



Propuesta de guías de estudio para el aprendizaje de conceptos electrostáticos: Carga eléctrica, inducción eléctrica, campo eléctrico y potencial eléctrico.

Diego Esteban Gutiérrez Valencia

Juan Pablo Orozco García

Universidad del Valle
Instituto de Educación y Pedagogía
Área de Educación Matemática
Licenciatura en Matemáticas y Física

Santiago de Cali

2018



Propuesta de guías de estudio para el aprendizaje de conceptos electrostáticos: Carga eléctrica, inducción eléctrica, campo eléctrico y potencial eléctrico.

Diego Esteban Gutiérrez Valencia

Juan Pablo Orozco García

Director:

Ph D. Álvaro Perea

Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Área de Educación Matemática

Licenciatura en Matemáticas y Física

Santiago de Cali

2018

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
 CAPÍTULO 1	 15
1.1 JUSTIFICACIÓN	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	17
1.3 ANTECEDENTES	17
1.4 METODOLOGÍA	19
1.4.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO:	19
1.4.2 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE ESTUDIO:	19
 CAPÍTULO 2	 21
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 ASPECTOS CIENTÍFICOS	21
2.1.1 CARGA ELÉCTRICA.....	21
2.1.2 INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA	22
2.1.3 FUERZA ELÉCTRICA: LEY DE COULOMB	22
2.2 IMPORTANCIA DEL DESARROLLO HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DE CONCEPTOS FÍSICOS:	26
2.3 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA TEORÍA DE LA ELECTRICIDAD:.....	27
2.4 MODELO DIDÁCTICO CONSTRUCTIVISTA EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA: 33	
2.5 LA UNIDAD DIDÁCTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA:	34
2.5.1 EL DOCENTE: MEDIADOR ENTRE EL SABER Y EL ESTUDIANTE.	35
2.5.2 EL ESTUDIANTE: RECEPTOR Y CONSTRUCTOR DE SU PROPIO SABER.	36
2.5.3 SABER: SABER SABIO - SABER ENSEÑADO - SABER APRENDIDO.....	37
2.6 FACTORES A TENER EN CUENTA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE: UNA MIRADA DESDE EL LENGUAJE.....	38

CAPÍTULO 3	42
3. LA UNIDAD DIDÁCTICA.....	42
3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS SECUENCIAS.....	42
3.2 OBJETIVOS DE CADA SECUENCIA	42
3.3 ETAPA DE AMBIENTACIÓN	43
3.4 TEMÁTICA.....	43
3.5 EXPERIENCIA	43
 CAPÍTULO 4	 44
4. SECUENCIAS DIDÁCTICAS DEL ALUMNO	44
4.1 PROPUESTAS PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS ELECTROSTÁTICOS:	44
4.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS	45
4.3.1 ATRACCIÓN Y REPULSIÓN DE CUERPOS CARGADOS	48
4.4.1 CONSERVACIÓN DE LA CARGA.....	51
4.5.1 AISLANTES Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS	54
4.6.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 1).....	59
4.7.1 INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA (PARTE 1).....	62
4.8.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 2).....	66
4.9.1 CARGA PUNTUAL	69
4.10.1 LEY DE COULOMB	72
4.11.1 EJERCICIOS	64
4.12.1 CAMPO ELÉCTRICO	70
4.13.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO	74
4.14.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO (Ejercicio)	81
4.15.1 CORRIENTE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA (Ley de Ohm)	83
4.16.1 CIRCUITOS ELÉCTRICOS	86
 CAPÍTULO 5	 89
5. SECUENCIAS DIDÁCTICAS DEL DOCENTE	89
5.1 ORIENTACIONES PARA EL PROFESOR:.....	89
5.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS	91
5.3.1 ATRACCIÓN Y REPULSIÓN DE CUERPOS CARGADOS	93

5.4.1 CONSERVACIÓN DE LA CARGA.....	96
5.5.1 AISLANTES Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS	99
5.6.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 1).....	103
5.7.1 INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA (PARTE 1).....	108
5.8.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 2).....	111
5.9.1 CARGA PUNTUAL	113
5.10.1 LEY DE COULOMB	116
5.11.1 EJERCICIOS	107
5.12.1 CAMPO ELÉCTRICO	114
5.13.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO	118
5.14.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO (Ejercicio)	124
5.15.1 CORRIENTE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA (Ley de Ohm)	126
5.16.1 CIRCUITOS ELÉCTRICO	129
 CAPÍTULO 6	131
6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	131
 BIBLIOGRAFÍA.....	133

TABLA DE FIGURAS

Figura (1). Balanza de torsión usada por Coulomb.	23
Figura (2). Esquema de distribución de carga para el cálculo del potencial eléctrico.....	26
Figura (3). Esquema explicativo de la ley de coulomb.....	30
Figura (4). Diagrama experimental de la ley de Faraday.....	32
Figura (5). Descripción de la transformación de los saberes.	38
Figura (6). Esquemización del modelo cognitivo de ciencia.	39
Figura (7). Base metálica con el hilo	48
Figura (8): Imagen de guía para acercar las barras de vidrio frotadas.....	49
Figura (9): Imagen de guía para acercar las barras de vidrio frotadas.....	49
Figura (10): Barra de vidrio y pañuelo de seda eléctricamente neutros.	52
Figura (11): Completar los cuerpos según su carga eléctrica	52
Figura (12): Diagrama circulación de carga eléctrica (corriente 'i'	56
Figura (13). Montaje circuito eléctrico y agua.....	57
Figura (14): Montaje circuito eléctrico y agua salada.	57
Figura (15): Dos objetos (A y B) electrizados y separados una distancia d.	71
Figura (16). Aparato de Coulomb desarmado.....	72
Figura (17). Diagrama de la balanza en el interior del aparato.....	73
Figura (18). Dirección de la fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas.....	62
Figura (19): Imagen de guía para mostrar la ley de gravitación universal	70
Figura (20). Diagrama analogía campo gravitacional.....	71
Figura (21). Situación concreta campo eléctrico.	72
Figura (22). Campo eléctrico para carga positiva y negativa.	73
Figura (23): En los enchufes (o tomas) es donde se puede observar la diferencia de potencial..	74
Figura (24): Línea de campo eléctrico con varios puntos de referencia.	78
Figura (25): Línea de campo eléctrico con distintos puntos de referencia.	79
Figura (26): Superficies equipotenciales con varios puntos de referencia.	80
Figura (27). Sistema de dos cargas puntuales $+Q$ y $-Q$	81
Figura (28). Representación del potencial en las cargas $+Q$ y $-Q$	82
Figura (29). Representación de los polos.....	82
Figura (30). Representación común de los polos en un circuito.....	82

Figura (31): Imagen de guía para mostrar la corriente eléctrica i	83
Figura (32): Conductor metálico para ejercicio de corriente eléctrica.	84
Figura (33). Circuito en serie.	86
Figura (34). Circuito en paralelo.....	87
Figura (35). Circuito eléctrico en diagrama original y circuito eléctrico en diagrama técnico. ...	99
Figura (36): Electroscopio y su respectiva construcción.	107
Figura (37): $d \gg r$	115
Figura (38). Diagrama de la situación con las respectivas fuerzas de repulsión entre C y D.....	108
Figura (39). Diagrama de la situación con las respectivas fuerzas de repulsión entre C y D y la atracción entre A y C.	109
Figura (40). Diagrama de la situación con las respectivas fuerzas de repulsión entre C y D y la atracción entre A y C y de repulsión entre A y B.	109
Figura (41). Situación al momento en que la esfera C y A entran en contacto.	111
Figura (42). Situación al momento en que la esfera B y C entran en contacto.....	111
Figura (43): Líneas de campo gravitacional y líneas de campo eléctrico para cargas positivas y negativas.	119

RESUMEN

Este trabajo hace una propuesta de unidad didáctica para el aprendizaje de los conceptos electrostáticos que está constituida por quince guías de trabajo para el estudiante y quince instructivos para el profesor, cada una de las secuencias con sus respectivos objetivos y una orientación didáctica y disciplinar para desarrollar cada uno de los puntos que allí se encuentran.

Palabras claves: enseñanza de la física, unidad didáctica, electrostática, carga eléctrica, inducción eléctrica, campo eléctrico, potencial eléctrico.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestras familias, que con su apoyo siempre estuvieron presentes, aún en los momentos más complicados, y supieron darnos las palabras adecuadas para seguir adelante.

Agradecemos a todos los profesores que, dentro del desarrollo de nuestra carrera, marcaron nuestro proceso de formación: Richard Aguirre, Carlos Uribe, Hernán Ocampo, Luis Recalde y Maria Cristina Valencia. Muchas gracias. Y en especial al profesor Álvaro Perea, porque con su buena disposición y buenas orientaciones, lograron este trabajo posible.

Un agradecimiento especial también, para el grupo de estudio '*Suugakus*' quienes con sus aportes académicos y experiencias de vida ayudaron a este proyecto.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado está orientado por la línea de investigación de Didáctica de la Física del programa de licenciatura en matemáticas y física del instituto de Educación y Pedagogía (IEP) y del departamento de física de la Universidad del Valle.

Dentro de éste trabajo se hace una propuesta de unidad didáctica¹ para el aprendizaje de los conceptos de carga, inducción y campo eléctrico, a través de un compilado de guías de estudio para los estudiantes, cada una, con una respectiva guía orientadora para el docente. Las guías de estudio están elaboradas considerando dos aspectos que a criterio nuestro son de suma importancia: 1. El desarrollo histórico de los conceptos involucrados y los experimentos más relevantes en el desarrollo de la electricidad; 2. dificultades que se desarrollan a la hora de aprender los conceptos involucrados. Por lo anterior, se analizan aspectos relevantes que están presentes en el PSSC (1980), debido a que éste libro de texto aborda de forma cualitativa hechos conceptuales y fenómenos de gran relevancia.

La metodología utilizada en el desarrollo del trabajo se compone de dos momentos fundamentales, a saber:

1. La revisión y análisis bibliográfico de temáticas relacionadas con conceptos físicos, enseñanza de la física, diseño de unidades didácticas y dificultades en el aprendizaje de conceptos electrostáticos.
2. Elaboración de las guías de estudio, con base en la bibliografía estudiada.

Es importante resaltar que esta propuesta de unidad didáctica no ha sido puesta a prueba, por lo cual queda a disposición de quien desee aplicarla y comprobar su utilidad.

¹ Ver definición página 24.

CAPÍTULO 1

1.1 JUSTIFICACIÓN

Autores como Furió y Guisasola (1998) destacan que las principales investigaciones sobre el aprendizaje de la electricidad se basan en temáticas relacionadas a corriente y potencial eléctrico, dejando un poco relegada la temática concerniente a electrostática (carga eléctrica e inducción eléctrica) y el concepto de campo eléctrico. Así pues, hay que tener en cuenta que los conceptos a manejar en esta propuesta (Carga, inducción, campo y potencial eléctrico) contienen un alto nivel de abstracción, por lo cual es de gran dificultad para los estudiantes poder comprender los aspectos cualitativos y cuantitativos de dichos fenómenos físicos.

Desde una perspectiva legal, dentro de los estándares básicos de competencias en ciencias naturales (MEN, 2004) se hace referencia a dos competencias² para trabajar dichos conceptos en el aula de clase, lo cual, si se hace, no es suficiente, además de que se deja de lado el aspecto experimental y teórico de las nociones, para entrar en aplicaciones como lo son la solución de circuitos eléctricos.

Si a lo anteriormente citado, se anexa el hecho de que la enseñanza de dichos conceptos se basa en un desarrollo analítico del trabajo científico (solución de ejercicios numéricos y aplicación de fórmulas), es normal que aparezcan grandes dificultades en el aprendizaje de los conceptos de carga y campo eléctrico desde una perspectiva cualitativa, por lo cual se hace necesario idear estrategias constructivistas de enseñanza para adoptar un cambio conceptual, epistemológico y metodológico (Furió, C & Guisasola, J, 1998).

Es bien sabido que el desarrollo teórico y conceptual de la electricidad ha tenido un largo camino, que va desde la antigua Grecia hasta la actualidad; logrando evidenciarse que aún está

² Ver Estándares básicos de competencias en ciencias naturales (MEN, 2004)

en una constante evolución. Tal desarrollo teórico, trae consigo no solo evolución teórica o conceptual, si no, cambios en el pensamiento, cambios en la forma de ver el mundo y de vivir el mismo, más aun, en palabras de Duschl y Gitomer (1991):

“(...) las nuevas aportaciones de la historia y filosofía de la ciencia nos indican que, cuando se producen cambios o revoluciones científicas, no sólo hay cambios conceptuales en la vieja teoría, sino que también se producen cambios en las formas de ver el mundo (cambios ontológicos), en las formas de razonar (cambios epistemológicos), en los métodos (cambios metodológicos) y en los propios valores y propósitos de la nueva teoría (cambios axiológicos) ...”

Es importante destacar que la enseñanza que se da comúnmente de los conceptos básicos de la electrostática presenta diversas distorsiones en relación con la construcción científica de los conceptos, provocando serias dificultades en el aprendizaje de los mismos. Es por lo anterior que tener en cuenta el desarrollo histórico y epistemológico de la teoría de la electricidad se hace importante en la medida en que permite identificar los saltos conceptuales más relevantes en la comunidad científica de la época, obteniendo una clara ventaja a la hora de presentar la temática frente a los estudiantes, logrando así evitar posibles dificultades de aprendizaje que se puedan presentar y así obtener una mejor secuenciación de temas (Furió & Guisasola, 1997).

Por lo anterior, la pregunta que guía nuestro trabajo es: ¿Cómo mejorar el aprendizaje conceptual de carga (las interacciones entre éstas), el fenómeno de inducción, el campo y potencial eléctrico, a partir de actividades debidamente elaboradas y planeadas para suscitar interés e impulsar el desarrollo de pensamiento científico en los estudiantes?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar y proponer una unidad didáctica que facilite el aprendizaje de los conceptos de carga, inducción, campo y potencial eléctrico mediante la realización de guías de estudio,

teniendo en cuenta la evolución histórico-epistemológica de los conceptos eléctricos mencionados, los procesos cognitivos del sujeto y la teoría de la actividad de Vygotsky.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los experimentos más relevantes en la historia de la electricidad a partir del desarrollo histórico de los conceptos de carga, inducción eléctrica, campo y potencial eléctrico.
- Proponer las guías experimentales orientadoras sobre carga, inducción, campo y potencial eléctrico que busquen:
 1. Dar cuenta de los 5 axiomas de la electrostática, dentro de los cuales está inmerso el concepto de carga eléctrica y la interacción entre ellas.
 2. Evidenciar el fenómeno de inducción eléctrica.
 3. Mostrar la ley de Coulomb como el modo de relacionar la interacción entre cargas de forma cuantitativa.
 4. Construir de manera intuitiva la noción de campo, y en particular, el campo eléctrico como una cantidad vectorial, teniendo en cuenta que éste, cumple con el principio de superposición.
 5. Presentar algunas aplicaciones electrostáticas como: potencial eléctrico, corriente eléctrica y circuitos sencillos.

1.3 ANTECEDENTES

La revisión de los antecedentes concernientes al desarrollo de esta propuesta está dividida en dos ejes; de un lado, los trabajos de grado y artículos nacionales, los cuales dan pie a la importancia del trabajo experimental en los conceptos a tratar. Por otro lado, la revisión de aportes internacionales, la cual está centrada en dos autores fundamentales, los cuales lograron

no solo caracterizar dificultades de aprendizaje de los conceptos a tratar, sino que dieron posibles soluciones a estas.

Dentro de las investigaciones nacionales, se destaca el aporte hecho por Agudelo (2014), propuesta que presenta una problemática similar a la expuesta en este trabajo. Dicho trabajo consiste en diseñar experimentos para la enseñanza de carga y campo eléctrico, los cuales además de la construcción del equipo de laboratorio, traen su respectiva guía orientadora. De dicho trabajo es importante resaltar el carácter experimental que se tiene en cuenta a la hora de desarrollar la práctica de laboratorio; además la construcción de los equipos fue elaborada con base en los experimentos más relevantes de la historia de la electrostática.

Otro trabajo nacional a rescatar es el realizado por Muñoz (2014) el cual presenta una orientación didáctica similar a la que se muestra en este trabajo. Dicho trabajo de grado consiste en el diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de rotación, donde es importante resaltar el enfoque didáctico y la forma en que se definen los distintos roles que se llevan a cabo dentro de dicha unidad.

Desde los aportes hechos a nivel internacional, Furió & Guisasola (1998) dan evidencia de manera estadística (a través de tablas de datos) de los principales errores de los estudiantes a la hora de cuestionarles sobre fenómenos tribo-eléctricos, es decir, electrizar un objeto por frotación; la persistencia en los alumnos del “modelo hidrostático de carga” y la poca utilización del concepto de campo eléctrico.

Posteriormente, Furió & Guisasola (1999) caracterizan los errores mencionados, obteniendo las dificultades principales a la hora de interpretar dichos fenómenos, tanto tribo-eléctricos, como aquellos que se relacionan con el desarrollo del concepto de campo eléctrico. De estas investigaciones es importante destacar la forma en que caracterizan las dificultades de

aprendizaje de los fenómenos electrostáticos, las cuales son importantes para este proyecto, debido a que, dentro del marco de este trabajo, no se realizó una prueba diagnóstica para dicha caracterización de errores, por lo cual, no solo es la base de la unidad didáctica que aquí se propone, sino que es de gran utilidad para cualquier estudiante que desee hacer una revisión bibliográfica de trabajos que se remitan a dificultades en la enseñanza – aprendizaje de fenómenos electrostáticos.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO:

La metodología utilizada para la realización de este trabajo, se constituye fundamentalmente de una revisión bibliográfica especializada en temas de aprendizaje de la física y el diseño de unidades didácticas en ciencias experimentales, particularmente en electrostática.

1.4.2 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE ESTUDIO:

La forma de ejecución concerniente a este ítem radica en el diseño de una unidad didáctica a través de la elaboración de guías de estudio dirigidas a los estudiantes, las cuales pretenden crear una concepción preliminar a través de experiencias, para posteriormente expresar verbal o de forma escrita dichas experiencias y por último generalizar y conceptualizar las mismas (Gutiérrez y Perea, 1984). Además, se propondrán guías orientadoras para el docente, esto con el fin de que quede abierta la posibilidad de aplicarse, dentro de lo cual cabe resaltar que el hecho de enseñar una disciplina científica tiene como condición necesaria conocer, con el máximo rigor, la disciplina, sus objetos de estudio, leyes y principios, así como sus alcances y limitaciones (Perea, 2005), todo esto para que el docente funcione como mediador durante la

realización de la actividad, y así éste pueda guiar, profundizar y complementar las experiencias de los alumnos (Gutiérrez y Perea, 1984).

Para la realización de las guías se tendrá en cuenta el método POE³, el modelo constructivista para la enseñanza de la física (Fernández & Orribo, 1995), la forma en que se introducen dichos temas en los libros más usados, algunas dificultades en el aprendizaje de conceptos eléctricos y también el desarrollo histórico-epistemológico de los conceptos a tratar, para evitar (en la medida que sea posible) caer en errores de esta clase.

³ Corominas, J. (2013, abril) Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTOS CIENTÍFICOS

2.1.1 CARGA ELÉCTRICA

El concepto de carga eléctrica es relativamente nuevo, ya que empieza a aparecer alrededor del siglo XIX debido a diversos trabajos hechos por Faraday sobre la electrolisis. Dentro de dicho trabajo, Faraday tenía indicios de que la electricidad podía ser atómica, de aquí que científicos como Helmholtz relacionaron a la electricidad con la materia, y así surgieron como hipótesis, los átomos de electricidad. Por otra parte, Thompson al trabajar con los rayos catódicos, descubrió que los portadores de carga de los gases eran mucho más pequeños que los átomos del gas, donde posteriormente surge el protón y el electrón como los portadores de carga positiva y negativa, respectivamente.

Debido a lo extenso que fue el desarrollo de la teoría eléctrica, en la actualidad se admiten cinco axiomas, todo esto para explicar de manera más sintética los fenómenos eléctricos:

1. Existe la carga eléctrica, la cual es una propiedad fundamental de la materia que está encargada de dar explicación a los fenómenos eléctricos.
2. Existen dos tipos de carga eléctrica, una positiva y otra negativa, en donde cargas de signos iguales se repelen y cargas de signos opuestos se atraen.
3. La carga se conserva.
4. La carga eléctrica está cuantizada, y su valor es $e = 1,6 \times 10^{-19}$ coulombs.
5. Toda carga q , puede verse como un múltiplo escalar de la carga elemental, esto es: $q = Ne$, $N \in \mathbb{Z}$.

2.1.2 INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA

Una de las formas más conocidas para cargar un objeto (como puede ser un trozo de vidrio o de plástico) es a través de la frotación con algún material específico (como puede ser un pañuelo de seda o un trozo de piel), dicho fenómeno es conocido como *conducción*, ya que se requiere el contacto entre ambos objetos para que ocurra el proceso de carga, sin embargo, no hace falta el contacto directo con un objeto para cargarlo, de aquí que ese proceso se puede hacer a través de un proceso de *inducción* de cargas.

Previamente, se debe tener en cuenta que hay dos tipos de materiales eléctricamente hablando, como lo son los *conductores eléctricos* y los *aislantes* o *dieléctricos*. Los *conductores eléctricos* tienen como característica fundamental el hecho de que los portadores de carga negativa (electrones) están libres, cosa que no ocurre en un material *aislante* o *dieléctrico*.

Debido a que en un *conductor eléctrico*, las cargas están libres, es posible separar cargas positivas y negativas, a este proceso se le llama *inducción electrostática*; y a los excesos locales de cargas positivas o negativas que se acumulan en distintas regiones del conductor se le conocen como *cargas inducidas*, de aquí que sea posible cargar un cuerpo sin necesidad de que haya un contacto directo con el mismo.

2.1.3 FUERZA ELÉCTRICA: LEY DE COULOMB

Distinto a lo que ocurre con la fuerza gravitatoria, donde la tierra ejerce atracción sobre los cuerpos, dentro de la interacción entre cuerpos eléctricamente cargados, aparecen ligados dos fenómenos, uno de atracción y otro de repulsión.

