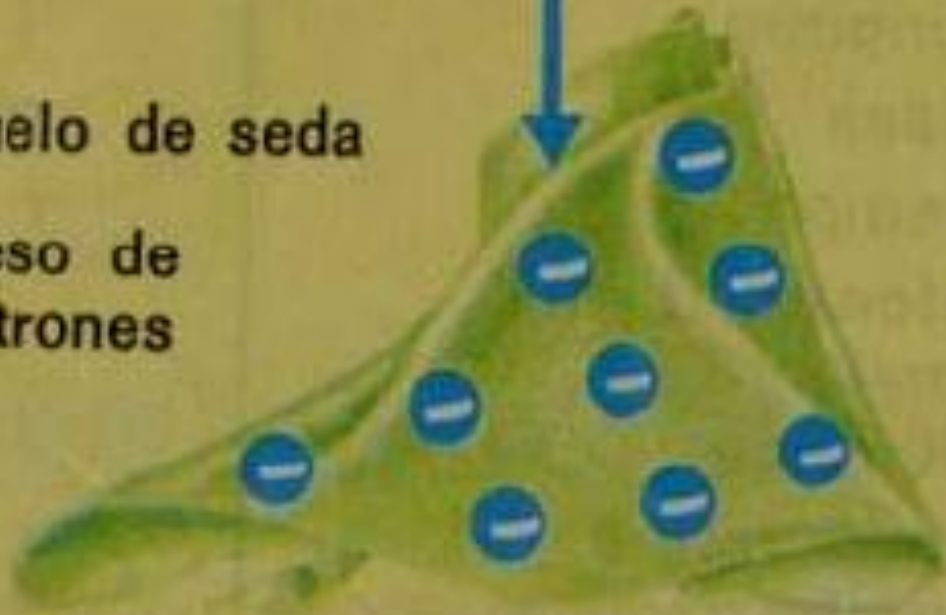
Varilla de vidrio



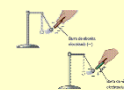
Defecto de electrones

Pañuelo de seda

Exceso de electrones



©1999 Science Joy Wagon



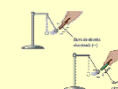
Varilla de ámbar



Exceso de electrones

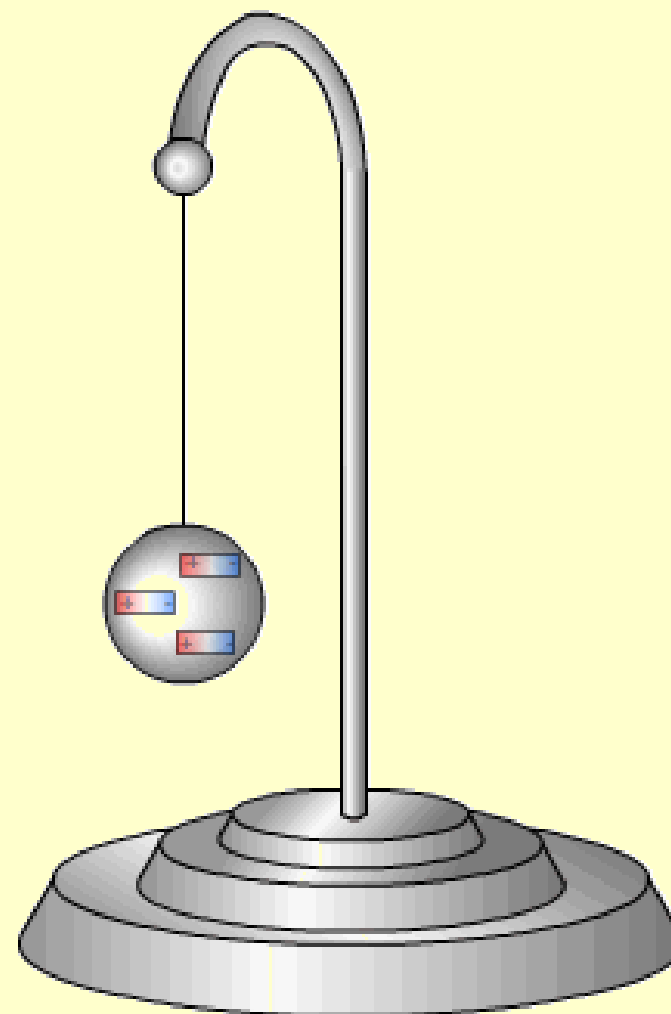
Paño de lana o piel

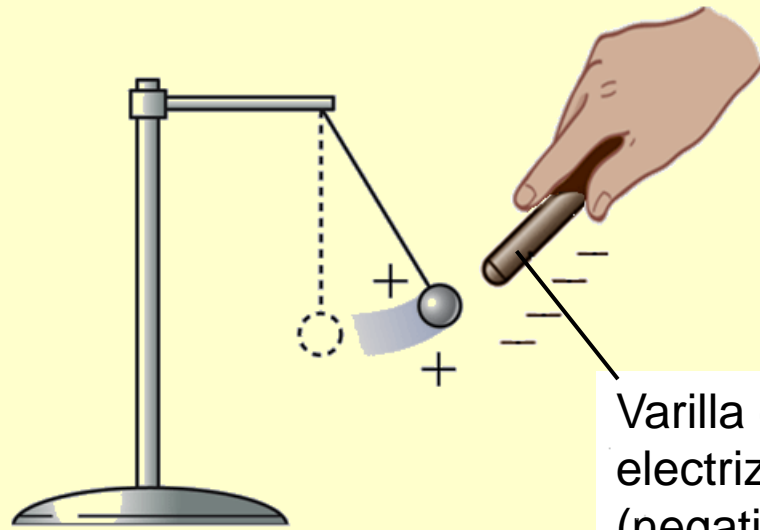
Defecto de electrones



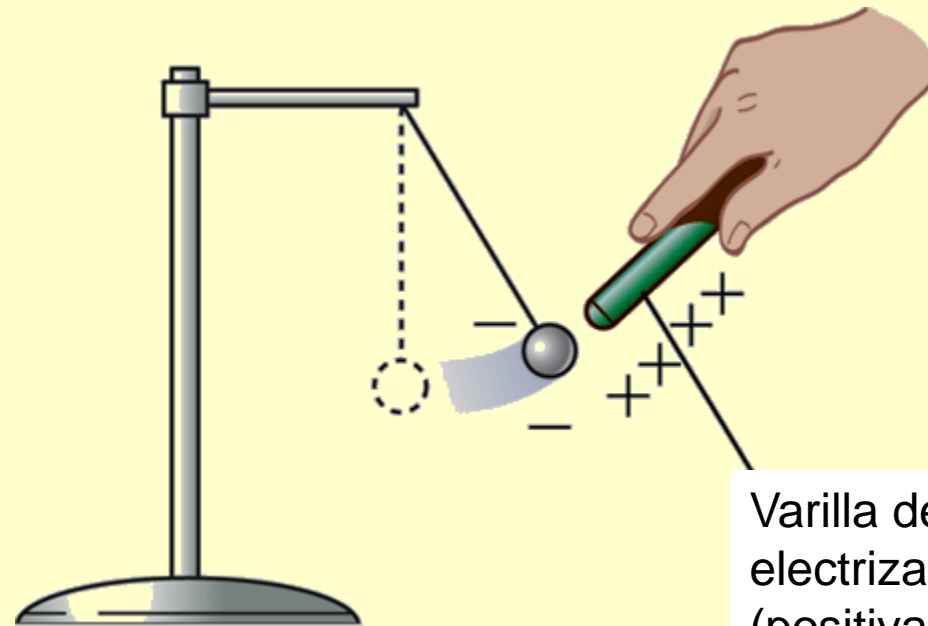
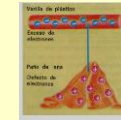