En 1785 el físico francés Charles Coulomb realizó una experiencia con un instrumento llamado *la balanza de Coulomb* (Fig. 1), el cual fue muy similar a los trabajos hechos por Cavendish para estudiar la atracción gravitatoria. Coulomb usó esferas cargadas positivas y negativamente, y demostró que la *fuerza eléctrica* es siempre inversamente proporcional al

cuadrado de la distancia que existe entre las cargas, es decir $F \propto 1/r^2$, teniendo a r como la distancia de separación entre las cargas. Posteriormente, establece que dicha *fuerza eléctrica* era directamente proporcional al producto de las dos cargas en las esferas, es decir que si la carga de una esfera es q , mientras que la carga de la otra es Q , se tiene que la $F \propto qQ$, de aquí que la *fuerza eléctrica* es

$$\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2} \vec{u}_r$$

Dónde:

1. k es el factor de proporcionalidad, la cual es una constante donde su valor depende de las unidades en que se miden la fuerza, la separación y la carga. Normalmente dicha constante en el sistema de medida SI es

$$k \approx 8,9 \times 10^9 \frac{\text{Newton} \cdot \text{m}^2}{(\text{Coulombio})^2}$$

2. $\vec{u}_r$ es un vector unitario dirigido de q hacia Q , es decir, es el que da la dirección de la fuerza.

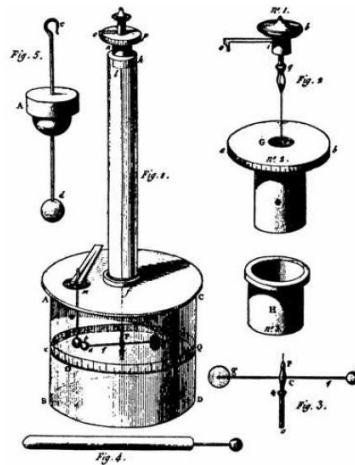


Figura (1). Balanza de torsión usada por Coulomb.

2.1.4. CAMPO ELÉCTRICO:

Cuando Coulomb hizo las experiencias que llevaron al desarrollo de la conocida *ley de Coulomb*, uno de los aspectos más destacados es el instrumento que utilizó, el cual tenía relación directa con la *fuerza gravitatoria*, de aquí la relación directa que hay entre los *fenómenos gravitatorios* y los *fenómenos eléctricos*.

La definición de *campo gravitatorio* se da en términos de la acción a distancia, la cual tiene a dos masas relacionadas mediante lo que se conoce como *campo*. Formalmente se tiene que el *campo gravitatorio* es $\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m}$, luego al hacer analogía con la interacción a distancia entre cargas, aparece el concepto de *campo eléctrico*, el cual se define como el *campo* que rodea una carga, es decir, sea una carga q que modifica el espacio que la rodea, y luego tomemos una carga de prueba q_o (también llamada “medidor”), el *campo eléctrico* es la *fuerza* que hace la carga sobre un medidor q_o , tomando siempre q_o como una carga positiva, es decir

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_o}$$

Luego, por la definición de *fuerza eléctrica* dado por la *ley de Coulomb*, se tiene que

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

Donde la dirección de $\vec{E}$, es la dirección de la *fuerza eléctrica* que experimenta una carga positiva cuando es colocada en el campo, es decir que $\hat{r}$ es un vector unitario con dirección de q hacia q_o .

2.1.5 POTENCIAL ELÉCTRICO:

“La *energía potencial eléctrica* de un sistema de cargas puntuales fijas es igual al trabajo que debe realizar un agente externo para armar al sistema, trayendo cada carga desde

una distancia infinita. Las cargas están en reposo en sus posiciones iniciales y en sus posiciones finales”.

Se llama *potencial eléctrico* a la energía potencial eléctrica por unidad de carga de prueba, esto es: $V_p = \frac{U_{PE}}{q_0}$. Dependiendo de la distribución de las cargas, el potencial V_p puede ser positivo, negativo, o cero. Supóngase que el potencial es positivo en un punto; entonces, la energía potencial eléctrica en ese punto es positiva. Si se mueve una carga de prueba positiva desde el infinito hasta ese punto, el campo eléctrico realizaría un trabajo negativo, por tanto, la carga de prueba ha experimentado una fuerza de repulsión; luego, el potencial cerca de una carga positiva aislada es positivo. Si el potencial en un punto es negativo, sucede lo opuesto: cuando se trae una carga de prueba positiva desde el infinito, el campo eléctrico realiza un trabajo positivo y así la fuerza es de atracción. Por lo tanto, el potencial cerca de una carga negativa aislada es negativo.

Si el potencial es cero en algún punto, el campo eléctrico no realiza ningún trabajo al mover la carga de prueba desde el infinito, aunque la carga de prueba haya pasado a través de una región en que haya experimentado fuerzas eléctricas de atracción o de repulsión. Un potencial de cero en un punto no significa que el campo eléctrico sea cero en dicho punto. Considere un punto en medio de dos cargas iguales y opuestas. Los potenciales en ese punto debidos a las dos cargas individuales tienen magnitudes iguales y signos opuestos, y así el potencial total en dicho punto es cero. Sin embargo, los campos eléctricos de las dos cargas tienen el mismo sentido en ese punto, luego el campo eléctrico no es cero.

La figura (2) muestra dos puntos a y b cerca de una carga puntual q positiva. Suponga que a , b , y q se encuentran sobre una línea recta.

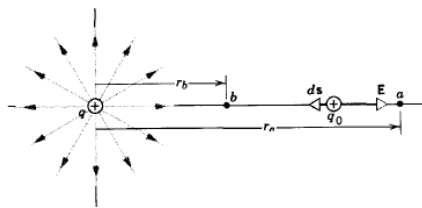


Figura (2). Esquema de distribución de carga para el cálculo del potencial eléctrico

La diferencia de potencial entre los puntos a y b , está dada por: $V_b - V_a = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$. Una característica resaltable es que la diferencia de potencial es una propiedad de los puntos a y b en sí mismos y no de la trayectoria ab .

Suponga ahora que en la figura (2) el punto a está en el infinito ($r_a \rightarrow \infty$), es decir, que en ultimas se estaría calculando el potencial en cualquier punto, por tanto, el potencial en cualquier punto estará dado por: $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} \right)$.

2.2 IMPORTANCIA DEL DESARROLLO HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DE CONCEPTOS FÍSICOS:

Es importante analizar el papel que juega el desarrollo histórico-epistemológico de diversos conceptos (particularizando en electrostática) en esta propuesta didáctica, pues, es aquí donde esta unidad didáctica se transforma en un mecanismo para suscitar interés e impulsar el desarrollo de pensamiento científico en los estudiantes, además es gracias al desarrollo de la didáctica de las ciencias que se ha impulsado la historia y filosofía de las ciencias como línea de investigación en la enseñanza de las ciencias (Gil Pérez, 1993).

Autores como Furió y Guisasola (1997) destacan que es la carencia de una visión ontológica y epistemológica la que lleva a considerar los fenómenos electrostáticos como abstractos, sin embargo, se considerará que no es debido a la carencia de dichas visiones, sino más bien a la afluencia de las mismas las que hacen considerar los fenómenos electrostáticos como abstractos, por lo cual, en la unidad didáctica que aquí se propone, se tendrá en cuenta la

evolución histórica-epistemológica de los fenómenos electrostáticos, lo cual permite identificar dificultades en el proceso de aprendizaje de dichos conceptos.

En la actualidad, para enseñar los conceptos de carga, inducción, campo y potencial eléctrico, se toman como base los cinco axiomas de la electrostática, esto para evitar los más de dos mil años que conllevó el desarrollo de la teoría electrostática, lo cual es de mucha ayuda por el tema de tiempo, sin embargo, se hace necesario conocer dicho desarrollo histórico y algunos de los obstáculos que aparecieron en cada momento, ya que pueden ser utilizados a la hora de dar cuenta de los axiomas, por lo cual, más que dar o mencionarlos, lo importante es que pueda mostrarse a los estudiantes de donde surgen estos, para poder crear una imagen de los mismos, es decir, que vean que la teoría electrostática aparece en la cotidianidad.

2.3 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA TEORÍA DE LA ELECTRICIDAD:

La teoría electromagnética alcanza su mayor auge con una invención y dos descubrimientos, cada uno de los anteriores realizados por grandes científicos. Se parte así de la invención de la *pila* realizada por Alessandro Volta, hacia 1800; y tal desarrollo continúa con los descubrimientos hechos por Oersted y Ampère en 1820, descubrimiento que consistió en evidenciar los efectos generados por corrientes eléctricas. El otro gran aporte fue hecho por Michael Faraday hacia 1831; el cual consistió en la generación de corrientes eléctricas a partir de campos magnéticos. Atribúyase también a Faraday el hecho de introducir el concepto de “*campo*” para describir las fuerzas magnéticas y eléctricas, idea revolucionaria en su día, pues suponía apartarse de la descripción mecanicista de los fenómenos naturales al más puro estilo newtoniano, es decir, mediante “acciones a distancia” sin intermediación de medio alguno.

Ya para finales del siglo XIX, las bases modernas del electromagnetismo toman su mayor corpus teórico gracias al aporte de James Clerck Maxwell con su gran *síntesis*; las ecuaciones

que introdujo Maxwell permiten describir la interacción electromagnética, fundamentada en la idea de que los campos eléctrico y magnético son descripciones complementarias que se derivan de la misma propiedad básica de la materia: la carga eléctrica. En la síntesis realizada por Maxwell se recopilan todos los aportes hechos tanto en electricidad como en magnetismo, aportes que se reducen en 4 ecuaciones, cuyo contenido físico-matemático tiene un trasfondo histórico y teórico de aproximadamente 2500 años.

La mecánica había abordado con éxito la resolución de diversos problemas mediante la aplicación de un tratamiento abstracto. Además, para la resolución de los problemas no era necesario formular hipótesis sobre la constitución de la materia o la naturaleza de las fuerzas ejercidas entre sus componentes básicos. En contraste, otros campos de la física, como el calor, la electricidad y el magnetismo, se explicaban de una forma especulativa y cualitativa, y se suponía la existencia de una serie de sustancias fluidas y desprovistas de peso.

La palabra electricidad viene desde la antigua Grecia, ésta se deriva de *elektron* que significa ámbar, un material resinoso. Los griegos se dieron cuenta de su propiedad al frotar un trozo de ámbar con un pedazo de piel y observar que, al acercar tal trozo de ámbar, éste atraía trocitos de tela. Diversos experimentos como el anterior mostraron que existen dos tipos de electricidad acorde al material, esto es, si se frota una barra de vidrio con un trozo de seda y se acerca a otra barra de vidrio, también frotada, estas dos se repelerán; en contraste, si se frota un trozo de ebonita con piel y se acerca a una barra de vidrio, se logrará evidenciar una atracción, por lo cual se concluyó que existen dos tipos de sustancias, estas son; aquellas que se comportan como el vidrio al ser frotadas con piel, sustancias *vítreas*; y aquellas que se comportan como el ámbar, sustancias *resinosas*.

Fue hasta comienzos del siglo XIX, que el experimentador aficionado y colaborador de la Royal Society, Stephen Gray (1670-1736), descubrió que la electricidad se podía transmitir por un hilo metálico; tal como en la teoría abordada en la termodinámica, se concibe la electricidad en analogía con el calor, como un fluido capaz de ir de un cuerpo a otro, hablándose de un “*fluido eléctrico*”.

Charles F. Dufay (1698-1739) fue el pionero en proponer la existencia de dos tipos de electricidad, proponiendo la existencia de dos fluidos eléctricos, a saber: el fluido “*vítreo*” y el fluido “*resinoso*”. El primer tipo de fluido eléctrico se hace presente en la medida en se frotan sustancias vítreas como el vidrio; el otro tipo de fluido se obtiene al frotar sustancias como ámbar o lacre. Se suponía que aquellos cuerpos que estuviesen eléctricamente neutros son porque contenían cantidades equilibradas de ambos fluidos eléctricos. En 1743, Dufay concluyó que: “*la característica de ambas electricidades es que un cuerpo cargado con electricidad vítrea repele a todos los demás cargados con la misma electricidad y, por el contrario, atrae a los que poseen electricidad resinosa*”

Años después, Benjamín Franklin (1706-1790) concluyó que existe un solo tipo de fluido eléctrico, el vítreo; y más bien dos estados de electrización, uno como el del vidrio y otro como el del ámbar. Así pues, si un cuerpo tiene exceso de fluido eléctrico su estado eléctrico será positivo (vidrio), y si, por el contrario, el cuerpo presenta una deficiencia de fluido, entonces su estado será negativo (resinoso). Cuando dos cuerpos, uno de los cuales tiene exceso de fluido y el otro una deficiencia, al acercarlos, la corriente ira del cuerpo con mayor fluido al de menor fluido, donde hay una deficiencia.

Fue Henry Cavendish (1731-1810) uno de los primeros científicos en usar el concepto de carga eléctrica. Gracias a su experimento de la balanza de torsión, se logra determinar el valor de

la constante de gravitación universal propuesta en la famosa ley de atracción planetaria, establecida por Sir Isaac Newton. En 1785, Charles A. Coulomb (1736-1806) descubre y formula la ley que rige las fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas mediante la realización de diversos experimentos con la balanza de torsión (ver figura 1). La ley de Coulomb propone que la fuerza entre dos cargas puntuales separadas por una distancia d , es proporcional al producto de las magnitudes de sus cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación (ver figura 3). Tal fuerza es atractiva si las cargas son de distinto signo, y es repulsiva si las dos cargas tienen signos iguales.

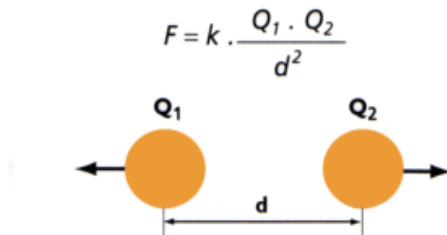
$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$


Figura (3). Esquema explicativo de la ley de Coulomb.

Durante todo el siglo XVIII, los avances en electricidad se veían limitados por la falta de una fuente de electricidad que proporcionara una corriente continua; hasta entonces solo había máquinas de fricción, que producían electricidad estática y botellas de Leyden. El médico Luigi Galvani (1737-1798) fue el precursor del descubrimiento de la corriente eléctrica, esto gracias a sus experimentos con animales, en especial la observación de los efectos de aplicar descargas eléctricas a ancas de ranas. Sin embargo, el italiano Alessandro Volta (1745-1827), gracias a una profunda interpretación de los experimentos de Galvani, logró entender que el hierro y el cobre de los experimentos de Galvani producían la corriente eléctrica después de sumergirlos en una solución salina y las ancas de rana sólo reaccionaban ante ella. Hacia 1800 fue capaz de producir una corriente eléctrica con una pila de discos de estaño o zinc y cobre o plata alternados y

separados por otros de cartón impregnados de una solución de sal, creando así la primera fuente de corriente continua.

Hans Christian Oersted (1777-1851, Fig. 23) nació en Rudkøbing, Dinamarca, y estudió física en la Universidad de Copenhague en la que se convirtió en un ferviente defensor de los puntos de vista filosóficos de Kant sobre los que versó su propia tesis doctoral. El papel de Oersted como profesor, conferencista y escritor tuvo para el pueblo danés una importancia similar a la de su descubrimiento del electromagnetismo. Su contribución más importante al electromagnetismo fue su descubrimiento en 1820 de que el paso de una corriente eléctrica desviaba una aguja imantada situada en su cercanía.

André M. Ampère (1775-1836) desarrolló las consecuencias del experimento de Oersted. A partir de dicho experimento desarrolló la teoría matemática que explica la interacción entre la electricidad y el magnetismo, afirmando que los fenómenos magnéticos dependen únicamente de la existencia y del movimiento de cargas eléctricas. Concluyó que mientras que la carga eléctrica es una realidad fundamental, no existen cargas magnéticas aisladas.

Durante el verano de 1820 repitió el experimento de Oersted y concluyó que si una corriente eléctrica produce efectos magnéticos sobre una varilla imantada por qué no podría producir efectos magnéticos sobre otra corriente. Durante el otoño de ese mismo año, publicó los resultados de su famosa experiencia en la que dos corrientes eléctricas paralelas se atraen o se repelen en función de si los sentidos de sus corrientes son iguales o distintos, respectivamente.

En 1822 inventa el solenoide y estudia la interacción mutua entre parejas de solenoides y llega a la conclusión de que el comportamiento de un solenoide es análogo al de un imán recto, una prueba más de las relaciones entre el magnetismo de los imanes, con las acciones magnéticas de las corrientes eléctricas.

Michael Faraday (1791-1896) descubrió la inducción electromagnética, explicó la electrolisis en términos de fuerzas eléctricas e introdujo conceptos, como las líneas de fuerza "y de campo", fundamentales para la comprensión de las interacciones eléctricas y magnéticas. El primer descubrimiento de Faraday sobre electromagnetismo fue realizado en 1821, al repetir el experimento de Oersted con una aguja magnética en diversos puntos alrededor de un cable conductor de corriente; Faraday verificó que la fuerza ejercida por la corriente sobre el imán era de forma circular. Como expresó años después, el hilo estaba rodeado por una serie infinita de "líneas de fuerza" circulares y concéntricas, con lo que un polo magnético que pudiera moverse libremente, experimentará un impulso según una trayectoria circular alrededor del conductor.

Faraday empezó a trabajar en 1821, justo después del experimento de Oersted y en 1831 comprobó que cuando se hacía pasar una corriente eléctrica por una bobina, se generaba otra corriente de muy corta duración en otra bobina cercana (ver figura 3). A diferencia de los campos electrostáticos creados por cargas eléctricas en reposo, cuya circulación a lo largo de una línea cerrada es nula (campo conservativo), los campos eléctricos creados por campos magnéticos tienen una circulación a lo largo de una línea cerrada distinta de cero. Dicha circulación, que corresponde a la fuerza electromotriz inducida, es igual al ritmo de cambio del flujo del campo magnético que atraviesa la superficie delimitada por dicha línea cerrada (ley de Faraday).

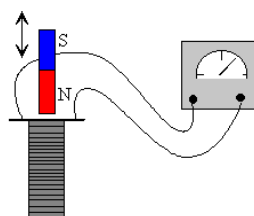


Figura (4). Diagrama experimental de la ley de Faraday.

Abandonó la teoría de los fluidos para explicar la electricidad y el magnetismo y propuso los conceptos modernos de "campo electromagnético" y "líneas de campo" de los campos

eléctricos y magnéticos, que llenan el espacio en torno a cargas eléctricas, imanes y corrientes eléctricas. De este modo, toma lejanía de la teoría newtoniana de la acción a distancia.

2.4 MODELO DIDÁCTICO CONSTRUCTIVISTA EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA:

La unidad didáctica propuesta posee la característica fundamental de que está diseñada teniendo como base la metodología de enseñanza de la física expuesta por Gutiérrez & Perea (1984), por lo cual, dichas secuencias conllevan implícitamente a un trabajo constructivista como modelo didáctico en física visto en términos de Fernández & Orribo (1995).

Para explicar dicha relación en las secuencias, se debe de tener claro que, Fernández & Orribo (1995), a la hora de caracterizar el modelo constructivista, destacan que:

1. Se tiene como base las ideas previas del alumno.
2. El profesor cumple el papel de asesor del alumno, a través de ideas y explicaciones las guías que el profesor propone.
3. El aprendizaje es producido a través de la resolución de situaciones problemas.
4. Los estudiantes producen activamente el conocimiento.

Ahora bien, en la investigación realizada por Gutiérrez & Perea (1984), se destaca una propuesta metodológica en la que se propone que para los cursos de física (en general), es pertinente tener en cuenta las concepciones preliminares del alumno, a fin de contrastarlas con las del maestro a través de una charla introductoria al tema; posteriormente los alumnos se dividen en grupos, con el fin de que realicen diversas experiencias consignadas en la unidad, para posteriormente contestar algunas preguntas referentes al tema, con el fin de que dicha experiencia le muestre al alumno que la física se practica en el mundo real, y por último, se discuten las respuestas dadas por los grupos, para llegar al punto de generalización a través de la

realización de problemas claves, para que haya una formulación de hipótesis por parte de los alumnos.

Por lo anterior, en la unidad que aquí se propone, se tendrá en cuenta la metodología de enseñanza de la física de Gutiérrez & Perea (1984) de una forma constructivista, con el fin de que los estudiantes estén en la capacidad de generar hipótesis de determinadas experiencias guiadas por el maestro, para que de esta manera, las hipótesis formuladas por los alumnos, den pie para la creación de un modelo del fenómeno físico trabajado en la experiencia. El aprendizaje no es simplemente un asunto de transmisión y acumulación de conocimientos, sino un proceso activo del alumno para ensamblar, extender e interpretar, para así construir conocimiento desde la experiencia y la información recibida (Barros, 2008).

2.5 LA UNIDAD DIDÁCTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA:

La unidad didáctica que aquí se propone, se caracteriza por fundamentar el diseño de las secuencias didácticas en dos aspectos muy relevantes:

1. Las dificultades en el aprendizaje de conceptos eléctricos mostradas por Furió & Guisasola (1998, 1999).
2. La forma en como introducen dichos conceptos en los distintos libros de texto, pero teniendo como base fundamental el PSSC (1980).

Por otra parte, es importante destacar que la finalidad del trabajo se basa en introducir de forma cualitativa los aspectos más importantes de la electrostática, debido a esto, es importante que la unidad que se presente a los alumnos, conlleve a una aproximación al fenómeno original, y también que sea entendible a la hora de realizar las diversas experiencias.

Es fundamental analizar la relación que hay entre el maestro y el alumno mediante el saber en la propuesta de unidad didáctica, ya que es a través de esta donde la unidad didáctica se transforma en un medio para movilizar el saber entre el maestro y el alumno, por lo cual, en lo

que sigue, se ampliará el papel que desempeña el profesor, el alumno y el saber en el ejercicio de esta propuesta didáctica.

2.5.1 EL DOCENTE: MEDIADOR ENTRE EL SABER Y EL ESTUDIANTE.

Dentro del desarrollo de las ciencias, es importante reconocer el papel de los científicos como aquellos encargados de interpretar y teorizar aspectos que no son triviales para cualquier otra persona que no esté inmersa en el mundo de la ciencia.

La labor del docente en los procesos de enseñanza - aprendizaje, es de suma importancia, ya que es el encargado de desarrollar procesos de pensamiento en los estudiantes, con el fin que pueda incursionar en el pensamiento científico al que se hacía referencia anteriormente, pero esto no es tarea fácil, ya que, el docente debe estar en la capacidad de transformar el saber disciplinar en conceptos de mayor acceso para los estudiantes, esto a través de lo que Chevallard llama *transposición didáctica*.

De aquí lo fundamental que puede ser el hecho de elaborar actividades acordes a lo que el estudiante necesita para aprender de forma significativa un concepto, ya que, así como el científico tiene como tarea fundamental generar teorías respecto a una ciencia, el aprendizaje de los estudiantes es lo que compete al docente. En términos de Sanmartí (2000), diseñar una unidad didáctica es la actividad más importante que llevan a cabo los docentes.

Investigadores como Sánchez & Valcárcel (1993) destacan que los docentes al momento de preparar una clase tienden a preguntarse sobre qué contenidos incluir en la lección, por donde se puede comenzar a desarrollarse y si es necesario o no hacer una experiencia en el marco del laboratorio, y es aquí donde pueden surgir herramientas didácticas para llevar al aula, las cuales se eligen de acuerdo a diversos factores como pueden ser los contenidos, número de estudiantes en el aula, experiencias previas del docente, entre otras.

Luego, García, M.A. citado por Muñoz (2014) distingue principalmente que una unidad didáctica es un:

“Sistema que interrelaciona las perspectivas de los estudiantes y la selección de actividades y estrategias didácticas como elementos que intervienen en el proceso de enseñanza - aprendizaje, con una alta coherencia metodológica interna, empleándose como instrumento de programación y orientación de la práctica docente. Se estructura mediante un conjunto de actividades que se desarrollan en un espacio y tiempo determinado para promover el aprendizaje de los estudiantes”.

De aquí que el alumno pasa a ser el sujeto principal dentro de la estructura didáctica, y es debido a esto que el papel del profesor como agente transmisor de conocimiento debe ser redefinido.

El docente pasa de agente transmisor a ser un mediador de conocimiento y facilitador de aprendizaje, ya que es éste el encargado de propiciar situaciones que ayuden al estudiante a construir nociones. Según Barros (2008) el profesor debe poder regular, a lo largo de la duración de la unidad didáctica, los comportamientos de los estudiantes en pro de la producción de las estrategias para el aprendizaje.

2.5.2 EL ESTUDIANTE: RECEPTOR Y CONSTRUCTOR DE SU PROPIO SABER.

Dentro del contrato didáctico, se establece una relación de tipo circular entre el saber, el docente y el estudiante; en donde el docente es quien desarrolla un papel fundamental para la adquisición de conocimiento, pues es éste quién se hace cargo de transformar el saber en sus diversos niveles, para hacerlo llegar hasta el alumno. Pues bien, en este caso el estudiante toma un rol pasivo, es decir, está ahí sentado esperando a adquirir conocimientos, sin realizar esfuerzo alguno, es análogo a un recipiente vacío que hay que llenar.

En esta propuesta, el estudiante tomara un rol activo dentro de lo que es el contrato didáctico, ya que esta propuesta es de carácter constructivista; lo que quiere decir que va a ser el estudiante quien desarrolle sus conocimientos. Cabe resaltar que el docente no será un fantasma, si no que será un mediador o un guía, en la construcción del conocimiento de su discípulo.

2.5.3 SABER: SABER SABIO - SABER ENSEÑADO - SABER APRENDIDO.

Toda disciplina científica trae consigo un desarrollo teórico que ha venido evolucionando a medida que transcurre el tiempo, ejemplo de ello es la ciencia tangencial a esta propuesta de trabajo; a saber, la física. Empieza desde la antigua Grecia, tratando de dar explicación a los fenómenos más comunes del ocio; sigue (realizando un salto abismal) con los aportes de Galileo, Newton, Copérnico, entre otros; llegando hasta la modernidad con desarrollos en física cuántica y otras disciplinas que tienen un gran auge. Todo lo anterior, está enmarcado en un saber puro, un saber científico en su máxima expresión, o lo que Chevallard (1991) denomina: “saber sabio”.

Surge ahora una pregunta: ¿Cómo el saber ha logrado ir de un lado a otro, y más aún, pasar de generación en generación? Una posible respuesta a esta pregunta puede llegar a ser resuelta por el “saber enseñado”. Éste es un saber que ha sufrido una transformación desde su estado más puro hasta un estado en el cual se es posible dar a conocer a un cierto auditorio, a través del maestro. El maestro es quien trata de dar sentido al saber científico, de tal forma que es posible elaborar un discurso que es aceptable y entendible para un auditorio en particular.

Se describe ahora el “saber aprendido”, el cual tiene como característica fundamental, aquel saber que es adquirido o mejor aún, aprehendido por el estudiante. Este es el último nivel del saber, ya que cada vez que el conocimiento trata de ser modificado para su aprendizaje, va perdiendo un poco de su esencia, pero sin tal progreso; el conocimiento sería solamente de unos cuantos.

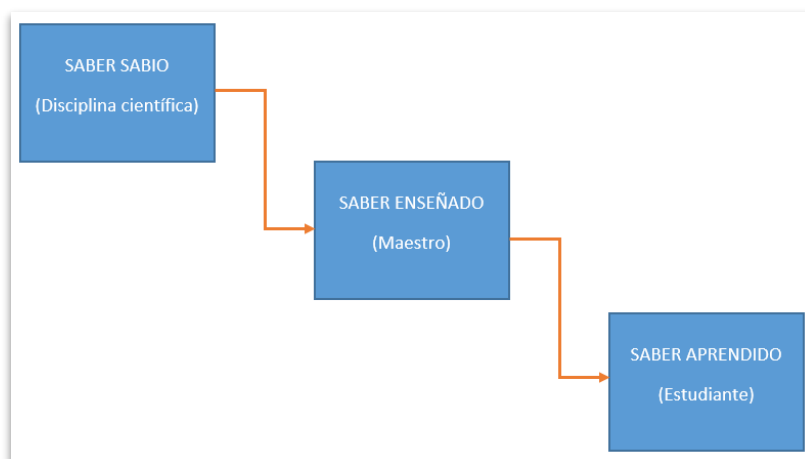


Figura (5). Descripción de la transformación de los saberes.

2.6 FACTORES A TENER EN CUENTA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE: UNA MIRADA DESDE EL LENGUAJE.

Dentro de los procesos de enseñanza – aprendizaje, hay una variedad de factores que afectan directamente dicho proceso, de aquí que los docentes deben de tenerlos en cuenta, todo esto con el fin de diseñar estrategias para que los estudiantes construyan conocimiento significativo.

Perea (2005), destaca que dentro de los muchos factores que afectan el proceso de enseñanza, se destacan tres por sobre los demás, como son una concepción epistemológica de ciencia y didáctica (transposición del conocimiento científico), los procesos cognitivos (como aprende el hombre) y la teoría de la actividad de Vygotsky.

En cuanto a la concepción epistemológica de la ciencia, es de suma importancia que para enseñar física, el docente sepa de física, es decir, que conozca el máximo rigor la disciplina científica. Dentro de la epistemología hay dos vertientes: El positivismo, la cual expone que la ciencia es un cumulo de teorías; y el constructivismo, la cual muestra a la ciencia como una actividad humana que se construye, es decir, que es un proceso cognitivo con el cual el conocimiento se construye de manera social.

Es fundamental destacar que, en la propuesta inmersa en este trabajo, el aprendizaje vinculado a los conceptos a trabajar, será de un corte constructivista, a fin de que se pueda aprovechar del modelo cognitivo de ciencia (MCC), esto es, en la naturaleza se hacen presente los *fenómenos*, a los cuales, como seres racionales, tratamos de dar explicación mediante teorías y conceptos, es decir, se crea un *modelo* del *fenómeno*, y este *modelo* es creado a través del *lenguaje*. Ahora bien, el *modelo* es mejor en tanto su semejanza con el *fenómeno* sea más evidente y clara, claro está, haciendo uso del *lenguaje* (Ver figura 5)

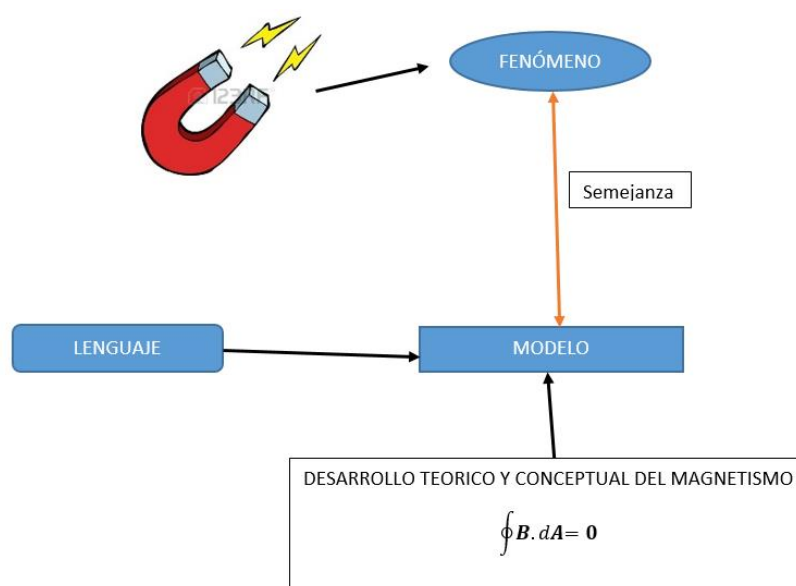


Figura (6). Esquematización del modelo cognitivo de ciencia.

El segundo factor muestra las formas en que aprende el sujeto, esto a través de estructuras mentales, de aquí que tenga poco sentido tomar el aprendizaje como una tarea independiente, ya que como explica Piaget (1977), es un proceso de continua interacción con el mundo, de aquí que en dicha interacción se produce una perturbación interna en el sujeto que acomoda nuevas estructuras mentales, generando aprendizaje, pero a través de la mediación del lenguaje (Perea, 2005).

El tercer factor para tener en cuenta en el proceso de enseñanza – aprendizaje, es el modelo de la instrucción de Vygotsky, en el que se ve inmerso el concepto de Zona de Desarrollo Próximo, el cual desde nuestra perspectiva nos parece importante tener en cuenta puesto que es mediante la interacción social que se hace evidente. Por lo anterior el trabajo grupal para el desarrollo y aplicación de la unidad es importante.

Desde el punto de vista de Vygotsky, la educación tiene dos características fundamentales; por una parte, se trata del desarrollo de la potencialidad del individuo, y de otro lado se trata del aporte histórico de la cultura humana, de la cual se nutre el hombre. Considera la capacidad de enseñar y de beneficiarse mediante la instrucción, un atributo fundamental del ser humano, capacidad que se logra mediante la enculturación de prácticas sociales.

Vygotsky introduce un concepto, que a su parecer toma un rol importante para potencializar el proceso de instrucción, tal concepto se denomina *Zona de Desarrollo Próximo*. Mediante la ZDP se relaciona el medio externo ó sociocultural, en el que se realizan procesos interpersonales *sobre* actos compartidos y socialmente significativos con el interno o individual, en el que se realizan procesos cognitivos sobre significados de acciones propias y aquellos que se vislumbran por sugerencias de las acciones de otro.

En términos más concretos, Vygotsky propone que la ZPD se define así:

“La distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto ó en colaboración con otro compañero capaz”

Por tanto, el papel del docente, es el de proporcionar la guía y las condiciones necesarias para que los alumnos, mediante su esfuerzo, asuman el control de los distintos propósitos y usos

del lenguaje oral y escrito. De esta forma, desde una perspectiva vygotskiana, un papel esencial de la escolarización es el de crear contextos sociales (ZDP) para dominar y ser conscientes del uso de las herramientas culturales como lo son el discurso, la lecto-escritura, la matemática, etc. (Perea, 2005).

CAPÍTULO 3

3. LA UNIDAD DIDÁCTICA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS SECUENCIAS

El instrumento didáctico que se presentará en el siguiente capítulo, es un diseño a priori de un paquete de actividades que tiene como fin ser aplicado en el aula teniendo como base las dificultades expuestas por Furió & Guisasola (1997, 1998, 1999) y la forma en como exponen los conceptos el PSSC (1980), el cual fue tomado como texto base para las distintas secuencias que aquí se proponen.

Para el diseño de la unidad se tuvo en cuenta el trabajo desarrollado por Gutiérrez & Perea (1984), el cual aparece condensado en el artículo *Una Metodología en la Enseñanza de la Física*, que se resume en que se deben cumplir ciertas condiciones en el aula para transformar la enseñanza de una disciplina, esto es:

1. Crear concepciones preliminares
2. Ser concreto a la hora de escoger experiencias a tratar
3. Expresar verbal y por escrito dichas experiencias
4. En el aula se muestran diversos fenómenos, para posteriormente y basado en un correcto uso del lenguaje, los estudiantes estarán en condiciones de generalizar un modelo de dicho fenómeno.

Seguidamente, se precisarán los elementos que componen la presente unidad didáctica:

3.2 OBJETIVOS DE CADA SECUENCIA

Es importante que los estudiantes sepan a qué puntos son los que se quieren llegar al trabajar con cada secuencia, por lo cual inicialmente, en cada una de las guías aparecerán los objetivos que se quieren lograr al desarrollarla de manera orientada, esto con el fin de que al final

de cada secuencia el mismo estudiante este en la capacidad de hacerse preguntas sobre si cumplió o no con dicho objetivo de aprendizaje.

3.3 ETAPA DE AMBIENTACIÓN

En cada una de las guías se tendrá un párrafo introductorio, todo esto para que el estudiante identifique la importancia que tiene el concepto a tratar en la secuencia, además de que pueda manifestar concepciones previas y por medio de esto, generar interés y motivación para lo que se desarrollará.

3.4 TEMÁTICA

Son las nociones o conceptos científicos que el estudiante deberá aprender a través de la permanente orientación del docente. Por ejemplo, para el área de física, se tomará en cuenta los fenómenos electrostáticos de carga, inducción y campo eléctrico.

3.5 EXPERIENCIA

Esta parte hace referencia a la realización de la guía de estudio en cuestión, bajo indicaciones dadas por el docente y con el material de trabajo del que se disponga según sea la actividad que se vaya a realizar.

CAPÍTULO 4

4. SECUENCIAS DIDÁCTICAS DEL ALUMNO

4.1 PROPUESTAS PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS ELECTROSTÁTICOS:

El siguiente capítulo presenta la propuesta de unidad didáctica alrededor de los conceptos electrostáticos, a través de un compilado de secuencias didácticas que buscan que el estudiante construya las nociones fundamentales de la electrostática, pero principalmente la noción de carga eléctrica, inducción eléctrica y campo eléctrico, esto es: mostrar cómo cargar cuerpos a través de la frotación, identificar los fenómenos de atracción y repulsión en cuerpos electrizados, definir el concepto de carga, mostrar el fenómeno de conservación de la carga, mostrar que hay distintos materiales que son conductores eléctricos y otros que no lo son, mostrar el fenómeno de inducción electrostática como otra forma de cargar cuerpos, idealizar el concepto de carga puntual, definir la ley de coulomb y el concepto de campo para poder extenderlo a campo eléctrico y culminar hablando de diferencia de potencial eléctrico para poder pasar a ejercicios de aplicación (corriente, resistencia, circuitos, entre otros).

4.2 SECUENCIA DIDÁCTICA 1:

4.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

OBJETIVOS:

- Identificar que los cuerpos son atraídos por la presencia de la fuerza gravitacional $\vec{F}_g$, la cual es ejercida por la tierra sobre los cuerpos.
- Reconocer que los cuerpos frotados, son capaces de ejercer fuerzas sobre otros objetos.
- Establecer una comparación entre la fuerza ‘descubierta’ ($\vec{F}_e$:fuerza eléctrica) y la $\vec{F}_g$, concluyendo que es mayor la $\vec{F}_e$.
- Introducir el concepto de cuerpo electrizado.
- Generar la capacidad de establecer analogías para futuras experiencias.

Dentro del desarrollo de la humanidad, uno de los aspectos de mayor trascendencia fue la aparición de lo que comúnmente conocemos como energía eléctrica, ya que con ella vinieron múltiples inventos, que vienen desde la luz artificial (eléctrica), los radios, el televisor, los celulares y computadores, por tanto, en lo que sigue, buscaremos explicaciones a los fenómenos que hacen posible la existencia de dichos artefactos.

1.- Observe, describa y dibuje los materiales que tiene en su mesa de trabajo.

2.- Coge papeles picados y suéltalos. ¿Qué sucede? ¿Cómo explicas lo que sucede? Dibuja y describe la situación.

3.- ¿Qué sucede si se acercan las barras de vidrio y plástico a los papeles? Describe lo que sucede.

4.- Frota la barra de vidrio y acércala a los papeles. ¿Qué ocurre con los papeles al acercar la barra de vidrio? Dibuja, y describe en forma muy detallada.

5.- Ahora, frota la barra de plástico y acércala a los papeles picados. ¿Qué ocurre con los papeles al acercar la barra de plástico? Dibuja, y describe en forma detallada.

6.- Con tus compañeros de grupo piensa y discute una explicación para este fenómeno.

7.- Piensa un momento: ¿Por qué justamente después de ser frotada la barra (de plástico o de vidrio), esta atrae los papeles?

8.- Revisa de nuevo el numeral 2. ¿Cómo explicas el hecho de que cuando se frota la barra (vidrio o plástico) el papel salta? ¿Cómo es la nueva fuerza comparada con la fuerza gravitacional?

En la antigüedad, los griegos creían que materiales como el ámbar (plástico) tenía propiedades místicas, esotéricas y/o misteriosas, ya que encontraron distintas propiedades en el material al rozarlo con otros objetos. Cabe resaltar que la palabra “ámbar” proviene del griego *élektron*, por lo cual, los cuerpos que generen *fenómenos* similares a los del ámbar, se dicen que están *electrizados*.

9.- ¿Qué puedes concluir con respecto a la experiencia realizada?

4.3 SECUENCIA DIDÁCTICA 2:

4.3.1 ATRACCIÓN Y REPULSIÓN DE CUERPOS CARGADOS

OBJETIVOS:

- Introducir el concepto de cuerpo cargado.
- Mostrar la existencia de los dos estados eléctricos de la materia con su respectiva simbología arbitraria.
- Identificar que cuerpos cargados con el mismo signo se repelen, mientras los opuestos se atraen.

PREGUNTA INTRODUCTORIA:

¿Cuáles son las fuerzas que hasta ahora hemos detectado en la naturaleza?

1.
2.

Recuerda que la fuerza gravitacional que es la que atrae a todos los cuerpos cercanos a la superficie terrestre (por lo cual caen los cuerpos) y la fuerza eléctrica que es la encargada de los fenómenos eléctricos como lo vimos en la guía anterior.

En la mesa de trabajo cuenta con dos barras de vidrio, dos barras de plástico, un pañuelo de seda, un paño de lana y la base metálica (Ver imagen de un ejemplo de base metálica).



Figura (7). Base metálica con el hilo

1.- ¿Qué ocurre si se frota la barra de vidrio?

2.- ¿Qué ocurre si se frota la barra de plástico?

3.- ¿Qué ocurre si se acercan por los extremos dos barras de vidrio previamente cargadas como muestra la figura?

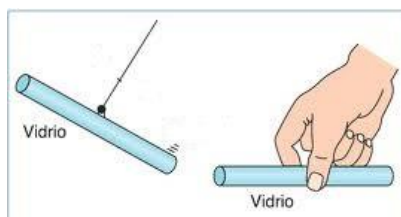


Figura (8): Imagen de guía para acercar las barras de vidrio frotadas.

4.- ¿Qué ocurre si se acercan por los extremos dos barras de plástico previamente cargadas de la misma manera que el punto anterior?

5.- ¿Qué ocurre si se acercan por los extremos la barra de vidrio y la de plástico previamente cargadas como muestra la figura?

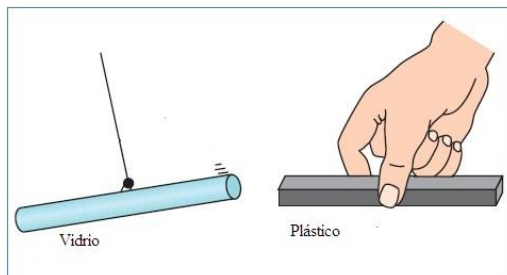


Figura (9): Imagen de guía para acercar las barras de vidrio frotadas.

6.- En el siglo XVIII, Benjamín Franklin concluyó que solo hay DOS ESTADOS *eléctricos* en la materia, que **ARBITRARIAMENTE** designó que todo objeto que genere *fenómenos* iguales a la barra de vidrio se dice que está ***cargado positivamente***, mientras que todo objeto que se comporte del mismo modo que la barra de plástico se dice que está ***cargado negativamente***. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, además de los puntos 3, 4 y 5, expresa con tus propias palabras al menos dos conclusiones.

Las conclusiones expuestas en el punto anterior, muestran uno de los postulados más importantes de la electricidad, que dicho en otras palabras es que “cuerpos cargados con el mismo signo se repelen, mientras que si están cargados con signos contrarios, se atraen”.

4.4 SECUENCIA DIDÁCTICA 3:

4.4.1 CONSERVACIÓN DE LA CARGA

OBJETIVOS:

- Introducir el concepto de carga.
- Introducir el concepto de cuerpo eléctricamente neutro.
- Ilustrar el principio de conservación de la carga.

En las experiencias anteriores, observamos cómo a través de la frotación se pueden **cargar** algunos cuerpos, donde además observamos que hay dos estados *eléctricos* en la materia, uno **positivo** (como el vidrio) y otro **negativo** (como el plástico).

1.- Ya sabemos que si frotamos la barra de vidrio con el pañuelo de seda, ésta se carga positivamente, y, de igual manera si frotamos la barra de plástico con el paño de lana, ésta se carga negativamente, pero ¿Qué le ha pasado al pañuelo de seda o al paño de lana? ¿Por qué se da el fenómeno eléctrico en la barra de vidrio o plástico?

2.- La anterior pregunta fue muy difícil, pero nuevamente Benjamín Franklin en el siglo XVIII, trato de responderla preguntándose ¿De dónde salen o dónde estaban las CARGAS positivas y negativas?... ¿Tú que dirías?