Barra de ebonita
cargada

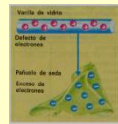




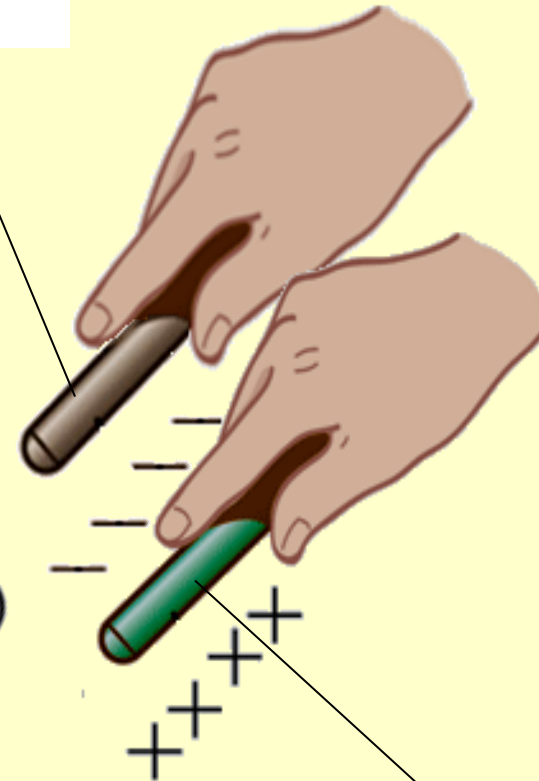
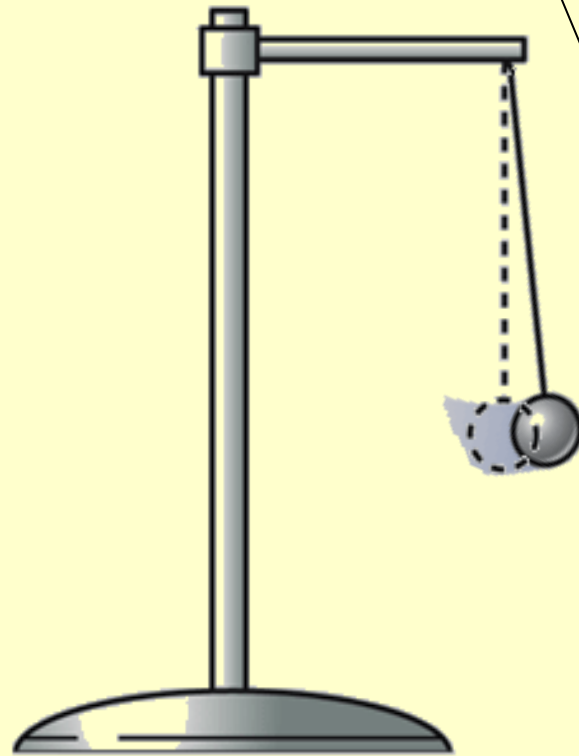
Varilla de ámbar
electrizada
(negativa)



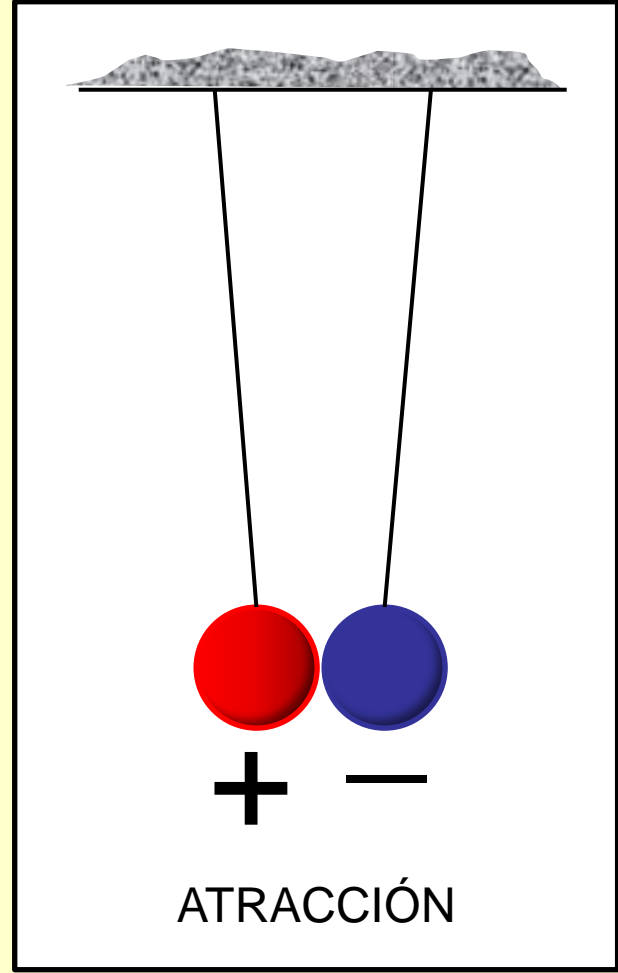
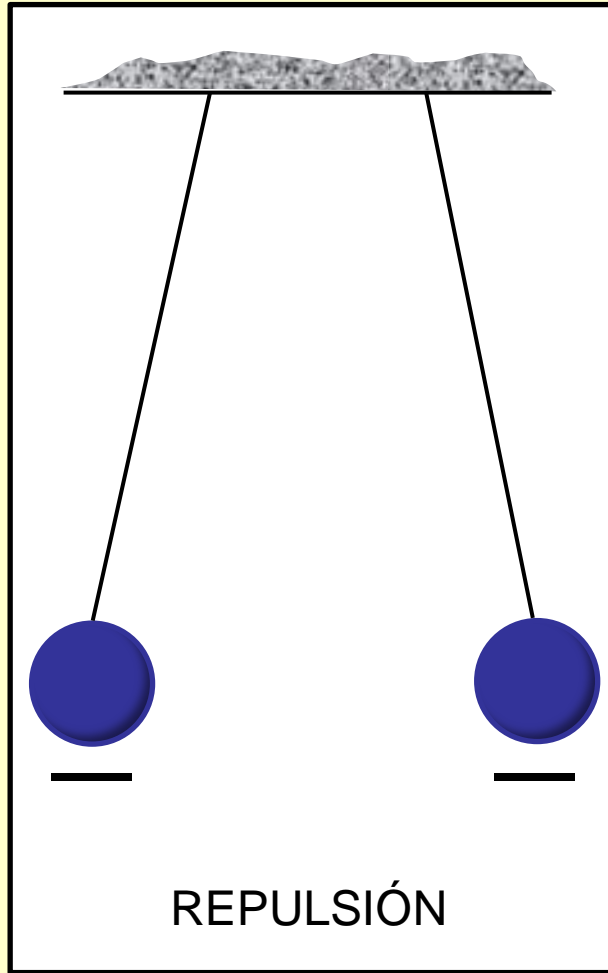
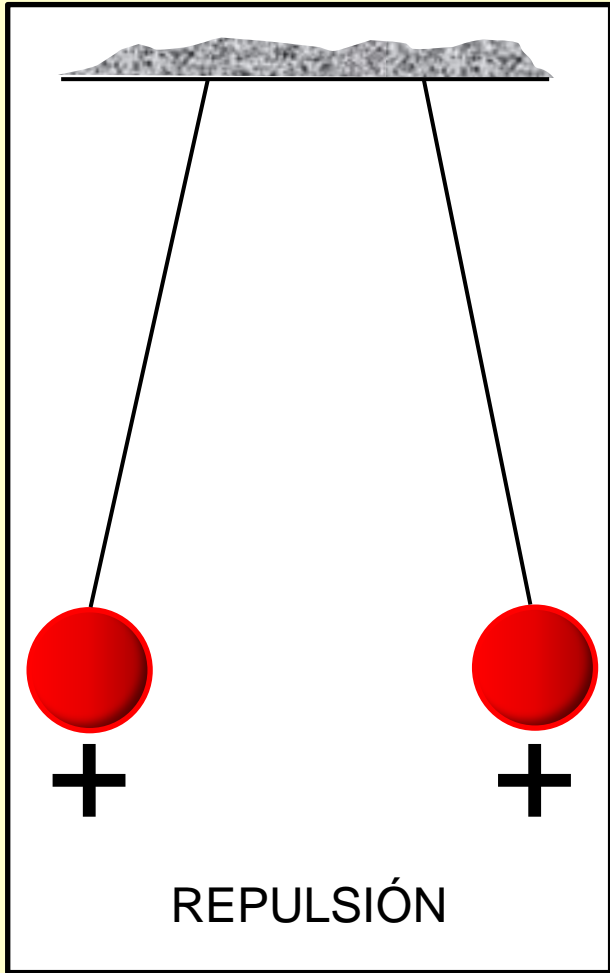
Varilla de vidrio
electrizada
(positiva)