En la guía 1 observamos que, si no se frota la barra de vidrio con el pañuelo de seda, los papeles picados no se mueven. Inicialmente Franklin se imaginó que las cargas están en los cuerpos, es decir, en el vidrio, plástico, en la seda y en la lana. Él se imaginó, tal y como se ve en la figura, que cuando el cuerpo no era frotado había igual número de cargas positivas y negativas, tanto en el vidrio (plástico) como en la seda (lana), es decir, que los cuerpos estaban eléctricamente NEUTROS.

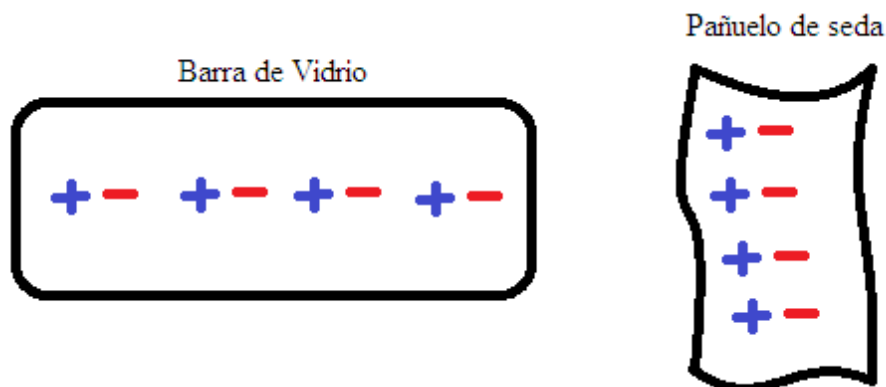


Figura (10): Barra de vidrio y pañuelo de seda eléctricamente neutros.

3.- Según lo expuesto por Franklin, ¿Es posible asegurar que cuando un cuerpo esta eléctricamente neutro, no tiene cargas? Explica.

4.- De acuerdo a lo planteado anteriormente por Franklin, ¿Qué crees que sucede cuando se frota la barra de vidrio (o la de plástico)? Además, ¿Qué crees que sucede con el pañuelo de seda (o el de lana) después de la frotación?

5.- Según tu observación y el convenio explicado por Franklin, ¿Cómo queda cargado la barra de vidrio y el pañuelo de seda posterior a la frotación? Completa la siguiente figura con $\oplus$ o $\ominus$ según lo consideres.

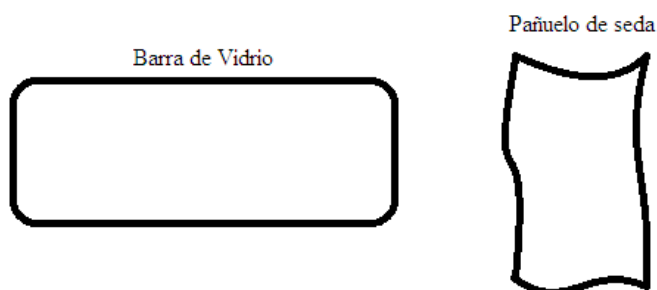


Figura (11): Completar los cuerpos según su carga eléctrica

Haciendo una ANALOGÍA, se puede decir que las cargas en la barra de vidrio están “dormidas”, por lo que no actúan, sin embargo, al frotar con el pañuelo de seda es como si éste “despertara”

las cargas y se generara un traspaso de estas de la barra hacia el pañuelo (o viceversa), de aquí que al frotar no se destruye ni crea carga, sino que se traspasa de un cuerpo a otro.

6.- En general, ¿Qué pasa con la carga en el sistema (vidrio + seda) o (acrílico + lana)? Explica.

7.- En tus propias palabras, enuncia el principio de conservación de la carga.

4.5 SECUENCIA DIDÁCTICA 4:

4.5.1 AISLANTES Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS

OBJETIVO:

- Clasificar distintos materiales como conductores o aislantes eléctricos.

En las experiencias precedentes encontramos una nueva fuerza, llamada fuerza eléctrica, la cual es la encargada de los fenómenos eléctricos; además, vimos cómo a través de la frotación se puede cargar eléctricamente algunos materiales y su respectiva explicación (la convención hecha por Franklin en el siglo XVIII). En lo que sigue, veremos otro tipo de comportamiento en los materiales, como lo es conducir o no la electricidad.

1.- Observe, describa, dibuje y nombre los materiales que tiene en su mesa de trabajo.

2.- ¿Qué sucede si se unen los cables que no hacen contacto y posteriormente se conecta la batería?

3.- ¿Qué sucede si no se une el cable? ¿A qué consideras que se debe?

4.- Y si en dicha parte desunida se coloca alguna de las barras de metal (hierro, aluminio, cobre, grafito), de tal manera que entre en contacto con las dos puntas del cable, ¿Qué sucede ahora con el bombillo? ¿A qué crees que se deba? (Realizar la unión con cualquiera de las barras teniendo la debida precaución)

5.- No es nada descabellado creer que el bombillo se enciende debido a que simplemente se completó la conexión a través de la barra, pero, ¿Qué sucede con el bombillo si en lugar de la barra metálica se une la conexión con el trozo de madera? (plástico, vidrio, porcelana, papel) ¿Por qué?

6.- Con tus compañeros, revisa nuevamente los numerales 4 y 5 y explica un motivo por el cual tu consideres que con la barra metálica si encienden el bombillo, mientras que con el trozo de madera y los otros elementos usados, no.

7.- Fue Stephen Gray (1666-1736) quien descubrió que materiales como el metal eran muy útiles para las conexiones eléctricas, mientras que otros como la madera no permitían que se llevaran a cabo dichas conexiones, introduciendo así el concepto de conductores y no conductores (mejor conocidos como aislantes o dieléctricos). Con la ayuda de tus compañeros, trata de dar una explicación del por qué un material como el metal es buen conductor, mientras la madera no.

ACTIVIDAD

Con la experiencia realizada, clasifica los materiales usados en la siguiente tabla:

Materiales conductores	Materiales no conductores

Hasta este punto, has observado que los bombillos se encienden cuando el circuito⁴⁵ está cerrado, y no es posible que este encienda cuando hay un aislante de por medio, es decir, un ‘obstáculo’ que impide el paso de corriente, más aun, un aislante impide el paso de CARGAS a través del circuito.

Llamemos corriente eléctrica i , a la cantidad de cargas que pasan a través de la sección transversal de un alambre en cierta unidad de tiempo t (1 segundo, 1 hora, etc.)

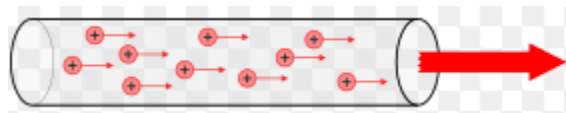


Figura (12): Diagrama circulación de carga eléctrica (corriente ‘ i ’)

EJEMPLO:

1. Considera el caso en el que a través de un cable circulan 100 cargas en 10 segundos. ¿Cuál es la magnitud de la corriente que circula por el cable?

Rta: 100 cargas $\rightarrow$ 10 segundos, entonces $i = 10 \frac{\text{cargas}}{\text{segundo}}$

8.- Si q es la carga que pasa por un cable en t segundos. ¿Cuál sería la expresión para la corriente (i)?

NOTA:

- En física es costumbre de otorgar el nombre de los descubridores a las cantidades; como por ejemplo, la unidad de medida de la carga q , se denomina Coulombio [C], en honor a Charles Coulomb (1736-1806), quien fue muy importante, puesto que logro evidenciar la relación que existe entre cargas eléctricas⁶.
- De otro lado podemos encontrar que la unidad de medida para la corriente i es el ampere [A], gracias a André-Marie Ampère (1775-1836), quien resaltó por su gran aporte en la famosa ley de ampere-maxwell.

9.- Tenga en cuenta:

Carga electrón: $e^- = -1,6 \times 10^{-19}C$ Masa electrón: $M_{e^-} = 9,1 \times 10^{-31}Kg$

⁴ Busca en un diccionario qué significa la palabra *circuito*, de ser posible, busca sinónimos también.

⁵ En este punto es conveniente que el docente realice una analogía de un circuito eléctrico, con un circuito de pista de ciclismo. Haciendo uso de que un conductor es por donde los ciclistas pueden transitar, y no pueden transitar por donde hay obstáculos, es decir, aislantes. Realice énfasis en que en este caso las cargas son los ciclistas.

⁶ Revisar y trabajar la guía correspondiente a la ‘ley de coulomb’.

Carga Protón: $P^+ = 1,6 \times 10^{-19} C$ Masa Protón: $M_{p^+} = 1,67 \times 10^{-27} Kg$

¿Qué puede ver en los datos dados? Imagine los números.

AISLANTES Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS (Parte 2)

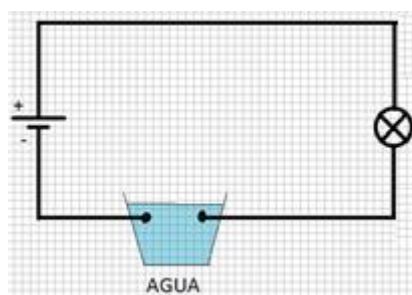


Figura (13). Montaje circuito eléctrico y agua.

1.- Teniendo todas las precauciones necesarias y con ayuda de tu profesor, realiza el montaje ilustrado en la figura.

2.- ¿Qué pasa con el circuito? ¿Por qué?

3.- Desconecta el circuito, toma sal y viértela en el cubo de agua y revuelve. Vuelve a realizar, con sumo cuidado, el circuito de la figura.

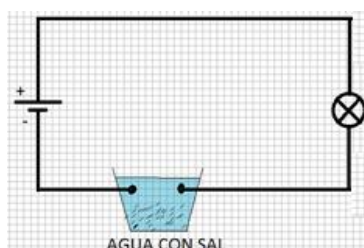


Figura (14): Montaje circuito eléctrico y agua salada.

4.- Teniendo en cuenta experiencias vividas, **y sin la necesidad de unirte a la conexión**, explica: ¿Es el cuerpo humano conductor o aislante eléctrico? ¿Por qué?

4.6 SECUENCIA DIDÁCTICA 5:

4.6.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 1)

OBJETIVOS:

- Construir e identificar las partes de un electroscope.
- Identificar cuerpos cargados con el electroscope.
- Identificar si un cuerpo es aislante o conductor con el electroscope.

Dentro del desarrollo de las distintas guías, se han detectado *fenómenos* eléctricos a través de la interacción entre dos cuerpos *electrizados*, se han hecho algunas clasificaciones entre distintos materiales *aislantes* o *conductores*, y ahora, en lo que sigue se va a desarrollar algunas experiencias con un instrumento llamado *electroscopio*, todo esto con el fin de analizar la importancia que tiene éste en el desarrollo de la teoría electrostática.

1.- En la mesa de trabajo tienes diversos materiales con los cuales ya se ha trabajado (como es el caso de la barra de vidrio, la barra de plástico, un pañuelo de seda, un trozo de piel y la barra metálica), a los cuales se le adiciona un instrumento llamado *electroscopio*. Dibuje el *electroscopio* e identifique sus partes.

2.- Toca con la barra de vidrio la rosca metálica superior del *electroscopio*. ¿Suced algo inusual (o extraño) con las láminas? Repite dicha experiencia con la barra de plástico, con la barra metálica y finalmente con tu mano (acerca uno de tus dedos). Explica qué sucede en cada caso.

3.- Según lo desarrollado en guías previas, *electrifica* la barra de vidrio, ¿Cómo lo haces? Describe el proceso.

4.- Mientras observas las láminas, toca con la barra la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué sucede con las láminas apenas se toca la esfera?

5.- Retira la barra de vidrio de la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué ocurre con las láminas?

6.- Ahora toca con la barra metálica la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué ocurre con las láminas? ¿Hay alguna diferencia entre lo que ocurrió al tocar la barra en el punto 2?

7.- Según lo desarrollado en guías previas, *electrifica* la barra de plástico (¿Cómo lo haces?) y mientras observas las láminas, toca con dicha barra la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué sucede con dichas láminas apenas se toca dicha rosca?

8.- Si alejas la barra de plástico de la rosca metálica del *electroscopio* se puede observar el mismo movimiento en las láminas que en el punto 4. Ahora, ¿Qué sucede si se toca con uno de tus dedos la rosca del *electroscopio*? ¿Sucede algo similar que en el punto 5 cuando se toca la esfera con la barra metálica? ¿Qué concluyes?

9.- En el punto 2 tocaste con tu mano la rosca metálica del *electroscopio* al igual que en el punto inmediatamente anterior. ¿Hay alguna diferencia entre lo sucedido en el punto 2 y en el punto anterior al realizar dicha experiencia con la mano?

10.- Dentro de esta experiencia pudimos utilizar nuestro cuerpo humano (a través de la mano) para realizar observaciones. ¿Consideras que al cuerpo humano (la mano) se le puede atribuir el mismo comportamiento que a la barra metálica al entrar en contacto con el *electroscopio*?

En la guía de “Objetos aislantes y conductores” pudimos observar que el metal es un conductor, de aquí que el cuerpo humano (la mano) también lo sea, ya que en el punto 7, al tocar la esfera con el dedo, las láminas se cierran de forma similar a lo hecho cuando se toca la esfera con la barra metálica (punto 5).

11.- Comparando las experiencias realizada en la guía de “Atracción y repulsión de objetos” y la guía de “Objetos aislantes y conductores” con la experiencia realizada con el *electroscopio*, ¿Qué se puede concluir de dicho instrumento? ¿Consideras que facilita las experiencias eléctricas o que por el contrario es mucho más difícil realizarlas en dicho artefacto?

4.7 SECUENCIA DIDÁCTICA 6:

4.7.1 INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA (PARTE 1)

OBJETIVO:

- Para el final de esta guía de estudio, el estudiante estará en capacidad de describir el fenómeno de inducción electrostática.

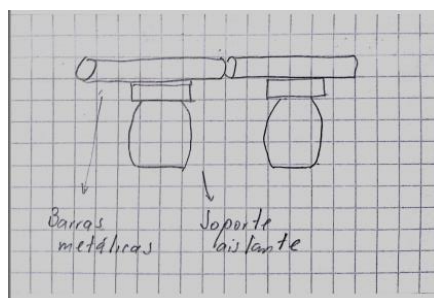
Como se observó en las guías anteriores, es posible *electrizar* algunos objetos a través de la frotación, sin embargo, hay muchas otras formas en las que diferentes objetos pueden adquirir carga. En lo que sigue, observaremos otra de las formas en las que un objeto se puede *electrizar*.

1.- Realice un dibujo de los materiales presentes en su mesa de trabajo y describa cada uno de forma detallada.

2.- Cuelgue (sin hilo) la esfera metálica en el soporte. Posteriormente tome las dos barras metálicas y sitúalas en un vaso cada una. Desde un punto de vista eléctrico, ¿Qué función cumple el hilo? ¿y los vasos que soportan las barras metálicas? Finalmente, acerque la esfera a cada una de las barras metálicas. ¿Qué le ocurre a la esfera metálica cuando la acerca a las barras? ¿cómo explica esto?

3.- Sigue estas instrucciones:

i) Tome las barras metálicas y ubíquelas de forma tal que se toquen entre sí en una de sus puntas.



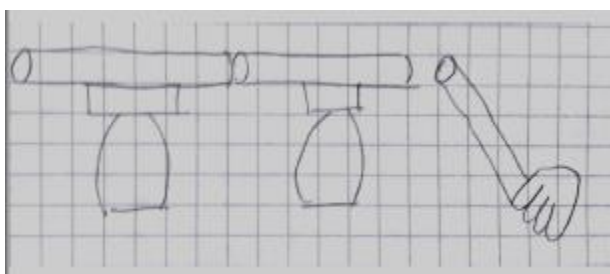
ii) Tome la barra de vidrio y *electrifíquela*. ¿Cómo lo hace?



iii) Ahora, ¿qué cree que ocurre si acercamos (sin tocar) el vidrio electrificado, al segmento de las dos barras metálicas unidas? Con sus compañeros de grupo discuta las alternativas.

iv) ¿Qué cree que ocurre si, manteniendo cerca la barra de vidrio, se separan las barras de metálicas?

v) De aquí en adelante, la barra a la cual se le aproximó la barra de vidrio se le llamará **Barra 1**, mientras que a la barra del otro costado se le llamará **Barra 2**.



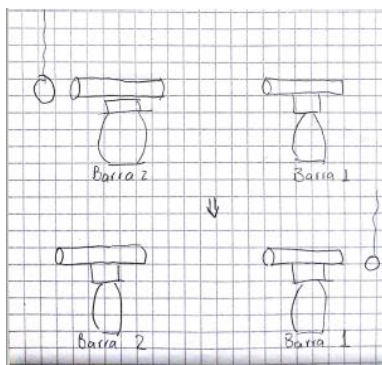
vi) Toma el vaso en el cual está apoyada la **Barra 1** y acerca dicha barra a los papeles picados ¿Qué crees que sucede? ¿A qué crees que se deba?

vii) ¿Cuál es el signo de la carga en cada barra?

¡Has encontrado otra forma de cargar un cuerpo! Esta forma es llamada: Inducción electrostática. Destaca algunas características.

INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA (PARTE 2)

1.- Ahora, resuelve la siguiente situación. Supongamos que inmediatamente cargas las barras mediante inducción; acerca la bola metálica colgante (ver figura)



¿Qué ocurre al acercar dicha barra metálica a la esfera metálica? ¿A qué consideras que se le puede atribuir dicho *fenómeno*?

2.- Compara lo sucedido en los pasos 2.- y 3.- (de la PARTE A) ¿Qué puedes concluir?

3.- ¿Atribuyes la repulsión (atracción) de la esfera metálica a las barras usadas, o al frotamiento con la barra de vidrio?

6.- ¿Qué crees que ocurra si en vez de usar barras metálicas usamos barras de plástico o vidrio?

El fenómeno que acabas de experimentar, se conoce como *inducción eléctrica*; este consiste (intuitivamente hablando) en una redistribución o acomodación de cargas eléctricas entre cuerpos, sin necesidad de que haya un contacto directo entre los cuerpos. También es posible cargar otros cuerpos mediante este fenómeno. (Considera el experimento realizado en la guía 1 donde los papelitos se cargaban por inducción y eran rápidamente atraídos, luego repelidos)

4.8 SECUENCIA DIDÁCTICA 7:

4.8.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 2)

OBJETIVOS:

- Comprender el funcionamiento del electroscope mediante el fenómeno de inducción electrostática.

Como observamos en guía #5, el *electroscopio* es un instrumento que nos facilita la detección de cuerpos *electrizados*, así como si un cuerpo es *conductor* o *aislante eléctrico*. En lo que sigue se van a desarrollar algunas experiencias con el *electroscopio*, con el fin de entender su funcionamiento, teniendo como punto de partida el *fenómeno de inducción electrostática*.

1.- Describe y dibuja cada uno de los materiales que tienes en la mesa de trabajo.

- Si el electroscope está desarmado, ármalo. (si es necesario pide ayuda a tu profesor)
- Ubica en posición inicial las láminas de aluminio del *electroscopio* (¿cómo es la posición inicial?) y posteriormente toca la rosca del *electroscopio* con una barra de vidrio *electrizada* ¿qué signo lleva la carga de la barra de vidrio? ¿Qué sucede con las láminas de aluminio al tocar con dicha barra de vidrio *electrizada* la esfera del *electroscopio*? Realiza un dibujo de la situación.

2.- ¿Qué crees que sucede con las láminas de aluminio si se acerca la barra de plástico (acrílico) previamente cargada a la rosca del *electroscopio*?

3.- Ahora hazlo, ACERCA la barra de plástico previamente *electrificada* a la rosca del *electroscopio* y mantenla cerca por un buen rato. ¿Qué sucede con las láminas? Argumenta tu respuesta y realiza un dibujo.

4.- Toca la rosca del *electroscopio* con la mano, de esta forma las láminas se juntan ¿por qué? Posteriormente *electrifica* la barra de vidrio y ponla en contacto con la rosca metálica ¿Qué sucede? ¿Es similar a lo sucedido en el punto 1? Si acercas una barra de vidrio *electrificada* SIN TOCAR la rosca metálica del *electroscopio* ¿Qué sucede con las láminas? Explica detalladamente la situación y realiza un dibujo.

5.- ¿Qué sucede en el punto 1 cuando la barra de vidrio *cargada positivamente* entra en contacto con el *electroscopio*? Explica por qué ocurre dicho fenómeno.

6.- Posteriormente, en el punto 2, se ACERCA la barra de plástico *electrificada negativamente* al *electroscopio*, ¿A qué se debe que las láminas de aluminio se junten? Explica.

7.- En el punto 3, luego de mantener la barra de plástico por un momento las láminas del electroscopio se vuelven a separar. Ahora, ¿a qué se le puede atribuir el hecho de que luego las láminas vuelvan a separarse?

8.- ¿Por qué crees que en el punto 4, al ACERCAR la barra de vidrio cargada a la rosca del electroscopio las láminas se separan aún más que en experiencias anteriores? ¿Cómo se puede explicar dicho *fenómeno* en términos de la *inducción electrostática*?

Ayuda: Ten presente la separación que tenía las láminas en el punto 1 comparada con la separación en el punto 4, además toma como base la pregunta anterior.

Como se puede observar en las dos guías que tratan sobre el *electroscopio*, dicho instrumento es fundamental para el desarrollo de la *electrostática*, ya que facilita la visualización y análisis de los principales *fenómenos eléctricos*, detectando la existencia del *campo eléctrico*.

4.9 SECUENCIA DIDÁCTICA 8:

4.9.1 CARGA PUNTUAL

OBJETIVOS:

- Reconocer el concepto de masa puntual.
- Hacer analogía del concepto de masa puntual para cargas, es decir, el concepto de carga puntual.

En guías pasadas se ha **IDEALIZADO** (es decir, se ha hecho un modelo mental, imaginado que no existe en la realidad, pero que me permite empezar a comprender un fenómeno) los conceptos de la *electrostática* a través de **analogías** con aspectos conocidos como lo puede ser el concepto de masa. De aquí que dicho concepto, clave en la *teoría de la gravitación universal* es la que más se asemeja a la *electrostática* y sus conceptos, por lo cual en esta guía será de gran importancia analizar un poco lo que sucede con las masas, para posteriormente analizar lo que sucede con las *cargas*.