Varilla de ámbar
electrizada
(negativa)



Varilla de vidrio
electrizada
(positiva)

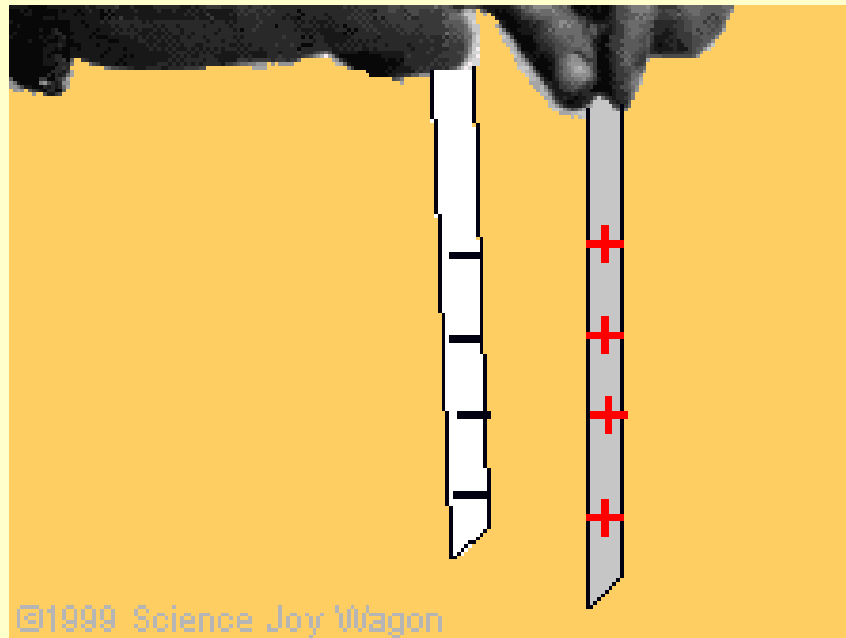




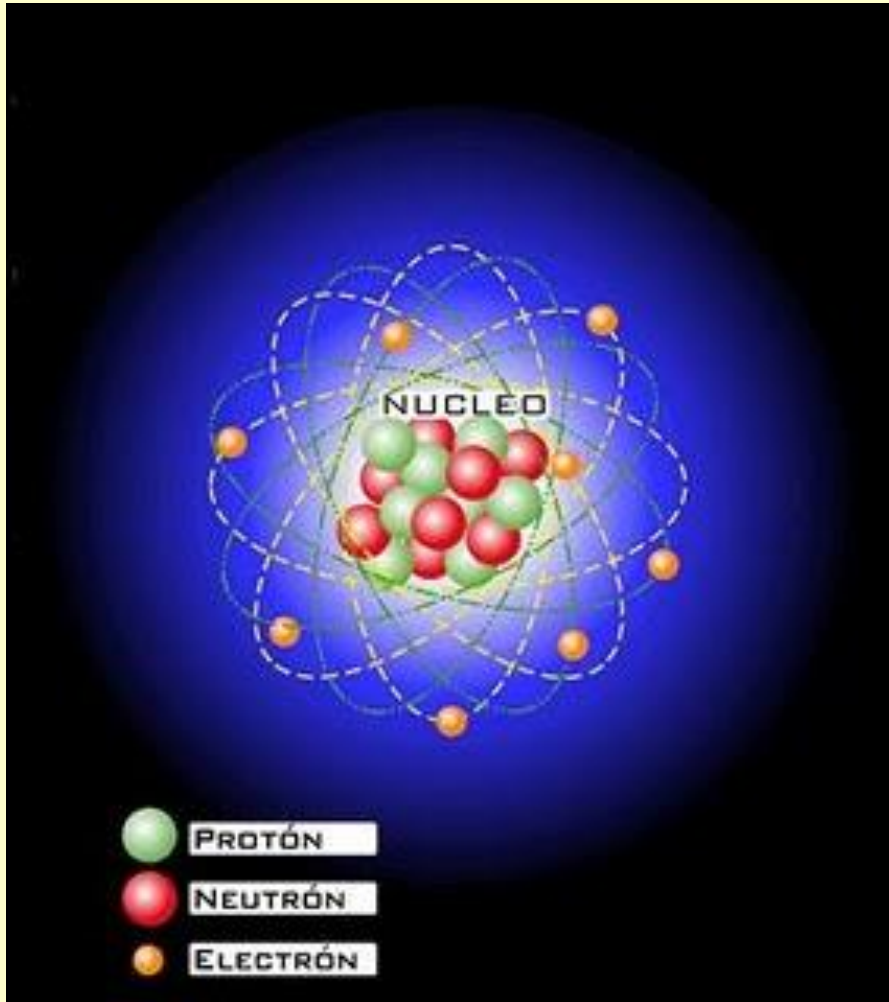
©1999 Science Joy Wagon



©1999 Science Joy Wagon



©1999 Science Joy Wagon



Todos los cuerpos están formados por esas estructuras básicas que llamamos **átomos**.

Los átomos están formados a su vez por **protones positivos**, **electrones negativos** y unas partículas neutras llamadas **neutrones**.

Protones y **neutrones** se encuentran en el **núcleo**. Los **electrones** giran alrededor de ese núcleo.

Carga y masa de electrones, protones y neutrones

Partícula	Carga (C)	Masa (kg)
Electrón (e)	$- 1,6021917 \times 10^{-19}$	$9,1095 \times 10^{-31}$
Protón (p)	$+ 1,6021917 \times 10^{-19}$	$1,67261 \times 10^{-27}$
Neutrón (n)	0	$1,67261 \times 10^{-27}$

En los materiales sólidos los átomos ocupan posiciones fijas.

Si bien cada átomo mantiene su lugar dentro del material, los **electrones** más **externos** de cada uno de ellos se mueven con más o menos libertad.

En algunos materiales, llamados **conductores**, los electrones pueden desplazarse libremente en la red de átomos.

En otros, denominados **aislantes**, los electrones tienen restringida esa libertad de movimiento (no permite el paso de la corriente eléctrica).

Los **metales** son buenos **conductores**

Algunos **elementos no metálicos** y materiales como el **vidrio**, la **madera** o el **caucho**, son **aislantes**.

Cuando se agregan cargas a un cuerpo hecho de material **conductor**, estas se **distribuyen uniformemente** en todo el cuerpo.

Cuando se agregan cargas a un **aislante**, estas quedan **localizadas en un lugar** (a pesar de rechazarse unos a otros, los electrones no pueden desplazarse a otras zonas del cuerpo).

Diferencias clave entre dieléctrico y aislante

1.El material que almacena la energía eléctrica en un campo eléctrico se conoce como material dieléctrico, mientras que el material que bloquea el flujo de electrones se conoce como aislantes.

2.El material dieléctrico se polariza en presencia de campo eléctrico, mientras que los aislantes no se polarizan.

Nota: La polarización es la propiedad del material en el que las cargas positivas y negativas se mueven en dirección opuesta.

3.Las moléculas del material dieléctrico están unidas débilmente, mientras que las moléculas de los aisladores están fuertemente unidas entre sí en comparación con el dieléctrico.

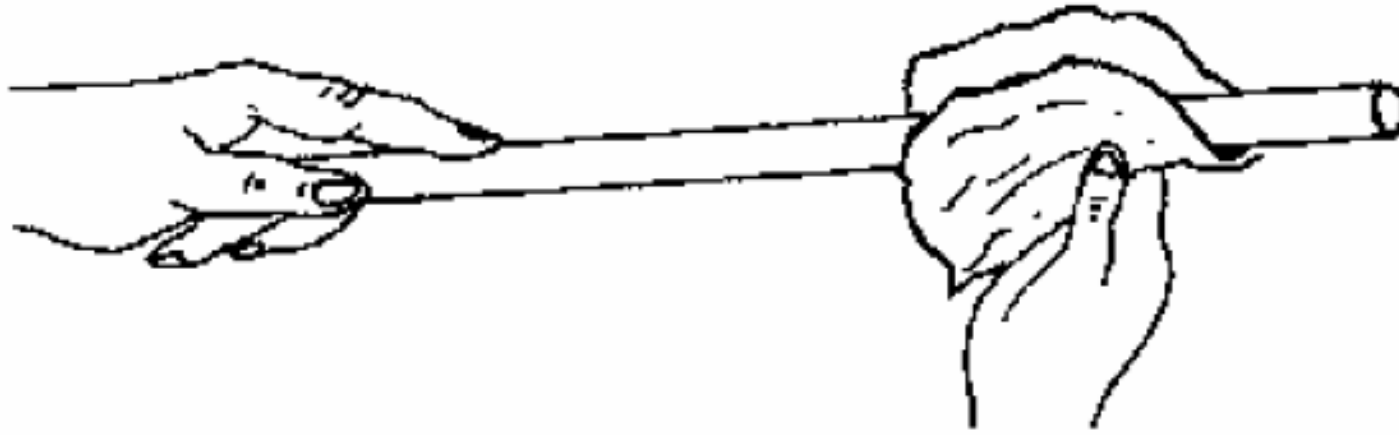
4.El material dieléctrico tiene una constante dieléctrica alta, mientras que el aislante tiene una constante dieléctrica baja. La constante dieléctrica mide la capacidad de almacenamiento del material.

5.El material dieléctrico almacena las cargas eléctricas, mientras que el aislante bloquea las cargas eléctricas.

6.El aire seco, el vacío y el agua destilada son ejemplos de dieléctricos, mientras que el algodón, el plástico y el caucho son algunos ejemplos de aislantes.

7.La aplicación más común de un dieléctrico es un capacitor, y los aisladores se usan en los alambres y cables conductores.

Casi todos los aislantes se comportan como dieléctricos, pero no todos los dieléctricos son como aislantes.



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.

El vidrio adquiere una carga eléctrica positiva al perder un determinado número de cargas negativas (electrones); estas cargas negativas son atraídas por la seda, con lo cual se satura de cargas negativas. Al quedar cargados eléctricamente ambos cuerpos, ejercen una influencia eléctrica en una zona determinada que depende de la cantidad de carga ganada o perdida, dicha zona se llama campo eléctrico.