1.- Nombre los materiales que tiene en la mesa de trabajo. Haga un dibujo de los mismos y finalmente describa cada uno de forma detallada.

2.- Considerando el borde de la mesa, ubique el lapicero y la canica a una misma distancia del borde de la mesa, ahora ubíquese lo más lejos posible de la mesa (observando siempre los objetos) y dibuja tal cual ves los objetos.

--	--

3.- Imagina por un momento que estas a más de 100 metros de distancia de la canica y el lapicero, dibuja los objetos como se verían desde esa distancia.

--	--

4.- De acuerdo al punto anterior, si imaginamos que ahora están a mil metros de distancia ¿es posible asegurar que a medida que sea más y más larga la distancia de la canica y el lapicero con el observador estos se van haciendo casi tan pequeños como partículas? (¿Qué es una partícula?) ¿Es posible generalizar esto con cualquier objeto?

El concepto de *masa puntual* es una idealización física en la que el cuerpo de estudio se considera puntual, y como ejemplo podemos hablar de que cuando se trabaja el tiro parabólico de un lapicero, dicho análisis se hace respecto a un “punto” del cuerpo y no respecto al lapicero como tal, (que tiene una geometría específica) a dicho “punto” lo llamaremos *centro de masa*. Dicha idea surge del hecho de que, entre mayor distancia al observador, un objeto tiende a parecerse a un punto, es decir, que aquel cuerpo es pequeño en comparación con el otro cuerpo (en este caso el observador).

5.- Según sus apreciaciones define *masa puntual*.

6.- En el numeral anterior has dicho que masa puntual es aquella cuyas dimensiones geométricas (Por ejemplo, el radio para una esfera) son pequeñas en comparación con la distancia de separación respecto al observador. Si un objeto con masa se puede considerar como *masa puntual*, entonces ¿Es posible asegurar que un objeto se puede considerar como *carga puntual* si se pone a interactuar a una distancia muy larga de otro cuerpo?

Es importante identificar los objetos como *cargas puntuales*, esto con el fin de que se logre minimizar el trabajo respecto a la *fuerza eléctrica* que puede haber entre los cuerpos, ya que dentro de dicho trabajo se puede disminuir el problema de la geometría del objeto, es decir, IDEALICEMOS la situación.

7.- A continuación, observemos un esquema que representa dos objetos (A y B) electrizados.

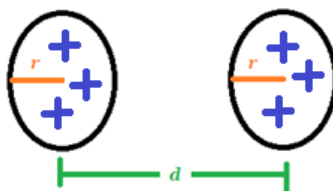


Figura (15): Dos objetos (A y B) electrizados y separados una distancia d .

- a. ¿Podemos decir que A y B son *cargas puntuales*? ¿Por qué?

- b. ¿Cómo hacer para considerarlos *cargas puntuales*? Dibuje la situación.

4.10 SECUENCIA DIDÁCTICA 9:

4.10.1 LEY DE COULOMB

OBJETIVOS:

- Reconocer que, en la Ley de Coulomb, la magnitud de la fuerza entre cargas, depende de la variación de la distancia entre ellas y de las cargas mismas.
- Definir la unidad de carga elemental Coulombio.

En las guías anteriores observamos que los cuerpos *electrizados* interactúan entre ellos, atrayéndose o repeliéndose entre sí, es decir, en lo que se sigue nos proponemos encontrar una explicación cuantitativa que dé cuenta de tal comportamiento.

En 1785 el físico francés Charles Coulomb (1736 - 1806) estudió experimentalmente dichos *fenómenos* con el fin de darle una explicación cuantitativa a través de una balanza de torsión cuyo esquema se observa en la (Fig. 1).

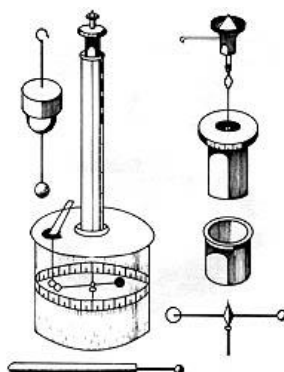


Figura (16). Aparato de Coulomb desarmado.

Nota: En lo que sigue, cuando se hable de *carga* “ q ” (o *cargado*) positivamente se hará alusión a un cuerpo *electrificado* positivamente, y cuando se hable de *carga* (o *cargado*) negativamente se hará alusión a un cuerpo *electrificado* negativamente.

1.- La figura 2 muestra de forma simple cómo funciona la balanza de torsión mediante dos esferas *cargadas* positivamente (A y B). ¿Qué sucede si la esfera A se mantiene *cargada* positivamente, pero la esfera B pasa a estar *cargada* negativamente? Realiza un dibujo como la imagen indicando la dirección en la que se movería la esfera B.

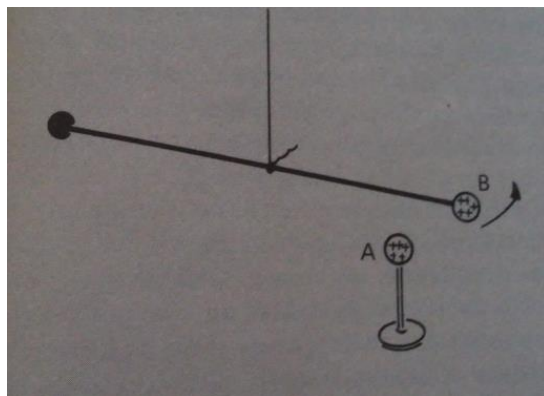


Figura (17). Diagrama de la balanza en el interior del aparato.

--

2.- Ahora, supongamos que las esferas A y B están *cargadas* positivamente, ¿qué crees que ocurre con la balanza de torsión? Y ¿a qué se debe que ocurra? Explica tu respuesta.

3.- Coulomb varió la distancia entre las esferas y observó que la *fuerza* que se ejercen también cambiaba. Encontró el siguiente patrón:

DISTANCIA (cm)	FUERZA (N)	FUERZA (N)
1	1	1
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2^2}$
3	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3^2}$
4	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4^2}$
5	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5^2}$
D	$\frac{1}{d^2}$	$\frac{1}{d^2}$

Según la tabla, ¿cómo varía la fuerza con la distancia según los datos observados por Coulomb? Realiza un gráfico en el plano cartesiano tratando de proponer una relación entre fuerza y distancia. Que sucede con la fuerza si la distancia no es d sino $2d$? Explica

Análisis cualitativo

4.- Después de analizar como varía la *fuerza* respecto a la distancia entre las esferas *cargadas*, es necesario analizar cómo varía la *fuerza* si hay mayor o menor *carga* entre las esferas. Como vimos anteriormente, si tenemos dos esferas *cargados*, entre ellas se genera una *fuerza*, donde posteriormente Coulomb observó que si se reduce a la mitad la *carga* (¿Cómo?) de una de las esferas, también se reduce a la mitad la *fuerza* entre ellas, es decir que si la *carga* de una esfera es q , mientras que la carga de la otra esfera es Q , **dicha fuerza sería directamente proporcional tanto a q como a Q** . ¿Es posible decir que la *fuerza* es proporcional a la suma de las *cargas* ($q+Q$) o al producto de las mismas ($q*Q$)? Explica tu respuesta.

5.- Ahora, debido al punto 3 que si llamamos a r la distancia entre las esferas, entonces $F \propto \frac{1}{r^2}$, luego, con lo dicho en el punto 4, con q y Q las *cargas* en las esferas, tenemos que $F \propto qQ$, y finalmente la expresión que las contiene a ambas es $F = k \frac{qQ}{r^2}$ donde k es la constante de proporcionalidad, la cual se utiliza con el fin de volver dichas proporciones una igualdad como la anterior. Ahora bien, ¿en qué dirección está la fuerza entre las cargas? ¿De qué dependería dicha dirección? Explica tu respuesta.

Finalmente, tenemos que la **ley de Coulomb** es $\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2} \vec{u}_r$ donde a $\vec{F}$ se le conoce como **fuerza eléctrica** y además:

- k es el factor de proporcionalidad, la cual es una constante donde su valor depende de las unidades en que se miden la *fuerza* (N), la separación (m) y la *carga* (Coulombio).

Normalmente dicha constante en el sistema de medida SI es $k \approx 9 \times 10^9 \frac{\text{newton} \cdot \text{m}^2}{(\text{Coulombio})^2}$.

- b. $\vec{u}_r$ es un vector unitario dirigido de q hacia Q , es decir, es el que da la dirección de la fuerza, tal como se muestra en la figura 3.

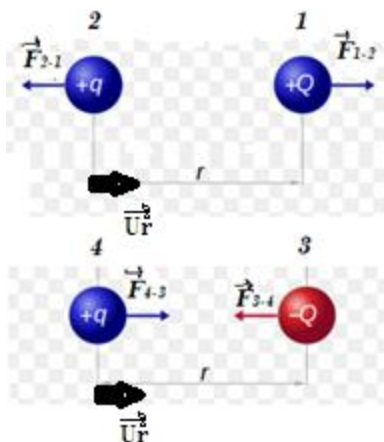


Figura (18). Dirección de la fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas.

NOTA: Como notación tendremos que $\vec{F}_{1-2}$ es la fuerza sobre **1** ejercida por **2**.

Observe que $\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$ son cargas de acción y reacción (Tercera ley de Newton) pues tienen igual magnitud y sentido opuesto.

6.- Teniendo en cuenta las unidades en el sistema MKS, la fuerza F se da en Newtons (N), mientras que la distancia se da en metros (m), por lo cual la expresión $\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2}$ me dice que $[N] = kqQ[\frac{1}{m^2}]$ pero, ¿En qué unidades se dan las cargas q y Q ?

La comunidad científica acordó dar el nombre a la unidad de acuerdo a quien haya trabajado en su desarrollo, y es por eso que para la fuerza se mide en Newtons, mientras que para la carga se seleccionó el de Coulomb y la unidad es **Coulombio**. Pero, ¿qué es un **Coulombio**?

Volvamos a la ecuación $F = k \frac{qQ}{r^2}$ y tomemos dos cuerpos con cargas iguales q que se separan 1m, luego la fuerza que se midió fue de $9 \times 10^9 N$, entonces:

$$F = k \frac{qQ}{r^2}$$

Tenemos que $F = 9 \times 10^9 N$, que la distancia de separación es $r = 1m$ y que $q = Q$, luego reemplazando dichos valores tenemos que:

$$9 \times 10^9 = k \frac{q^2}{1^2}$$

Por el literal a del punto 5, $k \approx 9 \times 10^9 \frac{\text{newton} \cdot m^2}{(\text{Coulombio})^2}$ y haciendo $q=c$ tenemos que:

$$9 \times 10^9 = (9 \times 10^9) * c^2$$

De aquí que:

$$1\text{coulombio} = c$$

Finalmente, ¿Qué es un **Coulombio**?

4.11 SECUENCIA DIDÁCTICA 10:

4.11.1 EJERCICIOS

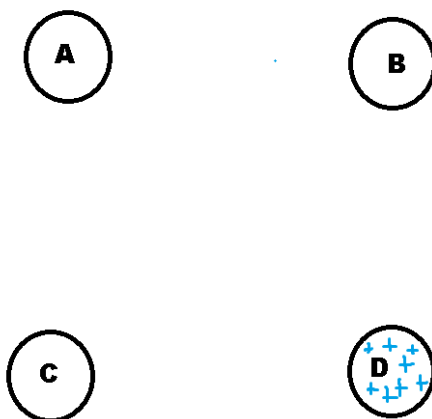
Hasta ahora has trabajado muchos conceptos, entre los cuales están: la carga eléctrica, el fenómeno de inducción eléctrica y la fuerza eléctrica entre otros más. Ahora bien, es de vital importancia que trates de dar respuesta a preguntas en las que se ven involucradas las temáticas vistas.

Actividad 1:

- Supongamos que tenemos los objetos A, B, C y D cargados, donde tenemos que el objeto A repele al B, al mismo tiempo que el A atrae al C y este último repele al D. si se sabe que D está cargado positivamente, ¿qué clase de carga lleva B?
- ✓ Para comenzar, entendamos bien el ejercicio y escribamos la información que nos ofrece el enunciado.

DATOS
1. El objeto A repele al B
2. El objeto A atrae al C
3. El objeto C repele al D
4. D está cargado positivamente

- ✓ Realicemos un diagrama inicial del ejercicio



- ✓ Una vez realizado el diagrama que describe mi ejercicio, he de empezar a 'especular' con las hipótesis que me ofrece el enunciado.

Con el fin de facilitar el problema, separemos los objetos de manera que sea posible analizarlas como *cargas puntuales*.

1.- Dado que el objeto C repele al objeto D, ¿Cómo es la fuerza que D ejerce sobre C y viceversa? Dibuja la situación.

2.- Teniendo en cuenta el dibujo anterior y el hecho de que D está cargado positivamente ¿Qué podemos concluir de la carga del objeto C? Explica.

3.- Posteriormente tenemos que el objeto A atrae al objeto C. ¿Cómo es la fuerza que A ejerce sobre C y viceversa? Realiza un dibujo de la situación teniendo en cuenta aspectos pasados.

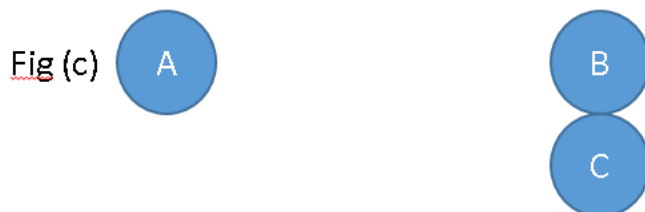
4.- Teniendo en cuenta el dibujo anterior y el hecho de que C está cargado positivamente ¿Qué podemos concluir de la carga del objeto A? Explica.

5.- Finalmente tenemos que el objeto A repele al objeto B. ¿Cómo es la fuerza que A ejerce sobre B y viceversa? Realiza un dibujo de la situación teniendo en cuenta aspectos pasados.

6.- Ahora, teniendo en cuenta el dibujo anterior y el hecho de que A está cargado negativamente ¿Qué podemos concluir de la carga del objeto B? Explica.

Actividad 2:

- Dos esferas conductoras idénticas, con cargas iguales (q), A y B [Figura (a)], se repelen mutuamente. Otra esfera idéntica descargada C toca A [Figura (b)] y luego se desplaza hacia la derecha hasta tocar B [Figura (c)].
 - ¿Cuál es ahora la fuerza eléctrica sobre A en el momento en que B y C entran en contacto?
 - ¿cuál es la fuerza eléctrica sobre C (después de tocar A), cuando está a la mitad de camino entre A y B?



- ✓ Para comenzar, entendamos bien el ejercicio y escribamos la información que nos ofrece el enunciado.

DATOS
1. A, B y C son esferas conductoras.

2. A y B tienen la misma carga q .

- ✓ Como todas las esferas son idénticas, supongamos que tienen un radio R , luego supongamos que la separación r entre las esferas A y B es muy grande comparada con el radio R , es decir $r \gg R$, luego dichas esferas conductoras se pueden ver como **cargas puntuales**.

Nota: ES IMPORTANTE QUE ANTES DE REALIZAR ESTE EJERCICIO SE HAYA REALIZADO UN BUEN TRABAJO CON LA GUÍA DE **CARGA PUNTUAL**.

1.- ¿Qué ocurre cuando C toca A siendo ambas esferas conductoras? Explica y realiza un dibujo de la situación.

2.- Luego, ¿Qué ocurre cuando C toca B?

Llamemos Q_A , Q_B y Q_C a las cargas que tendrán las esferas A, B y C respectivamente.

3.- Ahora, teniendo en cuenta que $\vec{F}_A = \vec{F}_{A-C} + \vec{F}_{A-B}$, además que si aplicamos la **ley de Coulomb** para las cargas puntuales B y C ¿Cuáles serían los magnitudes de las fuerzas $\vec{F}_A$, $\vec{F}_{A-C}$ y $\vec{F}_{A-B}$? Desarrolla matemáticamente.

--

4.- Teniendo en cuenta el ejercicio inicial, ¿cuáles son los valores de Q_A , Q_B y Q_C ?

--

5.- Reemplaza los valores de Q_A , Q_B y Q_C en la ecuación del punto 3. ¿Cuál es el valor ahora de F_A ?

6.- Simplifique al máximo el valor de F_A ¿Cuál es ahora la magnitud de F_A ? Explicar dicho resultado.

7.- Para el literal b es importante tener en cuenta que cuando C va a mitad de camino, solamente ha está en la mitad de la distancia entre esferas, es decir $r/2$, además solo ha tocado a la esfera A, ¿Cuáles son ahora los valores para Q_A , Q_B y Q_C ?

8.- Teniendo en cuenta que $F_C = F_{C-A} + F_{C-B}$, ¿Cuáles son los valores de F_C , F_{C-A} y F_{C-B} ?

9.- ¿Cuál es el valor de F_C si se reemplaza los valores de Q_A , Q_B y Q_C en la ecuación del punto anterior? Desarrolle matemáticamente.

--

10.- Simplifique al máximo el valor de F_c ¿Cuál es ahora la magnitud de F_c ? Explicar dicho resultado.

4.12 SECUENCIA DIDÁCTICA 11:

4.12.1 CAMPO ELÉCTRICO

OBJETIVOS:

- Introducir el concepto de campo eléctrico como una zona o región del espacio afectada y/o modificada por la carga eléctrica.
- Mostrar la relación entre el campo gravitatorio $\vec{g}$ y el campo eléctrico $\vec{E}$, para poder dar la definición formal de éste.
- Mostrar la forma de las líneas de campo eléctrico para una carga positiva y negativa.

El siguiente concepto a trabajar es muy importante en el desarrollo de la teoría eléctrica pues es con base en él que se desarrollan fenómenos y teorías posteriores; además éste concepto ha sufrido varios cambios a lo largo del tiempo, cambios que han permitido esclarecer a cabalidad la teoría eléctrica.

En este punto es importante recurrir a una valiosa herramienta en cualquier campo del conocimiento, como lo es la ANALOGÍA. Su importancia radica en que permite realizar contrastes, o mejor aún, las *analogías* permiten comparar fenómenos entre sí, con el fin de encontrar similitudes y diferencias, ayudando a simplificar el trabajo a la hora de entender nuevos fenómenos. Es por esto que, para poder hablar de campo eléctrico, primero hablaremos de campo gravitacional.

1.- ¿Por qué al soltar un objeto o lanzarlo, este siempre cae?

2.- Desde un punto de vista fenomenológico ¿es posible que entre tus compañeros haya atracción alguna? Considera otros objetos. ¿Cómo es tal atracción entre tus compañeros comparada con la atracción entre la tierra y tu? ¿A qué consideras se debe la atracción?

Observa lo siguiente:

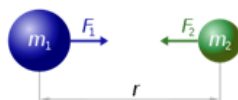


Figura (19): Imagen de guía para mostrar la ley de gravitación universal

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}; G \approx 7 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{Kg^2}$$

La anterior ecuación es llamada: *La ley de gravitación universal* de Sir Isaac Newton. Ella describe las fuerzas que intervienen entre dos cuerpos que están separados una distancia r tal y como se muestra en la figura anterior.

3.- Observa nuevamente la ecuación y fíjate en la constante G . ¿encuentras alguna relación con la pregunta 2?

4.- Es claro hasta ahora que la masa de un cuerpo tiene un ‘efecto’ o acción a distancia sobre otro cuerpo que está a una cierta distancia. ¿En qué momento empieza a actuar tal acción a distancia?

La anterior fue una pregunta que tuvo décadas de discusión científica, debates entre grandes exponentes de la disciplina de las ciencias naturales. Es en este punto pues, que se introduce el concepto de ‘CAMPO’ como la afectación del espacio alrededor de un cuerpo. ¿Cómo podemos dar evidencia del campo gravitatorio? Observemos:



Figura (20). Diagrama análogo campo gravitacional.

Ubiquemos nuestro sistema inercial de referencia, suponiendo que estamos viendo desde el infinito el planeta tierra y el cuerpo de masa m , separados por una distancia r . Ambos ejercen una fuerza de atracción entre sí, la cual se manifiesta debido a que cada cuerpo posee un campo gravitatorio.

Llamemos $\vec{F}_{M_T}$ a la fuerza que el planeta tierra ejerce sobre el cuerpo m (flecha verde); y $\vec{F}_m$ a la fuerza que el cuerpo m ejerce sobre el planeta tierra (flecha café). Gracias al tercer axioma del movimiento podemos establecer que: $\vec{F}_{M_T} = -\vec{F}_m$. Donde el signo menos indica que las fuerzas van en dirección contraria.

5.- Ahora, analizando únicamente las magnitudes de las fuerzas $\vec{F}_{M_T}$ y $\vec{F}_m$, ¿Es posible asegurar que $F_{M_T} = F_m$? ¿Por qué? Explica.

--

6.- Teniendo presente las leyes de Newton, ¿Qué conclusiones se pueden sacar respecto a F_{M_T} y F_m vista como magnitudes? Explica.

7.- ¿Cómo es a_T comparado con a_m ? Explica teniendo en cuenta el álgebra básica para despejar a_T y a_m respectivamente y analizar su comportamiento.

8.- Teniendo en cuenta el punto anterior, ¿Qué concluyes respecto al campo gravitacional?

Dado que el campo gravitatorio existe para cualquier objeto de masa m , y en presencia de un objeto se experimenta una fuerza, el campo gravitacional es por definición: $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$. Debemos resaltar el hecho de que **las fuerzas gravitacionales son únicamente de carácter atractivo**.

En lo que sigue, buscaremos la manera de IDEALIZAR el concepto de *campo eléctrico* partiendo de lo anteriormente discutido sobre campo gravitatorio.

- Observa la siguiente situación:

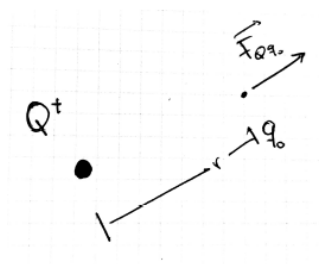


Figura (21). Situación concreta campo eléctrico.

Supongamos que tenemos una carga Q positiva y una carga de prueba q_0 separadas por una distancia r . Note además que $Q \gg q_0$

9.- De acuerdo a la analogía hecha con anterioridad sobre el campo gravitacional, ¿cómo definiría el campo eléctrico? Conjetura al respecto con tu grupo de trabajo.