Varilla de vidrio

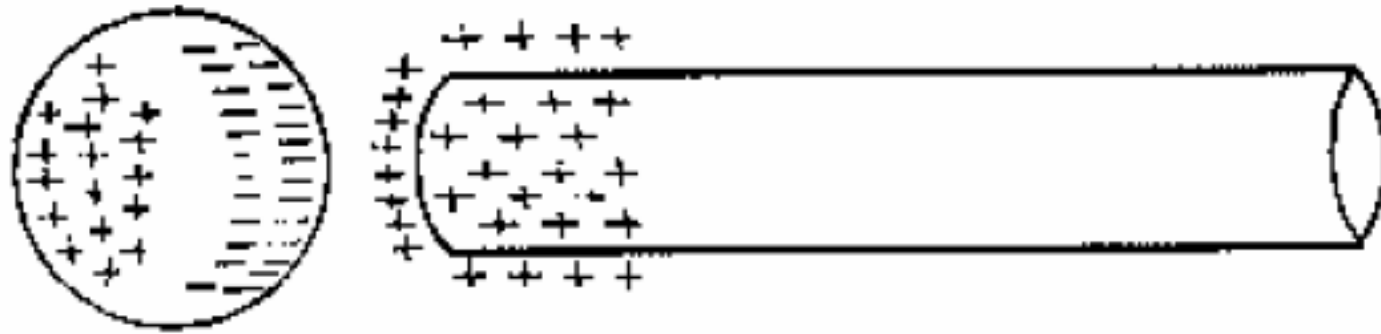


Defecto de
electrones

Pañuelo de seda

Exceso de
electrones

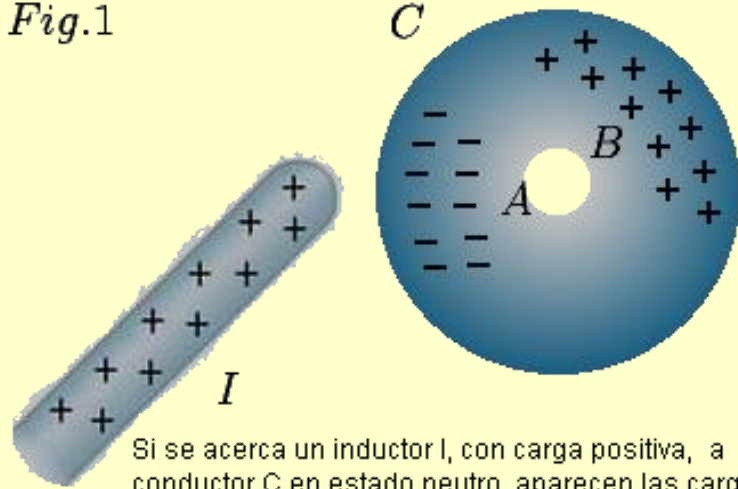




Electrización por inducción

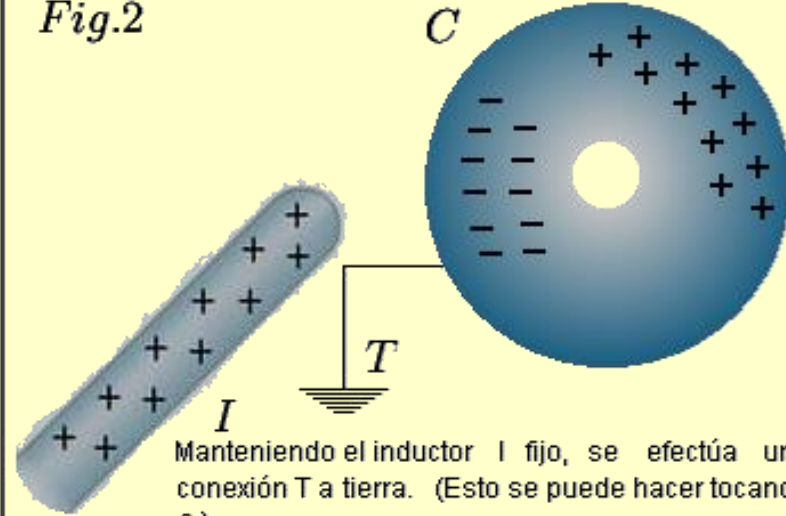
La inducción es un proceso de carga de un objeto sin contacto directo. Cuando se acerca un cuerpo electrizado a un cuerpo neutro, se establece una interacción eléctrica entre las cargas del primero y las del cuerpo neutro. Como resultado de esta interacción, la distribución inicial se altera: el cuerpo 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.

Fig.1



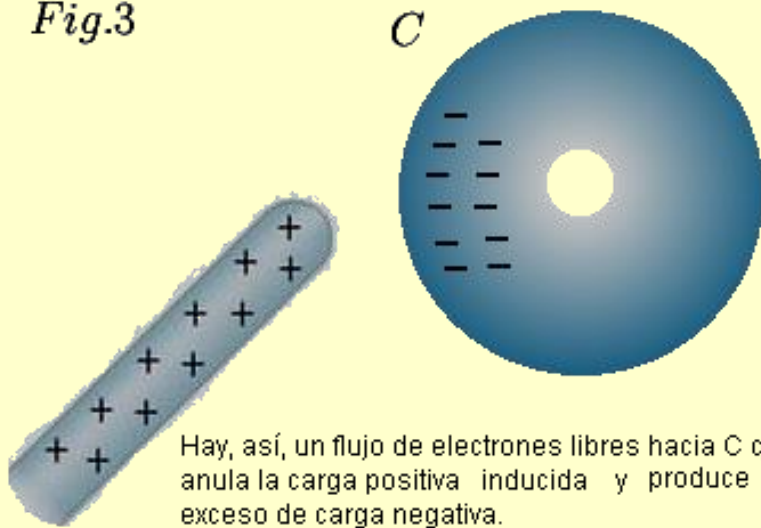
Si se acerca un inductor I , con carga positiva, a un conductor C en estado neutro, aparecen las cargas inducidas A y B .

Fig.2



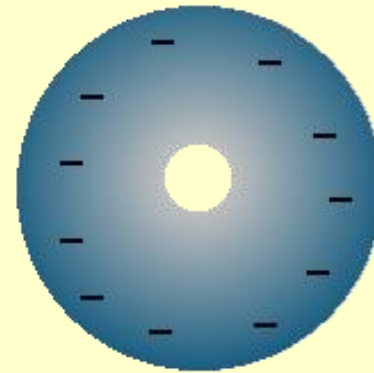
Manteniendo el inductor I fijo, se efectúa una conexión T a tierra. (Esto se puede hacer tocando C).

Fig.3

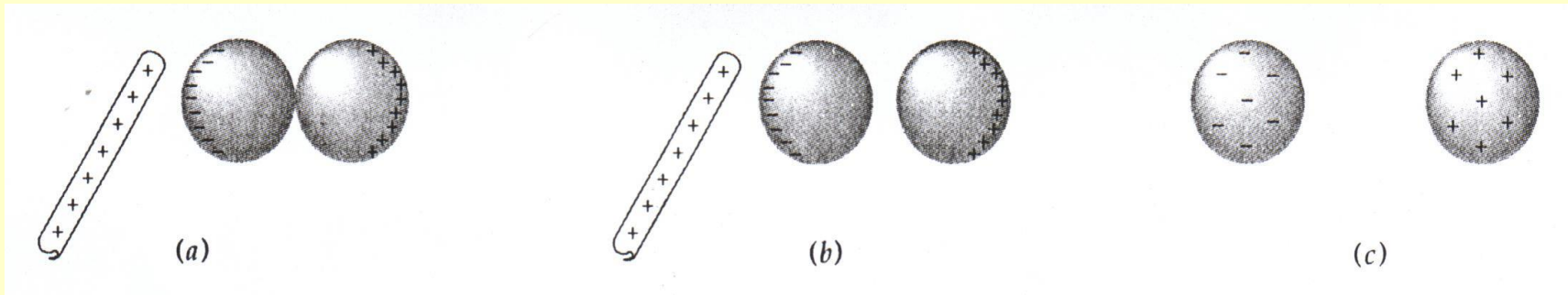
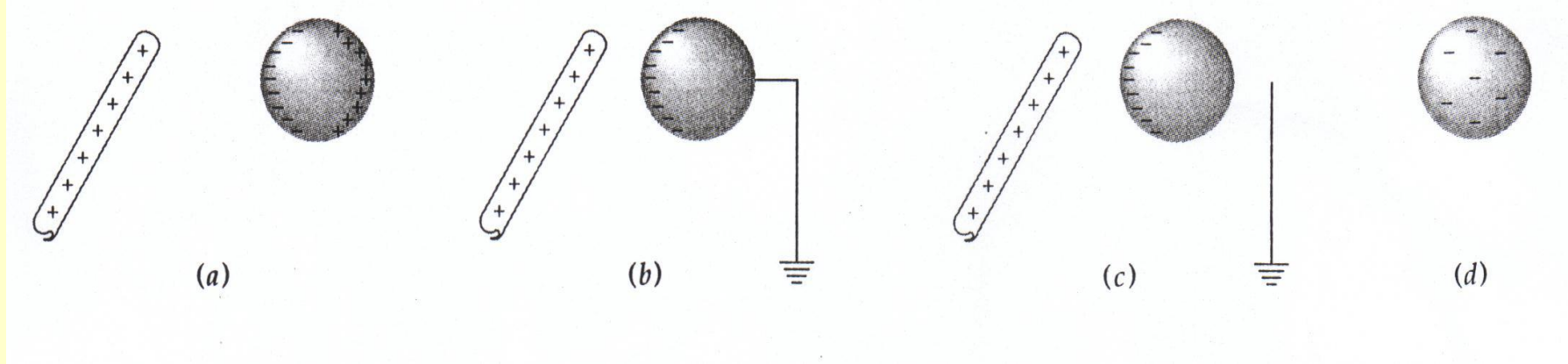


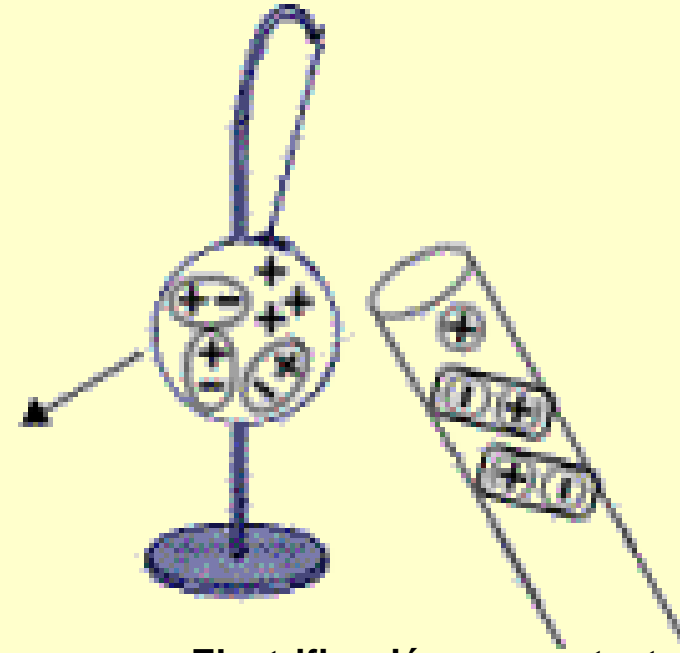
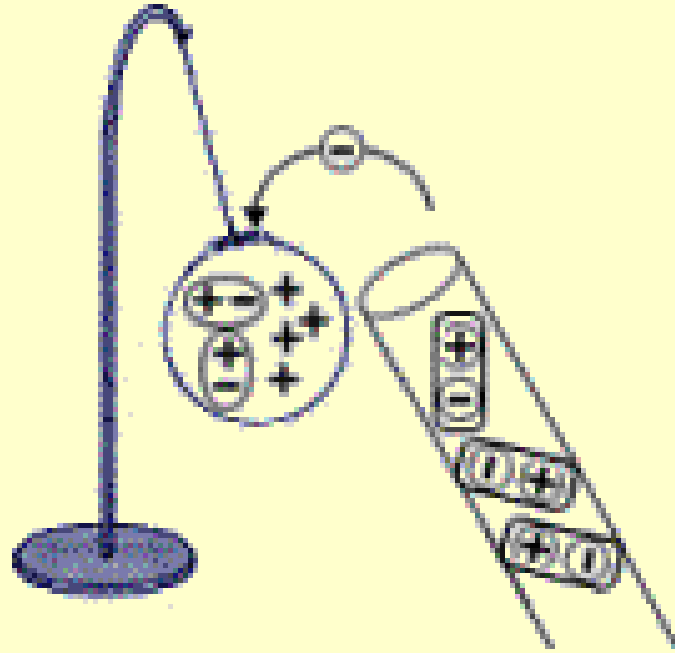
Hay, así, un flujo de electrones libres hacia C que anula la carga positiva inducida y produce un exceso de carga negativa.

Fig.4



Al eliminar la conexión a tierra y retirar el inductor, el exceso de electrones se redistribuye por el cuerpo.



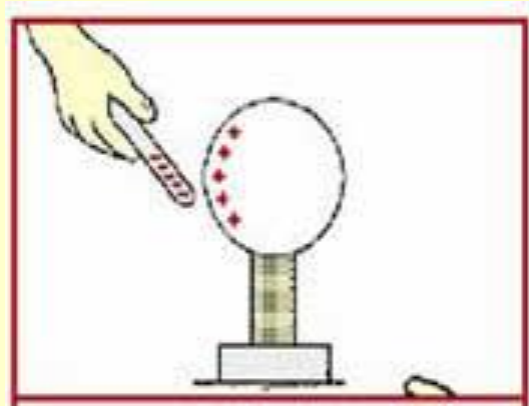


Electrificación por contacto

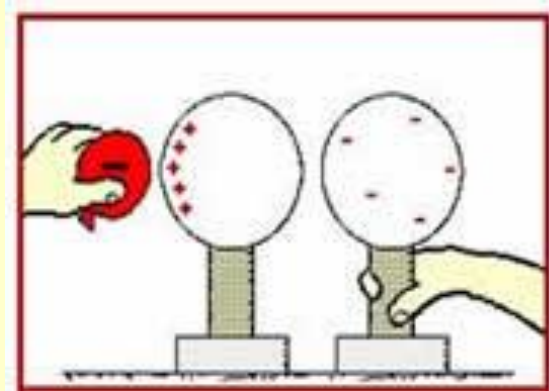
Se puede cargar un cuerpo neutro con sólo tocarlo con otro previamente cargado. En este caso, ambos quedan con el mismo tipo de carga, es decir, si se toca un cuerpo neutro con otro con carga positiva, el primero debe quedar con carga positiva.

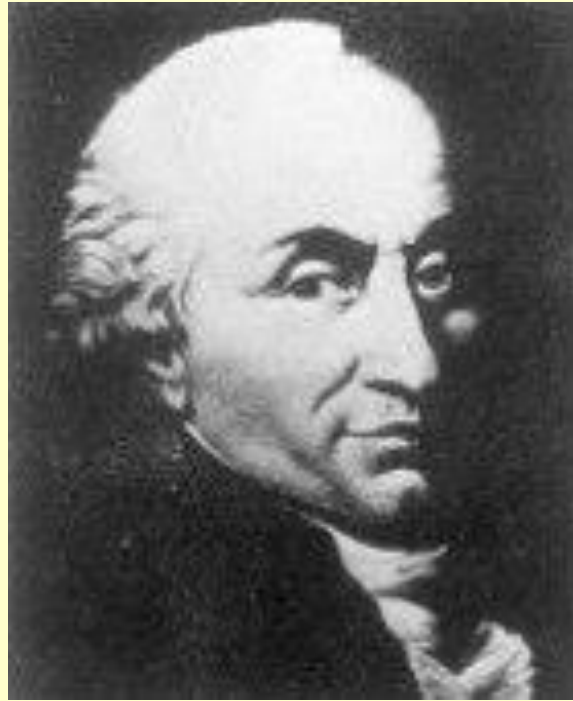
Esto se debe a que habrá transferencia de electrones libres desde el cuerpo que los posea en mayor cantidad hacia el que los contenga en menor proporción y manteniéndose este flujo hasta que la magnitud de la carga sea la misma en ambos cuerpos.