10.- ¿Influye en algo que la carga de q_0 sea positiva o negativa? Realiza un diagrama. ¿Qué concluyes respecto de la dirección del campo eléctrico?

11.- Retoma nuevamente el punto 10, y teniendo como base la definición de campo gravitatorio $\vec{g}$, define con tus propias palabras el campo eléctrico $\vec{E}$.

12.- Imagina que tienes una lámina de cartón y la sobrepones en la figura 3, de tal forma que sea muy cerca de la carga positiva y que además rodee una parte de ésta, teniendo como fin que las flechas atraviesen la lámina. ¿Cuántas líneas pasan por la lámina? si la misma lámina se aleja del centro ¿cuántas líneas pasan? ¿Qué pasa si se aleja más, la misma lámina? Concluye.

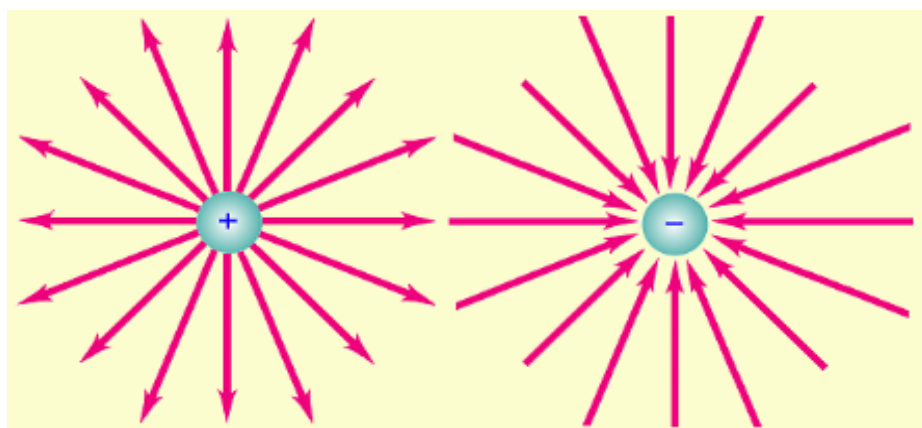


Figura (22). Campo eléctrico para carga positiva y negativa.

4.13 SECUENCIA DIDÁCTICA 12:

4.13.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO

OBJETIVOS:

- Definir y comprender el concepto de *diferencia de potencial eléctrico*.
- Introducir el concepto de superficie equipotencial.

Hasta ahora hemos desarrollado el concepto de carga eléctrica e identificamos el campo eléctrico como el espacio afectado por la presencia de una carga. Nos aprontamos a definir uno de los conceptos más importantes y útiles de la electrostática como lo es, la *diferencia de potencial eléctrico* o *voltaje* (V) como regularmente se le conoce.

Quizás usted ha observado que en nuestras casas llega una acometida eléctrica que tiene dos cables conductores de cobre que transporta la energía eléctrica, que luego se distribuye en la casa en unas cajitas pegadas a la pared que tienen dos ranuras en las que se conectan los aparatos eléctricos (llamados popularmente tomas o enchufes). Entre las dos ranuras existe una *diferencia de potencial* o *voltaje*.



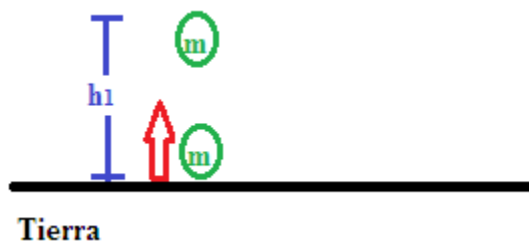
Figura (23): En los enchufes (o tomas) es donde se puede observar la diferencia de potencial.

El concepto de *diferencia de potencial eléctrico* es análogo al potencial gravitacional, aunque allá es más usado el concepto de *energía potencial gravitacional*, al fin y al cabo, tanto el campo gravitacional $\vec{g}$, como el campo eléctrico $\vec{E}$ son ambos campos vectoriales.

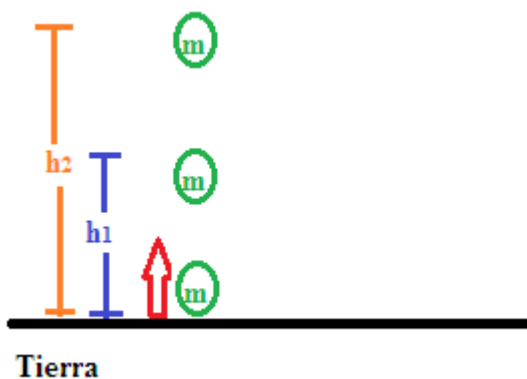
1.- ¿Recuerda cómo se define $\vec{E}$ y $\vec{g}$? Explica y realiza un dibujo de $\vec{E}$ y $\vec{g}$.

Nosotros estamos familiarizados con el campo gravitacional de la tierra. Observemos ahora que le pasa a un cuerpo de masa m en el campo $\vec{g}$ de la tierra (tenga presente que la masa de la tierra es muy grande comparada con una masa m).

2.- Suponga que el cuerpo m está en la superficie y deseamos alzarlo a una altura h_1 cualquiera tal y como se muestra en la figura. ¿Cómo lo harías? Desde el punto de vista de la física ¿Qué está haciendo al alzarlo?



3.- Si ahora lo quisiera subir hasta h_2 , ¿Cómo lo harías?



Recuerde que, en su curso pasado, usted dijo que la energía transferida mediante el trabajo SE ACUMULA en el sistema (en este caso tierra y pelota) en forma de energía potencial gravitacional.

4.- ¿Cómo se visualiza la diferencia de energía potencial gravitacional?

5.- ¿Qué ocurre ahora si soltamos la masa m ?

6.- ¿Cómo escribe la variación de energía cinética y la variación de energía potencial?

(ecuación 1)

7.- En la expresión anterior, ¿Qué significa el signo menos? Explica.

Pues bien, esta misma idea la usaremos para introducir el concepto de *diferencia de potencial eléctrico*.

Veamos:

8.- Supongamos que tenemos una pequeña masa con carga puntual positiva $+Q$ (tal como en la experiencia anterior teníamos la masa de la tierra) que genera un campo eléctrico $\vec{E}$. Dibuja las líneas de campo eléctrico.

--

9.- Ahora, ubica un pequeño cuerpo, como por ejemplo un protón de masa $m=1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ y carga positiva $+q_0=1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (análogo a la masa **m** en la experiencia anterior). ¿Qué ocurre cuando se suelta $+q_0$ en el campo eléctrico $\vec{E}$? Describa el movimiento.

El análisis que ha hecho puedo expresarlo diciendo que ANÁLOGO al campo gravitacional, existe también una *ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA* que permite que la carga aumente la energía cinética hacia la región que se ALEJA de **+Q**.

10.- ¿Cómo queda entonces la expresión expuesta en el punto 6 (**ecuación 1**) para este caso?

--

11.- ¿Qué le ocurre a la energía potencial eléctrica cuando el protón se aleja de **+Q**? Explique

12.- Con tus compañeros de grupo intenta generalizar esta observación.

13.- Ahora, toma dos puntos cualesquiera A y B en el campo eléctrico E como en la siguiente imagen. ¿Cuál de los dos puntos A y B tiene mayor energía potencial eléctrica?

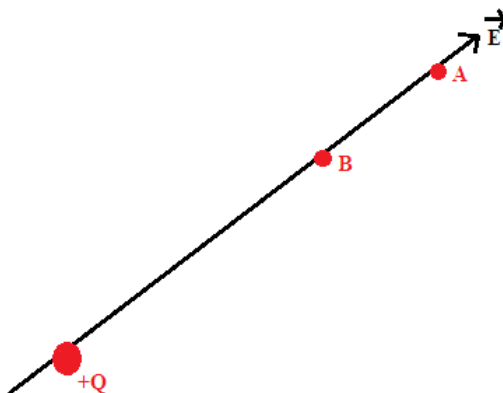


Figura (24): Línea de campo eléctrico con varios puntos de referencia.

Su observación es correcta, los puntos A y B tienen diferente energía potencial eléctrica, o sea que entre A y B hay una *diferencia de energía potencial eléctrica*. Con estos elementos introducimos una definición así:

Llamase *DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO* a la diferencia de energía potencial eléctrica por unidad de carga de prueba q_o , es decir que, denotando a V_A como potencial en el punto A, tenemos que:

$$V_A - V_B \equiv \frac{\Delta U_e}{q_o} = \frac{U_A - U_B}{q_o}$$

14.- Ahora, ¿Cómo es el valor de U_A , con respecto a U_B ?

--

15.- Teniendo en cuenta el punto anterior, ¿Cómo es la diferencia $U_A - U_B$?

--

16.- ¿Cómo es entonces el potencial eléctrico en B respecto al potencial en A?

--

--

17.- ¿Qué le ocurre al potencial si me voy acercando cada vez más a $+Q$?

18.- Recíprocamente, ¿Qué le ocurre al potencial eléctrico si me voy alejando cada vez más de $+Q$?

19.- Con ayuda de sus compañeros, generalice esta situación.

20.- Ahora tomemos varios puntos en el campo eléctrico como se muestra en la siguiente figura. ¿Cómo es el potencial en cada uno de los puntos y cómo se relacionan entre sí?

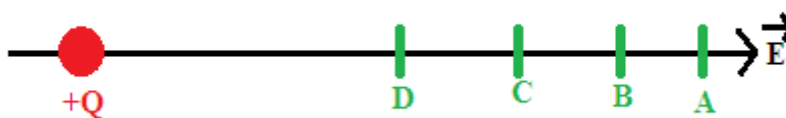


Figura (25): Línea de campo eléctrico con distintos puntos de referencia.

--

Observe la siguiente figura:

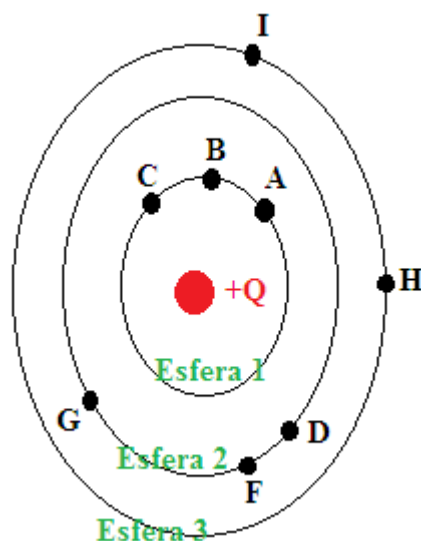


Figura (26): Superficies equipotenciales con varios puntos de referencia.

21.- ¿Cómo es el potencial en los puntos A, B y C? ¿Cuál es el trabajo para llevar una carga del punto A al punto B o C? Explica.

22.- ¿Cómo llamaría a una superficie como la esfera 1 donde los puntos A, B y C tienen el mismo potencial?

23.- ¿Para qué conjunto de puntos marcado en la figura, la diferencia de potencial es el mismo?

4.14 SECUENCIA DIDÁCTICA 13:

4.14.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO (Ejercicio)

OBJETIVO:

- Reconocer que el potencial crece o es más positivo a medida que se acerca a la carga positiva y que disminuye o es más negativo a medida que se acerca a la carga negativa

Supongamos que tenemos un sistema de 2 cargas puntuales $+Q$ y $-Q$ y que usted suelta una carga $+q_0$ en el punto **a** referenciado en la siguiente imagen.

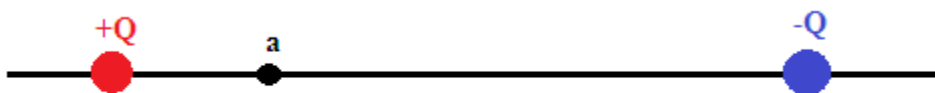


Figura (27). Sistema de dos cargas puntuales $+Q$ y $-Q$.

En lo que sigue realizaremos una descripción de lo que sucede con $+q_0$ en términos del potencial eléctrico.

1.- ¿Qué sucede con la carga $+q_0$ al soltarla en dicho punto? Describa el movimiento y realice un dibujo.

2.- En términos de *velocidad*, ¿Qué sucede con $+q_0$ cuando se acerca a $-Q$? Por lo anterior, ¿Cómo sería la energía cinética a medida que $+q_0$ se acerca a $-Q$?

3.- Teniendo en cuenta el punto anterior, ¿Qué sucede con la energía potencial eléctrica cerca a la carga $-Q$?

--

4.- Discute con tus compañeros y el profesor, la física desarrollada en este ejercicio y teniendo como base la guía anterior, concluye.

Es importante resaltar que entre las cargas $+Q$ y $-Q$ existe una diferencia de potencial, la cual se denota por $V+$ y $V-$, además que se acostumbra a llamar polos eléctricos a la región donde está $+Q$ y $-Q$, por eso decimos que entre las dos ranuras de los toma corriente de la casa hay una diferencia de potencial o voltaje (V).

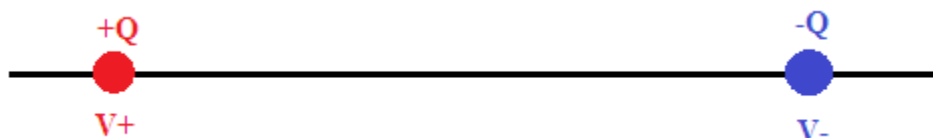


Figura (28). Representación del potencial en las cargas $+Q$ y $-Q$.

A los polos se les representa así:

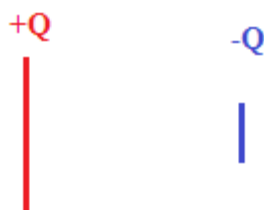


Figura (29). Representación de los polos.

O como se ve en un circuito:



Figura (30). Representación común de los polos en un circuito.

Donde la línea más larga indica que el potencial es mayor, mientras que la más corta que el potencial es menor.

4.15 SECUENCIA DIDÁCTICA 14:

4.15.1 CORRIENTE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA (Ley de Ohm)

Objetivos:

- Definir el concepto de corriente eléctrica como la cantidad de carga que atraviesa la sección transversal de un conductor en la unidad de tiempo.
- Definir la resistencia de un cuerpo como la oposición que presenta el cuerpo al paso de la corriente eléctrica, identificando también que la resistencia depende del material y de su geometría.

1.- ¿Qué se necesita para generar una corriente eléctrica i ?

2.- Definamos corriente eléctrica i como el movimiento de cargas eléctricas (en los conductores metálicos, se mueven los electrones⁷⁾) que atraviesan una sección transversal en la unidad de tiempo, veamos la figura siguiente:

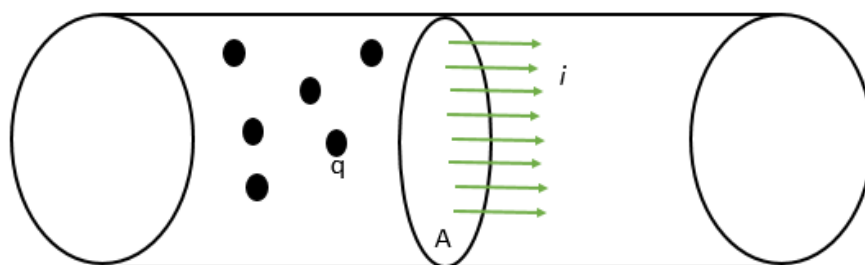


Figura (31): Imagen de quía para mostrar la corriente eléctrica i .

¿Cómo consideras es la expresión que defina la corriente i ?

⁷ Revisar experimento: Efecto Hall.

La corriente i , es medida mediante un dispositivo llamado amperímetro.

Es ideal que el docente cuente con un amperímetro para mostrar su uso, dando una explicación de cómo usarlo.

3.- La carga de un electrón⁸ es de $e^- = 1,6 \times 10^{-19} \text{Coulombios}$. Decimos que por una sección transversal de un conductor pasa una corriente de 1A, cuando pasa 1 coulomb en 1 segundo. ¿Cuántos electrones se necesitan para que por un alambre conductor pase una corriente de 1A? Considera la cantidad obtenida.

CORRIENTE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA (LEY DE OHM)

Objetivos:

- Definir el concepto de corriente eléctrica como la cantidad de carga que atraviesa la sección transversal de un conductor en la unidad de tiempo.
- Definir la resistencia de un cuerpo como la oposición que presenta el cuerpo al paso de la corriente eléctrica, identificando también que la resistencia depende del material y de su geometría.

1.- Suponga que tenemos el siguiente conductor metálico de cobre, como en la figura:

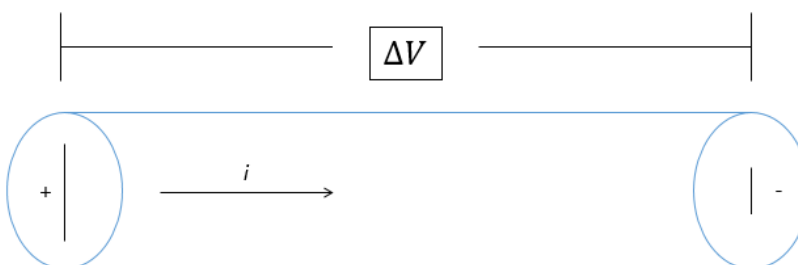


Figura (32): Conductor metálico para ejercicio de corriente eléctrica.

El conductor metálico de cobre, posee una cantidad aproximada de cargas libres, dada por: $n = 8 \times 10^{28} \frac{\text{cargas}}{\text{m}^3}$.

Suponga que las cargas libres son electrones. ¿Qué se necesita para que se muevan en el conductor?

⁸ Revisar experimento de la gota de aceite de R. Millikan.

--

2.- ¿qué sucede si se aumenta la diferencia de potencial? Considere el número de cargas que se moverán y sus implicaciones.

3.- Con su grupo de trabajo, especule sobre una posible hipótesis que dé cuenta de la relación que hay entre la corriente y la diferencia de potencial.

4.- ¿Cómo crees que es la corriente a través del conductor metálico si encuentra mucha resistencia al paso de cargas? (*Sugerencia:* Imagina el agua que fluye a través de un tubo, cuando le pones un dedo o tapas la boca del grupo)

5.- Como en el punto 3, debate y plantea una relación entre la corriente y la resistencia.

CONCLUSIÓN:

La guía de estudio trabajada anteriormente fue un incentivo teórico para lo que concluiremos ahora.

El físico alemán George Simon Ohm (1789-1854) formuló una famosa ley que lleva su nombre, esta es: *La diferencia de potencial que es aplicada en los extremos de un conductor es proporcional a la intensidad de corriente que circula por dicho conductor.* Lo anterior podemos escribirlo como sigue:

$\Delta V = iR$, siendo R la resistencia que presenta el conductor al paso de la corriente i .

4.16 SECUENCIA DIDÁCTICA 15:

4.16.1 CIRCUITOS ELÉCTRICOS

OBJETIVO:

- Mostrar la ley de Kirchhoff en distintos circuitos en serie y en paralelo.

En lo que sigue analizaremos la forma en que se solucionan circuitos eléctricos, teniendo en cuenta lo visto en la guía anterior (Corriente y resistencia) y una ley que nos será de mucha ayuda.

1.- Describa y dibuje los materiales que tiene en su mesa de trabajo.

Con ayuda del docente y de tu grupo de trabajo, realiza el siguiente circuito ubicando en R1, R2 y R3 cualquiera de las resistencias dadas:

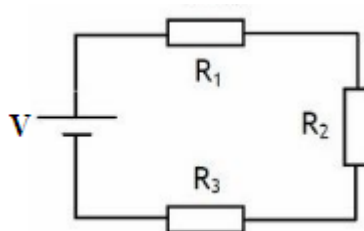


Figura (33). Circuito en serie.

2.- Llamando V1, V2 y V3 las diferencias de potencial a través de R1, R2 y R3 respectivamente, ¿Cuáles son los valores para V1, V2 y V3? Ayuda: Halla dichos valores con la ayuda del voltímetro.

--	--	--

3.- Toma los valores de V1, V2 y V3 y súmalos, ¿A qué es igual dicha suma? ¿Qué puedes concluir de V1, V2, V3 y V?

4.- Ahora, con ayuda del multímetro, mide la corriente en varios puntos del circuito. ¿Qué puedes concluir de esto?

Ahora, con ayuda del docente realiza el siguiente circuito ubicando en R_1 , R_2 y R_3 cualquiera de las resistencias dadas:

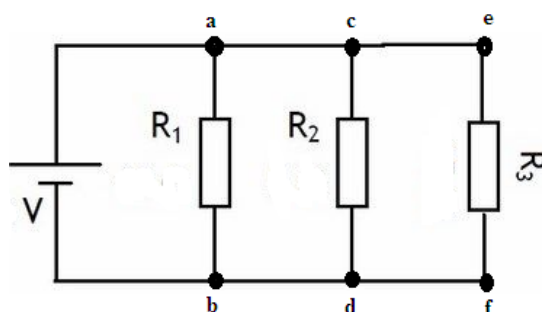


Figura (34). Circuito en paralelo.

5.- Ahora, mide la diferencia de potencial colocando las puntas de prueba del multímetro en los puntos a y b, luego en c y d y por último en e y f. ¿Cómo es dicha diferencia de potencial comparado con el voltaje o diferencia de potencial de la pila V? ¿Qué puedes concluir?

6.- Con ayuda del amperímetro mide la corriente que entra al punto a y posteriormente mide la corriente que sale del punto b. ¿Cómo son dichas magnitudes?

7.- Llamando i_1 , i_2 e i_3 a las corrientes que están entre ab, cd y ef respectivamente, ¿Cuáles son los valores para i_1 , i_2 e i_3 ? Ayuda: Halla dichos valores con la ayuda del amperímetro.

--	--	--

8.- Toma los valores de i_1 , i_2 e i_3 y súmalos, ¿A qué es igual dicha suma? ¿Qué puedes concluir de i_1 , i_2 , i_3 e i (denotando i a la corriente calculada en el punto 6)?

9.- Con ayuda de tu grupo de trabajo y del profesor, y teniendo en cuenta lo desarrollado en esta guía concluye respecto a cómo es la corriente y el potencial tanto en circuitos en serie como en paralelo.

CAPÍTULO 5

5. SECUENCIAS DIDÁCTICAS DEL DOCENTE

5.1 ORIENTACIONES PARA EL PROFESOR:

Este capítulo resuelve las guías para el estudiante que se presentaron en el capítulo 4, con el mayor detalle posible y se hacen las debidas orientaciones didácticas a fin que se logren los objetivos del curso. Se dan por supuesto, explicaciones puntuales y se insiste que el profesor es sólo un orientador de las discusiones que los estudiantes hacen en sus grupos y de ninguna manera debe dar respuestas.

El profesor conformará grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes y que dichos grupos inicialmente los conformen los mismos estudiantes, sin embargo, es posible que sea el profesor quien después haga algún tipo de modificación en los integrantes de los grupos.

De igual manera, el profesor deberá tener toda la implementación lista: equipos, materiales y fotocopias; con el fin de no dejar nada al azar, además debe de dar una introducción del tema, resaltando y mostrando la importancia del tema en la vida cotidiana. Debe explicar la metodología de la enseñanza que se hace en estas guías que a riesgo de repetir busca que el estudiante se familiarice con el análisis de los fenómenos vía a construir un modelo del fenómeno mediante el lenguaje, por lo que es muy importante que motive a los estudiantes al trabajo tanto individual como colectivo y observe, hable y escriba sobre el fenómeno en cuestión, en nuestro caso el fenómeno eléctrico.

Las guías recorren desde las ideas iniciales de la electricidad caso carga eléctrica, fenómeno de inducción, campo eléctrico y circuitos eléctricos, esto es, se hace un recorrido coherente de la electrostática a nivel elemental, pudiendo muchas de estas guías aplicarse a

estudiantes de acuerdo a su nivel de escolaridad, por lo cual, como sugerencia se presenta un diagrama para que el profesor lo tenga en cuenta si es de su parecer.

5.2 SECUENCIA DIDÁCTICA 1

5.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

OBJETIVOS:

- Identificar que los cuerpos son atraídos por la presencia de la fuerza gravitacional $\vec{F}_g$, la cual es ejercida por la tierra sobre los cuerpos.
- Reconocer que los cuerpos frotados, son capaces de ejercer fuerzas sobre otros objetos.
- Establecer una comparación entre la fuerza ‘descubierta’ ($\vec{F}_e$: fuerza eléctrica) y la $\vec{F}_g$, concluyendo que es mayor la $\vec{F}_e$.
- Introducir el concepto de cuerpo electrizado.
- Generar la capacidad de establecer analogías para futuras experiencias.

Dentro del desarrollo de la humanidad, uno de los aspectos de mayor trascendencia fue la aparición de lo que comúnmente conocemos como energía eléctrica, ya que con ella vinieron múltiples inventos, que vienen desde la luz artificial (eléctrica), los radios, el televisor, los celulares y computadores, por tanto, en lo que sigue, buscaremos explicaciones a los fenómenos que hacen posible la existencia de dichos artefactos.

1.- Observe, describa y dibuje los materiales que tiene en su mesa de trabajo.

El docente deberá contar con dos barras de vidrio, dos barras de plástico, globos, un pañuelo de seda, un trozo de piel y papeles picados (pueden ser los que dejan las perforadoras).

2.- Coge papeles picados y suéltalos. ¿Qué sucede? ¿Cómo explicas lo que sucede? Dibuja y describe la situación.

CONSIDERE:

- En el caso en que la guía sea resuelta por estudiantes de educación básica (niños de cuarto o quinto grado) el docente puede ayudarse en la explicación aprovechando el hecho de que si los papeles están en un estado de reposo inicial, caen porque una fuerza actúa sobre ellos, siendo esta la fuerza gravitacional F_g , la cual es ejercida por la tierra sobre los papeles. (Es imperativo que se resalte el hecho de la existencia de una fuerza que actúa sobre los objetos en cuestión)*
- Si la guía está siendo resuelta por estudiantes de educación media (específicamente, grado undécimo) se espera que haya una respuesta inmediata, en el sentido de que es la fuerza gravitacional la causante del fenómeno visto.*

3.- ¿Qué sucede si se acercan las barras de vidrio y plástico a los papeles? Describe lo que sucede.

No ocurre nada al acercar dichas barras a los papeles picados, de aquí que el fenómeno que ocurre en los siguientes puntos sea de mayor impacto para los estudiantes.

4.- Frota la barra de vidrio y acércala a los papeles. ¿Qué ocurre con los papeles al acercar la barra de vidrio? Dibuja, y describe en forma muy detallada.

Al acercar la barra de vidrio previamente frotada, se debe observar cómo los papeles se pegan a la barra, e inclusive luego saltan de manera repentina.

5.- Ahora, frota la barra de plástico y acércala a los papeles picados. ¿Qué ocurre con los papeles al acercar la barra de plástico? Dibuja, y describe en forma detallada.

Análogamente al punto 4, al acercar la barra de plástico previamente frotada, los papeles se pegan a la barra o en su defecto, algunos saltan de manera repentina.

6.- Con tus compañeros de grupo piensa y discute una explicación para este fenómeno.

En este punto, el docente debe ser un guía muy preciso para dirigir la discusión que se genere dentro del grupo de trabajo. Teniendo en cuenta las consideraciones hechas en el ítem 2.

7.- Piensa un momento: ¿Por qué justamente después de ser frotada la barra (de plástico o de vidrio), esta atrae los papeles?

Los estudiantes deben de estar en la capacidad de comparar el hecho de que cuando se acercan las barras luego de ser frotadas, los papeles se levantan, mientras que, si se acercan sin frotarse, los papeles mantienen su estado inicial. De aquí que puedan generalizar el hecho de que se necesita de la frotación para que ocurra el fenómeno visto en los puntos 4 y 5.

8.- Revisa de nuevo el numeral 2. ¿Cómo explicas el hecho de que cuando se frota la barra (vidrio o plástico) el papel salta? ¿Cómo es la nueva fuerza comparada con la fuerza gravitacional?

El docente debe hacer énfasis en la ANALOGÍA entre la fuerza gravitacional y la “nueva” fuerza, siendo los estudiantes quienes rescaten el hecho de que es debido a la “nueva” fuerza que los papeles se levantan de la mesa, y que esa fuerza es mucho mayor que la fuerza gravitatoria.

En la antigüedad, los griegos creían que materiales como el ámbar (plástico) tenía propiedades místicas, esotéricas y/o misteriosas, ya que encontraron distintas propiedades en el material al rozarlo con otros objetos. Cabe resaltar que la palabra “ámbar” proviene del griego *élektron*, por lo cual, los cuerpos que generen *fenómenos* similares a los del ámbar, se dicen que están *electrizados*.

9.- ¿Qué puedes concluir con respecto a la experiencia realizada?

Será clave que el docente genere un espacio de debate entre los distintos grupos de trabajo para generar un intercambio de ideas, el cual puede ser clave a la hora de esclarecer el fenómeno evidenciado.

5.3 SECUENCIA DIDÁCTICA 2

5.3.1 ATRACCIÓN Y REPULSIÓN DE CUERPOS CARGADOS

OBJETIVOS:

- Introducir el concepto de cuerpo cargado.
- Mostrar la existencia de los dos estados eléctricos de la materia con su respectiva simbología arbitraria.
- Identificar que cuerpos cargados con el mismo signo se repelen, mientras los opuestos se atraen.

PREGUNTA INTRODUCTORIA:

¿Cuáles son las fuerzas que hasta ahora hemos detectado en la naturaleza?

Es importante que el estudiante recuerde que hasta ahora se han detectado la fuerza gravitacional y la fuerza eléctrica.

Recuerda que la fuerza gravitacional que es la que atrae a todos los cuerpos cercanos a la superficie terrestre (por lo cual caen los cuerpos) y la fuerza eléctrica que es la encargada de los fenómenos eléctricos como lo vimos en la guía anterior.

En la mesa de trabajo cuenta con dos barras de vidrio, dos barras de acrílico, un pañuelo de seda, un paño de lana y la base metálica (Ver imagen de un ejemplo de base metálica).

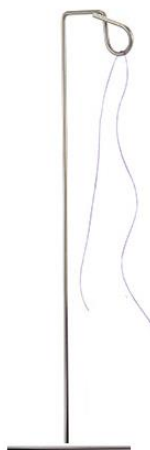


Figura guía 1. Base usada para la experiencia en la guía 1.

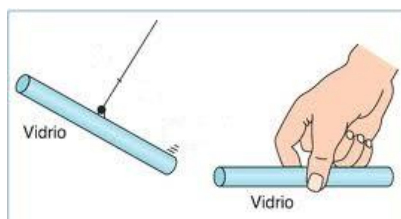
1.- ¿Qué ocurre si se frota la barra de vidrio?

Como lo explicamos en la guía pasada, al frotar la barra de vidrio con el pañuelo de seda, ésta se electrifica o decimos que el cuerpo (en este caso la barra de vidrio) está electrizado.

2.- ¿Qué ocurre si se frota la barra de plástico (acrílico)?

Como lo explicamos en la guía pasada, al frotar la barra de plástico con el paño de lana, decimos que ésta se electrifica o que el cuerpo (en este caso el acrílico) está electrizado.

3.- ¿Qué ocurre si se acercan por los extremos dos barras de vidrio previamente cargadas como muestra la figura?

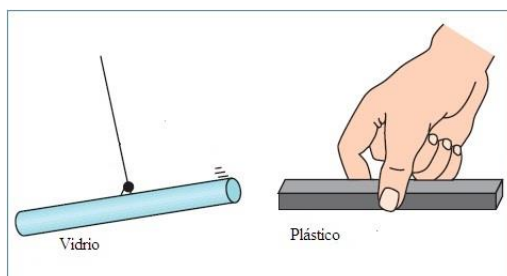


El estudiante debe observar qué pasa cuando dos cuerpos cargados eléctricamente interactúan, como en este caso que el estudiante deberá de explicar que al acercar las dos barras de vidrio posterior a la frotación, la que está colgando tiende a alejarse de la otra.

4.- ¿Qué ocurre si se acercan por los extremos dos barras de plástico previamente cargadas de la misma manera que el punto anterior?

Análogo al punto anterior, el estudiante debe explicar que las barras de plástico tienden a alejarse, o sea que es repelida (hay repulsión o rechazo).

5.- ¿Qué ocurre si se acercan por los extremos la barra de vidrio y la de plástico previamente cargadas como muestra la figura?



Contrario a los dos puntos anteriores, al acercar la barra de plástico a la de vidrio previamente cargadas, estas tienden a atraerse.

El docente debe de tener en cuenta que este fenómeno fue observado hace aproximadamente 5000 años, y sin embargo la explicación completa se logró hace unos 250 años atrás, de aquí que no es fácil que los estudiantes atrapen inmediatamente los conceptos a tratar.

6.- En el siglo XVIII, Benjamín Franklin concluyó que solo hay DOS ESTADOS eléctricos en la materia, que **ARBITRARIAMENTE** designó que todo objeto que genere fenómenos iguales a la barra de vidrio se dice que está **cargado positivamente**, mientras que todo objeto que se comporte del mismo modo que la barra de plástico se dice que está **cargado negativamente**. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, además de los puntos 3, 4 y 5, expresa con tus propias palabras al menos dos conclusiones.

En el proceso que se lleva con la guía anterior, más los puntos previos a esta pregunta, el estudiante está en la capacidad de concluir que dos cuerpos cargados con el mismo signo se repelen, mientras que dos cuerpos cargados con signo opuesto se atraen.

Las conclusiones expuestas en el punto anterior, muestran uno de los postulados más importantes de la electricidad, que dicho en otras palabras es que “cuerpos cargados con el mismo signo se repelen, mientras que si están cargados con signos contrarios, se atraen”.

5.4 SECUENCIA DIDÁCTICA 3

5.4.1 CONSERVACIÓN DE LA CARGA

OBJETIVOS:

- Introducir el concepto de carga.
- Introducir el concepto de cuerpo eléctricamente neutro.
- Ilustrar el principio de conservación de la carga.

En las experiencias anteriores, observamos cómo a través de la frotación se pueden **cargar** algunos cuerpos, donde además observamos que hay dos estados *eléctricos* en la materia, uno **positivo** (como el vidrio) y otro **negativo** (como el plástico).

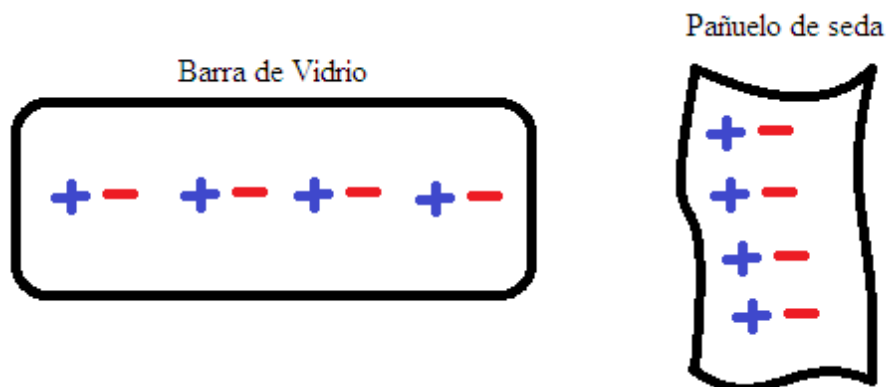
1.- Ya sabemos que si frotamos la barra de vidrio con el pañuelo de seda, ésta se carga positivamente, y, de igual manera si frotamos la barra de plástico con el paño de lana, ésta se carga negativamente, pero ¿Qué le ha pasado al pañuelo de seda o al paño de lana? ¿Por qué se da el fenómeno eléctrico en la barra de vidrio o plástico?

El pañuelo de seda se carga negativamente al frotarse con la barra de vidrio, mientras que el paño de lana se carga positivamente al frotarse con la barra de plástico, es decir, que dicho fenómeno eléctrico se da debido a que hay un traspaso de cargas entre los paños y las barras al momento de hacer la frotación.

2.- La anterior pregunta fue muy difícil, pero nuevamente Benjamín Franklin en el siglo XVIII, trato de responderla preguntándose ¿De dónde salen o dónde estaban las CARGAS positivas y negativas?... ¿Tú que dirías?

Es normal que la pregunta 1 no la respondan correctamente, debido a la dificultad de esta, y la idea en esta parte es que dejen volar la imaginación y divaguen en la respuesta. Es claro que las cargas siempre han estado en las barras y los paños, solamente que hay tantas cargas positivas como negativas, por lo cual aparece el concepto de cuerpo eléctricamente neutro.

En la guía 1 observamos que, si no se frota la barra de vidrio con el pañuelo de seda, los papeles picados no se mueven. Inicialmente Franklin se imaginó que las cargas están en los cuerpos, es decir, en el vidrio, plástico, en la seda y en la lana. Él se imaginó, tal y como se ve en la figura, que cuando el cuerpo no era frotado había igual número de cargas positivas y negativas, tanto en el vidrio (plástico) como en la seda (lana), es decir, que los cuerpos estaban eléctricamente NEUTROS.



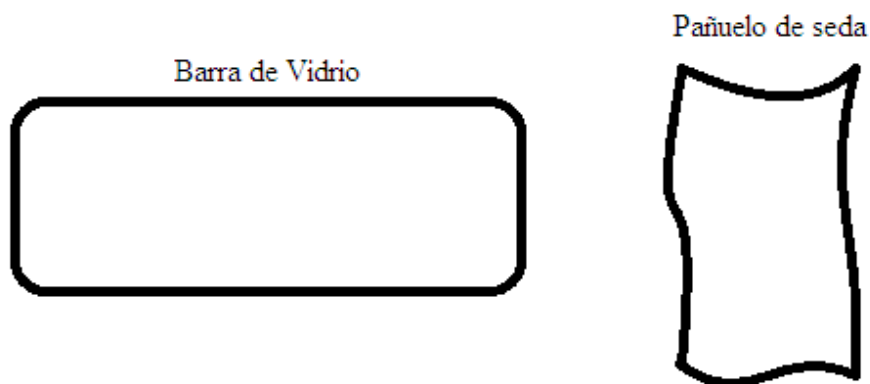
3.- Según lo expuesto por Franklin, ¿Es posible asegurar que cuando un cuerpo esta eléctricamente neutro, no tiene cargas? Explica.

Aunque la carga neta al medirla es cero, el hecho de que el cuerpo este eléctricamente neutro no significa que no tenga cargas, solamente que hay igual cantidad de cargas positivas que cargas negativas.

4.- De acuerdo a lo planteado anteriormente por Franklin, ¿Qué crees que sucede cuando se frota la barra de vidrio (o la de plástico)? Además, ¿Qué crees que sucede con el pañuelo de seda (o el de lana) después de la frotación?

Hay un traspaso de cargas de la barra de vidrio al pañuelo de seda (o viceversa).

5.- Según tu observación y el convenio explicado por Franklin, ¿Cómo queda cargado la barra de vidrio y el pañuelo de seda posterior a la frotación? Completa la siguiente figura con $\oplus$ o $\ominus$ según lo consideres.



Debido al traspaso de cargas por la frotación, la barra queda con un exceso de cargas positivas (debido a esto se carga positivamente) mientras que el pañuelo de seda queda con un exceso de cargas negativas (debido a esto se carga negativamente).

Haciendo una ANALOGÍA, se puede decir que las cargas en la barra de vidrio están “dormidas”, por lo que no actúan, sin embargo, al frotar con el pañuelo de seda es como si éste “despertara” las cargas y se generara un traspaso de estas de la barra hacia el pañuelo (o viceversa), de aquí que al frotar no se destruye ni crea carga, sino que se traspasa de un cuerpo a otro.

6.- En general, ¿Qué pasa con la carga en el sistema (vidrio + seda) o (acrílico + lana)? Explica.

En dichos sistemas se genera un traspaso de carga, mas no una eliminación o creación de nuevas, por lo cual las cargas en los sistemas son las mismas, solo que por el proceso de frotación están repartidas de diferente manera, alterando la neutralidad de los objetos.

7.- En tus propias palabras, enuncia el principio de conservación de la carga.

5.5 SECUENCIA DIDÁCTICA 4

5.5.1 AISLANTES Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS

OBJETIVO:

- Clasificar distintos materiales como conductores o aislantes eléctricos.

En las experiencias precedentes encontramos una nueva fuerza, llamada fuerza eléctrica, la cual es la encargada de los fenómenos eléctricos; además, vimos cómo a través de la frotación se puede cargar eléctricamente algunos materiales y su respectiva explicación (la convención hecha por Franklin en el siglo XVIII). En lo que sigue, veremos otro tipo de comportamiento en los materiales, como lo es conducir o no la electricidad.

1.- Observe, describa, dibuje y nombre los materiales que tiene en su mesa de trabajo.

El docente deberá contar con una barra de vidrio, una barra de plástico, una barra metálica, un trozo de madera seca, un trozo de madera totalmente mojada y un circuito eléctrico como el de la figura con sus respectivo bombillo, donde el círculo negro muestra que en esa parte el cable no se encuentra unido (en este caso se dice que el circuito está abierto), más sin embargo se puede unir para que los estudiantes vean que el circuito y la batería si sirven. La idea inicial es colocar los materiales en esos espacios de manera tal que el estudiante posteriormente vea si se enciende o no el bombillo.

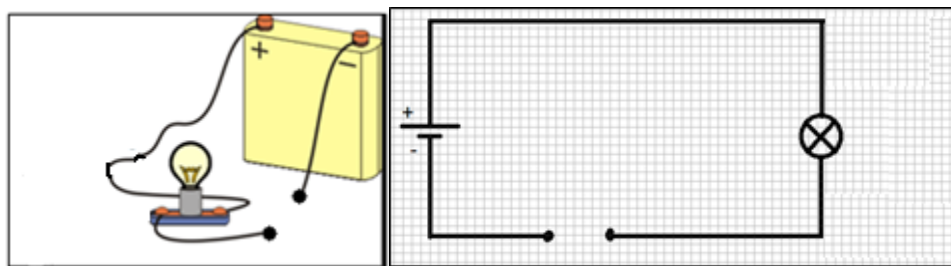


Figura (35). Circuito eléctrico en diagrama original y Circuito eléctrico en diagrama técnico.

2.- ¿Qué sucede si se unen los cables que no hacen contacto y posteriormente se conecta la batería?

Se espera que los estudiantes observen que el bombillo se enciende.

3.- ¿Qué sucede si no se une el cable? ¿A qué consideras que se debe?

En esta parte se ve que el circuito no enciende, debido a que no pasa corriente al no estar conectado.

4.- Y si en dicha parte desunida se coloca alguna de las barras de metal (hierro, aluminio, cobre, grafito), de tal manera que entre en contacto con las dos puntas del cable, ¿Qué sucede ahora con el bombillo? ¿A qué crees que se deba? (Realizar la unión con cualquiera de las barras teniendo la debida precaución)

Como el metal es un conductor eléctrico, el bombillo se enciende. En esta parte la idea es que el estudiante logre conjeturas respecto a que el metal es el que comúnmente se usa para realizar conexiones eléctricas o que simplemente se volvió a unir la conexión a través de un objeto cualquiera.

5.- No es nada descabellado creer que el bombillo se enciende debido a que simplemente se completó la conexión a través de la barra, pero, ¿Qué sucede con el bombillo si en lugar de la barra metálica se une la conexión con el trozo de madera? (plástico, vidrio, porcelana, papel) ¿Por qué?

En esta parte, al poner el trozo de madera, el bombillo no se enciende, y esto se da básicamente por el hecho de que la madera es un aislante eléctrico. En esta parte se quiere borrar la creencia de que simplemente se completó la conexión con una barra sin importar el material de la que esté hecha dicha barra.

6.- Con tus compañeros, revisa nuevamente los numerales 4 y 5 y explica un motivo por el cual tu consideres que con la barra metálica si enciende el bombillo, mientras que con el trozo de madera y los otros elementos usados, no.

Claramente el bombillo se enciende con la barra metálica porque es un conductor eléctrico, mientras que el trozo de madera no lo es. En esta parte los estudiantes nuevamente tienen la oportunidad de conjeturar y aventurarse a generar respuestas de dicho ítem.

7.- Fue Stephen Gray (1666-1736) quien descubrió que materiales como el metal eran muy útiles para las conexiones eléctricas, mientras que otros como la madera no permitían que se llevaran a cabo dichas conexiones, introduciendo así el concepto de conductores y no conductores (mejor conocidos como aislantes o dieléctricos). Con la ayuda de tus compañeros, trata de dar una explicación del por qué un material como el metal es buen conductor, mientras la madera no.