<http://www.physicsclassroom.com/mmedia/estatics/isop.html>



<http://www.physicsclassroom.com/mmedia/estatics/itsn.html>

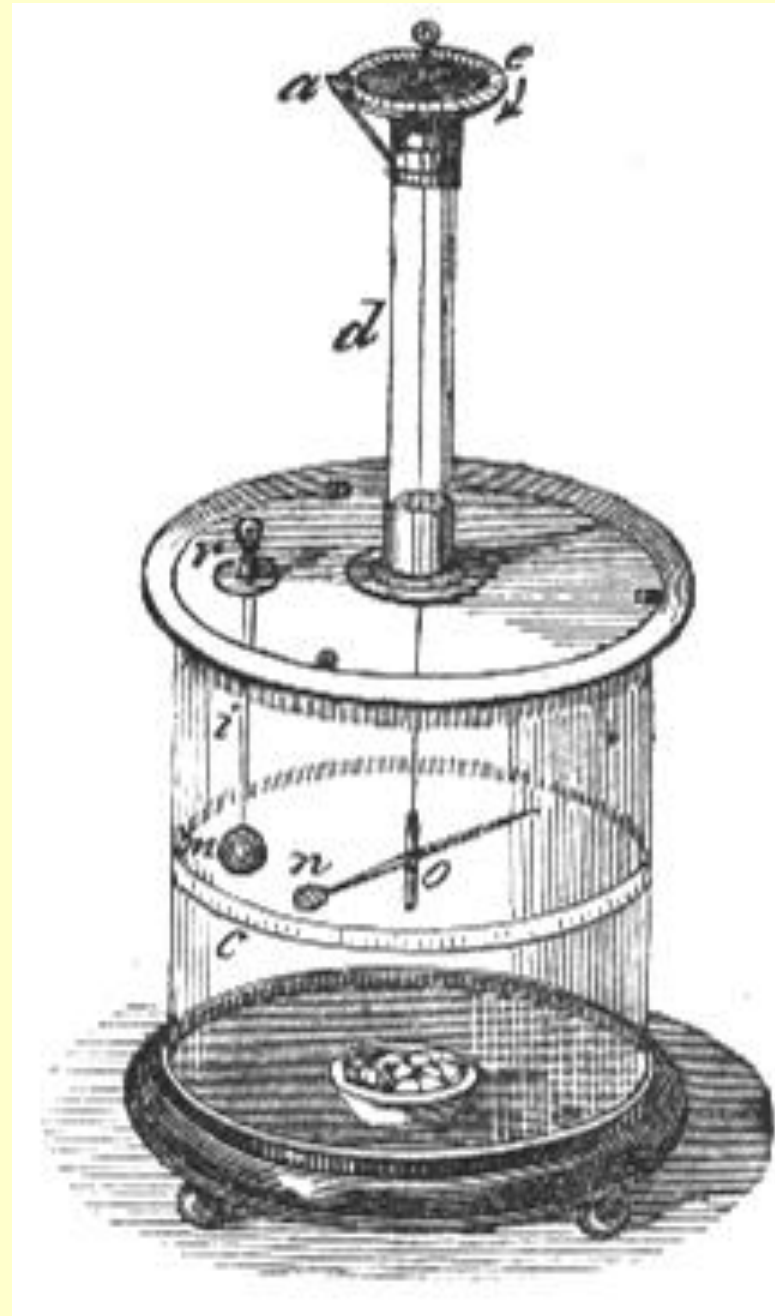




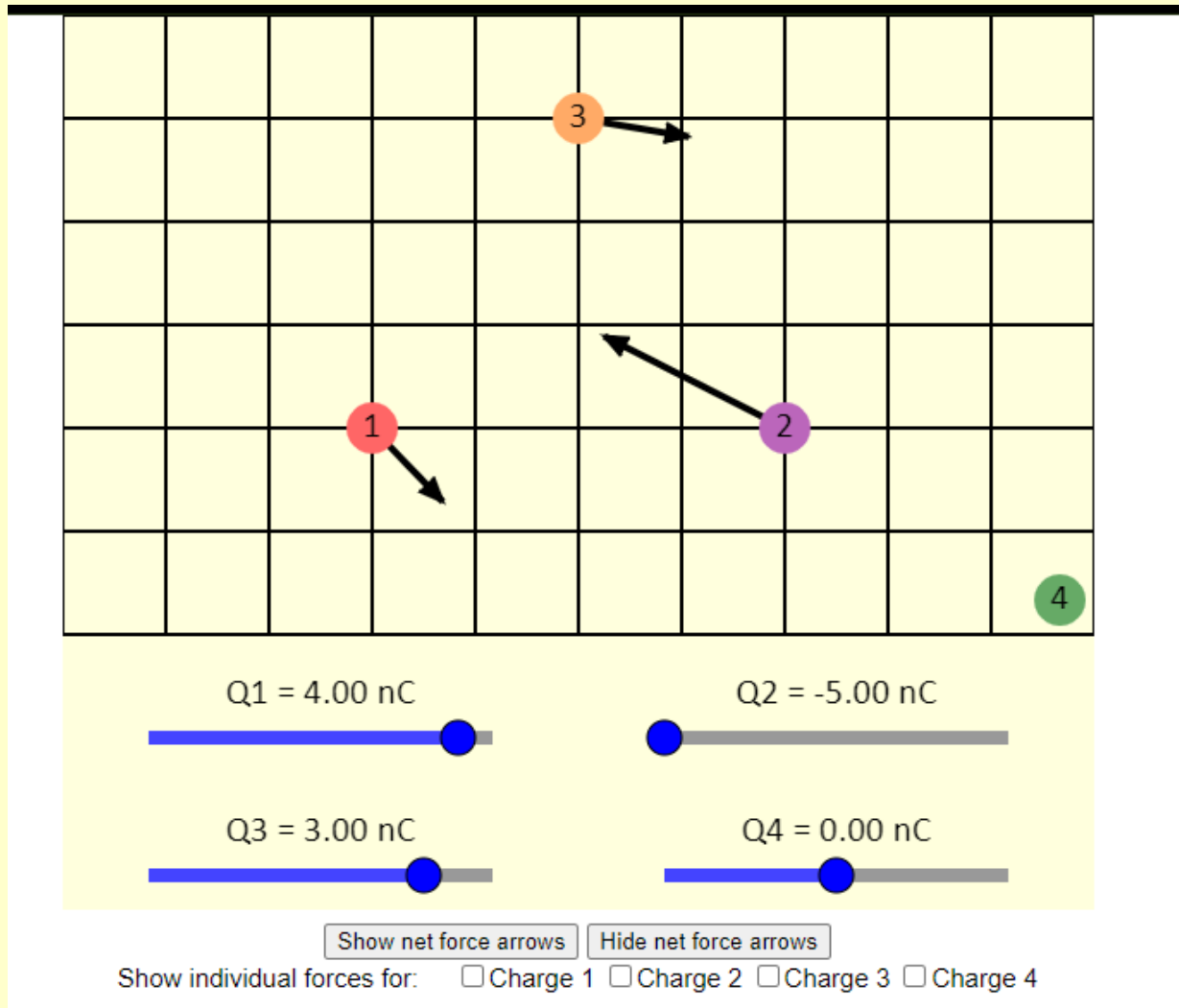
Charles Augustin COULOMB
(1736 -1806)

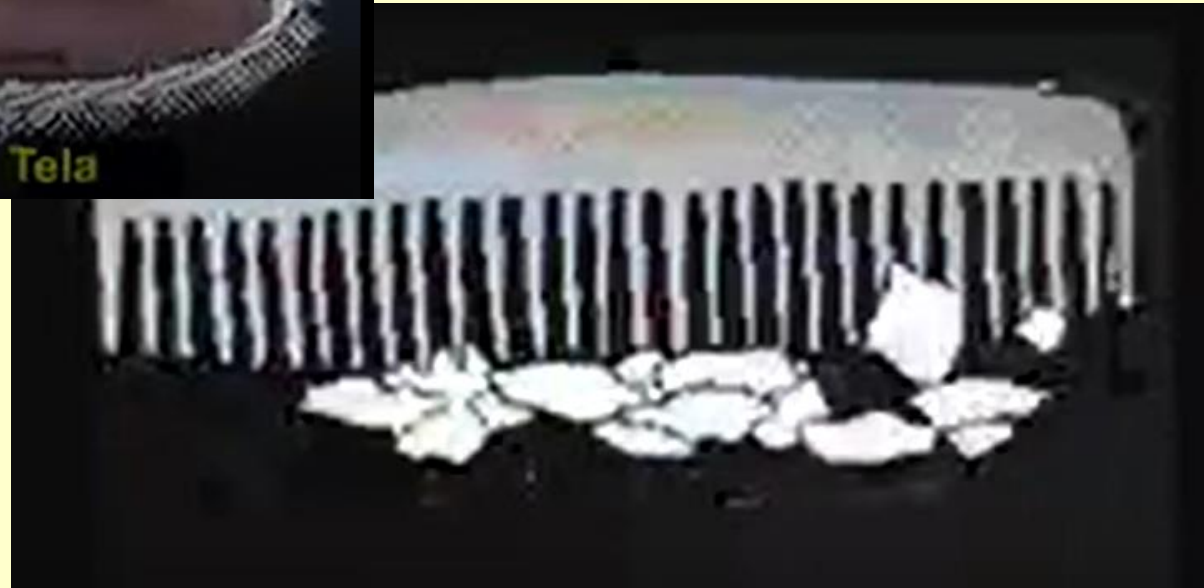
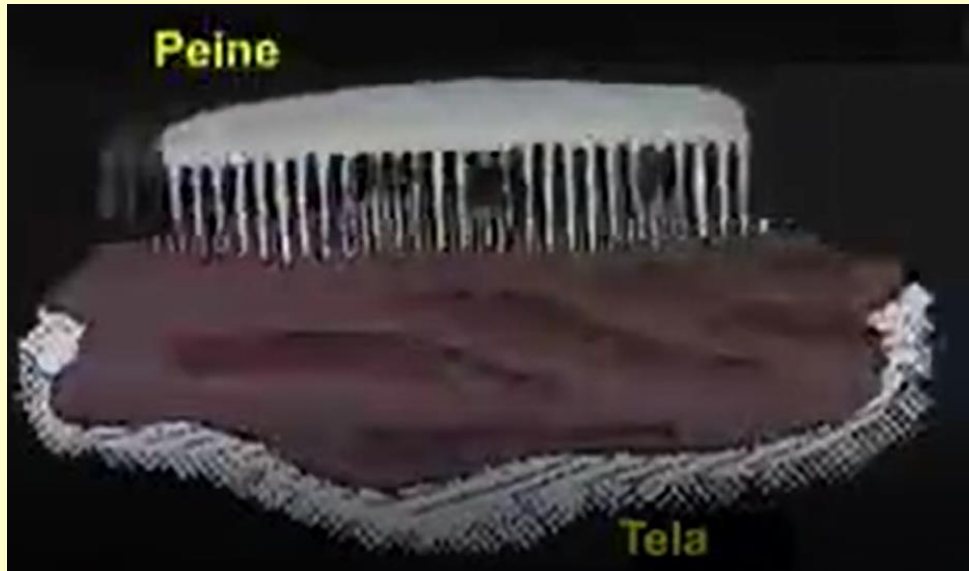


Línea del tiempo
(1600-1900)



http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/coulomb_interaction.html





Si frotamos un peine con un trozo de tela, y luego acercamos el peine a pequeños trozos de papel, observaremos que estos son atraídos por el peine.

¿Porqué? ¿Cómo sucede?

TABLA TRIBOELÉCTRICA	
	POSITIVO (en este extremo pierden electrones)
Aire seco	
Amianto	
Vidrio	
Mica	
Cabello humano	
Nylon	
Lana	
Piel	
Plomo	
Aluminio	
Papel	
Algodón	
Acero	
Madera	
Ambar	
Lacre	
Goma dura	
Níquel, Cobre	
Latón, Plata	
Oro, Platino	
Azufre	
Rayón de acetato	
Poliéster	
Celuloide	
Orlón	
Poliuretano	
Polietileno	
PVC	
Silicio	
Teflón	
	NEGATIVO (en este extremo roban electrones)

La siguiente tabla muestra la **serie triboeléctrica**, que no es más que una serie galvánica de materiales que generan voltajes electrostáticos y clasificados de tal forma que uno de ellos puede resultar cargado positivamente cuando entra en contacto con otro de la parte más inferior o cargado más negativamente si lo hace con otro de la parte superior. El voltaje electrostático generado es función del grado de separación en la lista, de la intimidad del contacto de los materiales, y de la velocidad de separación de los mismos, desde luego todo ello modificado por el grado de humedad. Observando la tabla podemos observar que el algodón, debido a su afinidad higroscópica, permanece en el centro de la tabla y por ello resulta relativamente neutral. Los elementos naturales, tales como la madera y el papel, están próximos al centro por ser estos materiales igualmente higroscópicos. Los materiales que tienden a rechazar la humedad, obviamente los sintéticos como el teflón y el aire están en los extremos de la tabla y por lo tanto son los que más contribuyen a la triboelectricidad.

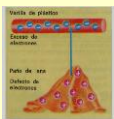
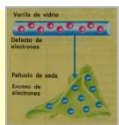


TABLA TRIBOELÉCTRICA	
	POSITIVO (en este extremo pierden electrones)
Aire seco	
Amianto	
Vidrio	
Mica	
Cabello humano	
Nylon	
Lana	
Piel	
Plomo	
Aluminio	
Papel	
Algodón	
Acero	
Madera	
Ambar	
Lacre	
Goma dura	
Níquel, Cobre	
Latón, Plata	
Oro, Platino	
Azufre	
Rayón de acetato	
Poliéster	
Celuloide	
Orlón	
Poliuretano	
Polietileno	
PVC	
Silicio	
Teflón	
	NEGATIVO (en este extremo roban electrones)



La siguiente tabla muestra la **serie triboeléctrica**, que no es más que una serie galvánica de materiales que generan voltajes electrostáticos y clasificados de tal forma que uno de ellos puede resultar cargado positivamente cuando entra en contacto con otro de la parte más inferior o cargado más negativamente si lo hace con otro de la parte superior. El voltaje electrostático generado es función del grado de separación en la lista, de la intimidad del contacto de los materiales, y de la velocidad de separación de los mismos, desde luego todo ello modificado por el grado de humedad. Observando la tabla podemos observar que el algodón, debido a su afinidad higroscópica, permanece en el centro de la tabla y por ello resulta relativamente neutral. Los elementos naturales, tales como la madera y el papel, están próximos al centro por ser estos materiales igualmente higroscópicos. Los materiales que tienden a rechazar la humedad, obviamente los sintéticos como el teflón y el aire están en los extremos de la tabla y por lo tanto son los que más contribuyen a la triboelectricidad.

Por mucho que te lo propongas si lanzas una pelota al aire o das un salto, más tarde o más temprano, terminarás cayendo al suelo. Es lógico pensar que existe una fuerza que atrae a cualquier cuerpo que se encuentre cercano a la Tierra. Pero... ¿por qué?

En el siglo XVII, Isaac Newton se planteó y dió respuesta a esta pregunta. Ha podido ser comprobada en multitud de ocasiones y en la actualidad recibe el nombre de **ley de la gravitación universal**.

Los cuerpos por el mero hecho de tener masa ejercen una **fuerza de atracción a distancia** sobre otros cuerpos con masa. A esa interacción entre los cuerpos a distancia se le denomina **interacción gravitatoria** y a la fuerza de atracción, **fuerza gravitatoria**. La fuerza es tan débil que es muy difícil de apreciar a menos que las masas sean enormes (como por ejemplo, la de los planetas). De ahí que nos encontremos "pegados" a la Tierra, pero no te confundas... la Tierra nos atrae pero nosotros también la atraemos a ella, y es que en cada cuerpo nace una fuerza de igual **módulo** y dirección aunque de sentido contrario, que cumple el [Principio de Acción Reacción](#) estudiado en apartados anteriores.



La fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

donde:

- G es la constante de gravitación universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
- M y m son las masas de los cuerpos que interactúan
- r es la distancia que los separa.