Hay materiales que tienen la característica de tener “cargas libres”, es decir, que aunque su carga neta sea cero (cuerpos neutros), las cargas están libres en el objeto y se pueden desplazar de un lado a otro, cosa que no ocurre en la madera, plástico o porcelana.

Actividad

Con la experiencia realizada, clasifica los materiales usados en la siguiente tabla:

Materiales conductores	Materiales no conductores

Hasta este punto, has observado que los bombillos se encienden cuando el circuito⁹¹⁰ está cerrado, y no es posible que este encienda cuando hay un aislante de por medio, es decir, un

⁹ Busca en un diccionario qué significa la palabra *circuito*, de ser posible, busca sinónimos también.

‘obstáculo’ que impide el paso de corriente, más aún, un aislante impide el paso de CARGAS a través del circuito.

Llamemos corriente eléctrica i , a la cantidad de cargas que pasan a través de la sección transversal de un alambre en cierta unidad de tiempo t (1 segundo, 1 hora, etc.)

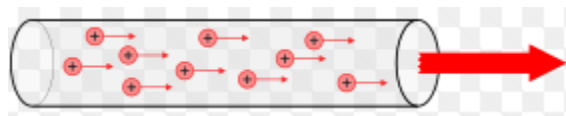


Diagrama circulación de carga eléctrica (corriente 'i')

EJEMPLO:

2. Considera el caso en el que a través de un cable circulan 100 cargas en 10 segundos. ¿Cuál es la magnitud de la corriente que circula por el cable?

Rta: 100 cargas $\rightarrow$ 10 segundos, entonces $i = 10 \frac{\text{cargas}}{\text{segundo}}$

- 8.- Si q es la carga que pasa por un cable en t segundos. ¿Cuál sería la expresión para la corriente (i)?

Mediante una discusión guiada por el docente, se espera que el estudiante llegue a modelar la expresión de la corriente, a saber, $i = \frac{q}{t}$.

NOTA:

- En física es costumbre de otorgar el nombre de los descubridores a las cantidades; como por ejemplo, la unidad de medida de la carga q , se denomina Coulombio [C], en honor a Charles Coulomb (1736-1806), quien fue muy importante, puesto que logro evidenciar la relación que existe entre cargas eléctricas¹¹.
 - De otro lado podemos encontrar que la unidad de medida para la corriente i es el ampere [A], gracias a André-Marie Ampère (1775-1836), quien resaltó por su gran aporte en la famosa ley de ampere-maxwell.

- 9.- Tenga en cuenta:

Carga electrón: $e^- = -1,6 \times 10^{-19}C$ Masa electrón: $M_{e^-} = 9,1 \times 10^{-31}Kg$

Carga Protón: $P^+ = 1,6 \times 10^{-19}C$ Masa Protón: $M_{P^+} = 1,67 \times 10^{-27} Kg$

¿Qué puede ver en los datos dados? Imagine los números.

¹⁰ En este punto es conveniente que el docente realice una analogía de un circuito eléctrico, con un circuito de pista de ciclismo. Haciendo uso de que un conductor es por donde los ciclistas pueden transitar, y no pueden transitar por donde hay obstáculos, es decir, aislantes. Realice énfasis en que en este caso las cargas son los ciclistas.

¹¹ Revisar y trabajar la guía correspondiente a la ‘ley de coulomb’.

AISLANTES Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS (Parte 2)

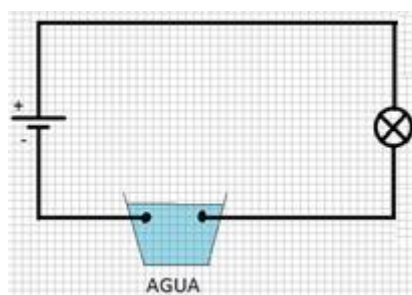


Figura guía 3. Montaje circuito eléctrico y agua.

1.- Teniendo todas las precauciones necesarias y con ayuda de tu profesor, realiza el montaje ilustrado en la figura.

2.- ¿Qué pasa con el circuito? ¿Por qué?

Debido a que el agua (por si sola) no es un buen conductor eléctrico, el circuito no se cierra totalmente, por lo cual, el bombillo se enciende poco o no lo hace.

3.- Desconecta el circuito, toma sal y viértela en el cubo de agua y revuelve. Vuelve a realizar, con sumo cuidado, el circuito de la figura.

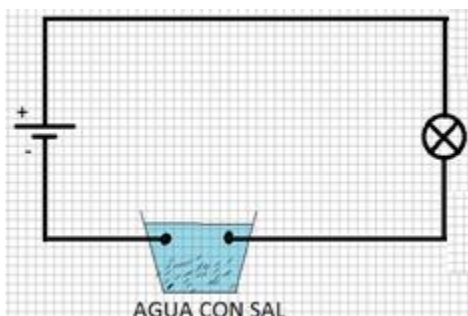


Figura guía 3. Montaje circuito eléctrico y agua salada.

4.- Teniendo en cuenta experiencias vividas, **y sin la necesidad de unirte a la conexión**, explica: ¿Es el cuerpo humano conductor o aislante eléctrico? ¿Por qué?

La electricidad es algo que actualmente nos rodea, de aquí que los estudiantes podrán contar experiencias del tipo “me paso la corriente cuando conecté mi celular”, además, teniendo en cuenta que el cuerpo está formado en un 65% de fluidos aproximadamente, estos contienen agua y sales, por lo cual se puede decir que el cuerpo humano es un buen conductor eléctrico.

5.6 SECUENCIA DIDÁCTICA 5

5.6.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 1)

OBJETIVOS:

- Construir e identificar las partes de un electroscopio.
- Identificar cuerpos cargados con el electroscopio.
- Identificar si un cuerpo es aislante o conductor con el electroscopio.

Dentro del desarrollo de las distintas guías, se han detectado *fenómenos* eléctricos a través de la interacción entre dos cuerpos *electrizados*, se han hecho algunas clasificaciones entre distintos materiales *aislantes* o *conductores*, y ahora, en lo que sigue se va a desarrollar algunas experiencias con un instrumento llamado *electroscopio*, todo esto con el fin de analizar la importancia que tiene éste en el desarrollo de la teoría electrostática.

1.- En la mesa de trabajo tienes diversos materiales con los cuales ya se ha trabajado (como es el caso de la barra de vidrio, la barra de plástico, un pañuelo de seda, un trozo de piel y la barra metálica), a los cuales se le adiciona un instrumento llamado *electroscopio*. Dibuje el *electroscopio* e identifique sus partes.

El docente deberá contar con una barra de vidrio, una barra de plástico, un pañuelo de seda, un trozo de piel, una barra metálica, un globo y un electroscopio, el cual puede ser construido previamente por el docente siguiendo la guía paso a paso que se deja anexo de esta guía orientadora docente. Cabe aclarar que dicha construcción no es compleja de hacer, por lo cual es posible realizarla en clase por grupos. Es importante que las dos láminas de aluminio estén juntas, esto con el fin que en experiencias posteriores se puedan evidenciar que las mismas se van a separar.

2.- Toca con la barra de vidrio la rosca metálica superior del *electroscopio*. ¿Sucede algo inusual (o extraño) con las láminas? Repite dicha experiencia con la barra de plástico, con la barra metálica y finalmente con tu mano (acerca uno de tus dedos). Explica qué sucede en cada caso.

Inicialmente se quiere que los estudiantes observen que las dos láminas del electroscopio no se mueven debido a que ellas están inicialmente neutras, por lo que es necesario electrizar las barras.

3.- Según lo desarrollado en guías previas, *electrifica* la barra de vidrio, ¿Cómo lo haces? Describe el proceso.

4.- Mientras observas las láminas, toca con la barra la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué sucede con las láminas apenas se toca la esfera?

En esta parte es importante que los estudiantes previamente recuerden cómo a través de la frotación pueden electrizar la barra de vidrio para que posteriormente identifiquen que las dos láminas se van a empezar a separar la una de la otra.

5.- Retira la barra de vidrio de la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué ocurre con las láminas?

Es importante que sepan que las láminas no se mueven al quitar la barra de vidrio.

6.- Ahora toca con la barra metálica la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué ocurre con las láminas? ¿Hay alguna diferencia entre lo que ocurrió al tocar la barra en el punto 2?

En el punto 2 al tocar la esfera del electroscopio con la barra metálica, las láminas no se mueven, es decir que quedan juntas (en la posición inicial), sin embargo, en esta parte, las dos láminas estaban separadas debido a que el electroscopio entro en contacto con la barra de vidrio electrificada (punto 3) y posteriormente cuando el electroscopio entra en contacto con la barra metálica, las láminas se empiezan a juntar poco a poco hasta volver a estar en la posición inicial.

7.- Según lo desarrollado en guías previas, *electrifica* la barra de plástico (¿Cómo lo haces?) y mientras observas las láminas, toca con dicha barra la rosca metálica del *electroscopio*. ¿Qué sucede con dichas láminas apenas se toca dicha rosca?

Análogo al punto 3. Al estar electrificada la barra de plástico entonces las láminas se separan progresivamente.

8.- Si alejas la barra de plástico de la rosca metálica del *electroscopio* se puede observar el mismo movimiento en las láminas que en el punto 4. Ahora, ¿Qué sucede si se toca con uno de tus dedos la rosca del *electroscopio*? ¿Sucede algo similar que en el punto 5 cuando se toca la esfera con la barra metálica? ¿Qué concluyes?

La idea es que identifiquen que el cuerpo humano y la barra metálica producen el mismo efecto sobre el electroscopio cuando está cargado.

9.- En el punto 2 tocaste con tu mano la rosca metálica del *electroscopio* al igual que en el punto inmediatamente anterior. ¿Hay alguna diferencia entre lo sucedido en el punto 2 y en el punto anterior al realizar dicha experiencia con la mano?

Análogo al punto 5, ya que en el punto 2 al tocar la esfera del electroscopio con la mano, las láminas no se mueven, es decir que quedan juntas (en la posición inicial), sin embargo, en esta parte, las dos láminas estaban separadas debido a que el electroscopio entro en contacto con la barra de plástico electrificada (punto 6) y posteriormente cuando el electroscopio entra en contacto con la mano, las láminas se empiezan a juntar poco a poco hasta volver a estar en la posición inicial.

10.- Dentro de esta experiencia pudimos utilizar nuestro cuerpo humano (a través de la mano) para realizar observaciones. ¿Consideras que al cuerpo humano (la mano) se le puede atribuir el mismo comportamiento que a la barra metálica al entrar en contacto con el *electroscopio*?

Tanto la barra metálica como el cuerpo humano (la mano) no generaron ningún cambio en las láminas, sin embargo, posterior a la electrificación del electroscopio, tanto la barra metálica como el cuerpo humano generaron que las láminas se cerraran, luego, como en guías anteriores se habló del metal como un gran conductor, entonces también es posible hablar que el cuerpo humano es un conductor.

En la guía de “Objetos aislantes y conductores” pudimos observar que el metal es un conductor, de aquí que el cuerpo humano (la mano) también lo sea, ya que en el punto 7, al tocar la esfera con el dedo, las láminas se cierran de forma similar a lo hecho cuando se toca la esfera con la barra metálica (punto 5).

11.- Comparando las experiencias realizada en la guía de “Atracción y repulsión de objetos” y la guía de “Objetos aislantes y conductores” con la experiencia realizada con el *electroscopio*, ¿Qué se puede concluir de dicho instrumento? ¿Consideras que facilita las experiencias eléctricas o que por el contrario es mucho más difícil realizarlas en dicho artefacto?

Queremos que inicialmente los estudiantes observen que el electroscopio es un “instrumento multiusos” dentro de la teoría electrostática, ya que con este se pueden trabajar diversas nociones eléctricas como puede ser atracción y repulsión (se observa en las láminas), si hay cuerpos electrizados o no (cuando se toca la esfera con la barra de vidrio sin frotarse y cuando se toca con la barra ya frotada), materiales conductores y aislantes (cuando se toca la esfera con la barra metálica y posteriormente con el cuerpo humano) y por último la inducción electrostática, la cual se verá en una guía posterior y es ésta la encargada de explicarnos el funcionamiento del electroscopio.

ANEXO

(Construcción del Electroscopio)

Materiales:

- | | |
|---|----------------------------------|
| • Frasco de vidrio con su respectiva tapa (que dicha tapa sea de plástico). | • Tijeras |
| • Cable de cobre | • Pistola de silicona |
| • Papel aluminio | • Puntilla (de un buen diámetro) |
| • Alicata | • Candela |
| • Pinzas cortadoras de cable | • Perforadora |

1.- Con ayuda de la pinza, corta entre 15 y 20 cm de cable de cobre.



2.- Con ayuda de la pinza y del alicate, quita la envoltura de caucho de los extremos del cable (5cm en un extremo y 10cm del otro).



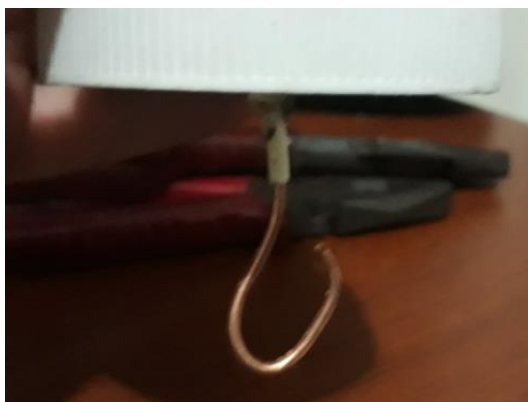
3.- En el extremo que quitaste los 10cm de envoltura de cable, realiza una especie de “rosca” o “espiral”. Apóyate con el alicate.



4.- Toma con el alicate la puntilla y calienta la punta de ésta con la candela (1 minuto aproximadamente) e introdúcela en la mitad de la tapa de plástico, esto con el fin de hacer el hueco por donde se introduce el cable.



5.- Toma el otro extremo del cable y con ayuda del alicate haz la forma de un gancho.



6.- Toma la pistola de silicona y aplica dicho material a la parte de abajo de la tapa con el fin de que pegue el cable a dicha tapa.



7.- Toma el papel aluminio y con ayuda de las tijeras corta dos trozos de papel (pequeños, de unos 3cmx3cm y que tengan la misma forma) y en una de las puntas, perfora dichas láminas de aluminio.



8.- Cuelga las láminas de aluminio en el gancho de cobre y cierra la tapa.



Figura (36): Electroscopio y su respectiva construcción.

NOTA: Es importante que verifiques que las láminas de aluminio NO toquen el frasco, de ser así, recórtalas manteniendo en las dos la misma forma.

5.7 SECUENCIA DIDÁCTICA 6

5.7.1 INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA (PARTE 1)

OBJETIVO:

- Para el final de esta guía de estudio, el estudiante estará en capacidad de describir el fenómeno de inducción electrostática.

Como se observó en las guías anteriores, es posible *electrizar* algunos objetos a través de la frotación, sin embargo, hay muchas otras formas en las que diferentes objetos pueden adquirir carga. En lo que sigue, observaremos otra de las formas en las que un objeto se puede *electrizar*.

1.- Realice un dibujo de los materiales presentes en su mesa de trabajo y describa cada uno de forma detallada.

El docente deberá contar con una barra de vidrio, dos barras metálicas, un pañuelo de seda, una esfera metálica (puede ser una esfera de icopor cubierta de aluminio), dos vasos, papeles picados y una base metálica con su respectivo hilo como muestra la figura.

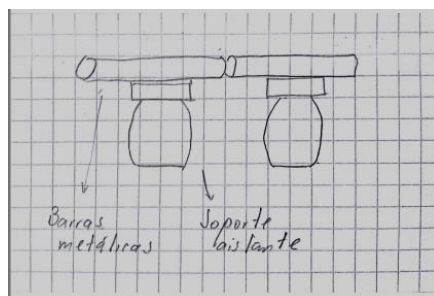


2.- Cuelgue la esfera metálica en el soporte. Posteriormente tome las dos barras metálicas y sitúelas en un vaso cada una. Desde un punto de vista eléctrico, ¿Qué función cumple el hilo? ¿y los vasos que soportan las barras metálicas? Finalmente, acerque la esfera a cada una de las barras metálicas. ¿Qué le ocurre a la esfera metálica cuando la acerca a las barras? ¿cómo explica esto?

Se espera que los estudiantes observen que la esfera metálica (aluminio) no se mueve al acercarla a cada una de las barras metálicas, esto debido a que ningún material está electrificado, es decir, son neutros.

3.- Sigue estas instrucciones:

i) Tome las barras metálicas y ubíquelas de forma tal que se toquen entre sí en una de sus puntas.



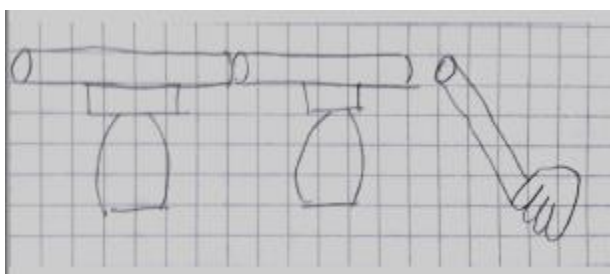
ii) Tome la barra de vidrio y *electrifíquela*. ¿Cómo lo hace?



iii) Ahora, ¿qué cree que ocurre si acercamos (sin tocar) el vidrio electrizado, al segmento de las dos barras metálicas unidas? Con sus compañeros de grupo discuta las alternativas.

iv) ¿Qué cree que ocurre si, manteniendo cerca la barra de vidrio, se separan las barras de metálicas?

v) De aquí en adelante, la barra a la cual se le aproximó la barra de vidrio se le llamará **Barra 1**, mientras que a la barra del otro costado se le llamará **Barra 2**.



vi) Toma el vaso en el cual está apoyada la **Barra 1** y acerca dicha barra a los papeles picados ¿Qué crees que sucede? ¿A qué crees que se deba?

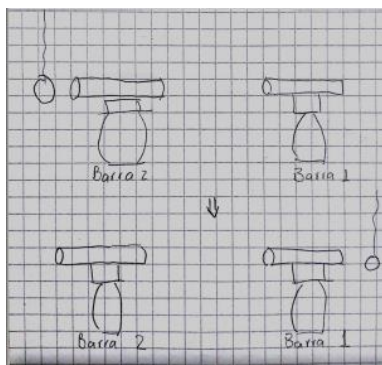
vii) ¿Cuál es el signo de la carga en cada barra?

¡Has encontrado otra forma de cargar un cuerpo! Esta forma es llamada: Inducción electrostática. Destaca algunas características.

Es necesario que el estudiante resalte las características del fenómeno de inducción.

INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA (PARTE 2)

1.- Ahora, resuelve la siguiente situación. Supongamos que inmediatamente cargas las barras mediante inducción; acerca la bola metálica colgante (ver figura)



¿Qué ocurre al acercar dicha barra metálica a la esfera metálica? ¿A qué consideras que se le puede atribuir dicho fenómeno?

En esta parte, se podrá observar que la esfera recubierta de aluminio se mueve, de forma que es atraída por las barras (sin importar cuál de las dos barras escoja). Dicho fenómeno se atribuye al hecho de que las barras metálicas se electrifican a través de la inducción electrostática.

2.- Compara lo sucedido en los pasos 2.- y 3.- (de la PARTE 1) ¿Qué puedes concluir?

El docente debe debatir con los grupos de trabajo las ideas que presentan los estudiantes. La idea es que el docente logre inducir a un contraste, es decir, en el paso 2, no hubo frotación, por lo cual no hay carga, contrario al paso 3, que si hay frotación y por ende, la manifestación de cargas.

3.- ¿Atribuyes la atracción de la esfera metálica a las barras usadas, o al frotamiento con la barra de vidrio?

Se espera que en este ítem el docente de cuenta con el punto anterior, que es debido a la manifestación de las cargas y al uso de barras metálicas que es posible una transferencia de carga entre las barras metálicas, por lo cual se produce atracción.

6.- ¿Qué crees que ocurra si en vez de usar barras metálicas usamos barras de plástico o vidrio?

Aquí debe hacerse evidente que no es posible un movimiento de cargas mediante el uso de dieléctricos, por lo cual no se haría presente el fenómeno de inducción.

El fenómeno que acabas de experimentar, se conoce como *inducción eléctrica*; este consiste (intuitivamente hablando) en una redistribución o acomodación de cargas eléctricas entre cuerpos, sin necesidad de que haya un contacto directo entre los cuerpos. También es posible cargar otros cuerpos mediante este fenómeno. (Considera el experimento realizado en la guía 1 donde los papelitos se cargaban por inducción y eran rápidamente atraídos, luego repelidos)

5.8 SECUENCIA DIDÁCTICA 7

5.8.1 EXPERIENCIAS CON EL ELECTROSCOPIO (Parte 2)

OBJETIVOS:

- Comprender el funcionamiento del electroscopio mediante el fenómeno de inducción electrostática.

Como observamos en guía #5, el *electroscopio* es un instrumento que nos facilita la detección de cuerpos *electrizados*, así como si un cuerpo es *conductor* o *aislante eléctrico*. En lo que sigue se van a desarrollar algunas experiencias con el *electroscopio*, con el fin de entender su funcionamiento, teniendo como punto de partida el *fenómeno de inducción electrostática*.

1.- Describe y dibuja cada uno de los materiales que tienes en la mesa de trabajo.

- Si el electroscopio está desarmado, ármalo. (si es necesario pide ayuda a tu profesor)
- Ubica en posición inicial las láminas de aluminio del *electroscopio* (¿cómo es la posición inicial?) y posteriormente toca la rosca del *electroscopio* con una barra de vidrio *electrizada* ¿qué signo lleva la carga de la barra de vidrio? ¿Qué sucede con las láminas de aluminio al tocar con dicha barra de vidrio *electrizada* la esfera del *electroscopio*? Realiza un dibujo de la situación.

El docente deberá contar con una barra de vidrio, una barra de plástico, un pañuelo de seda, un trozo de piel y un electroscopio. Las dos láminas del electroscopio deben de estar juntas, esto con el fin que al acercar la barra de vidrio cargada positivamente, las barras se separen debido a que las dos láminas se cargan positivamente (cargas iguales se repelen).

2.- ¿Qué crees que sucede con las láminas de aluminio si se acerca la barra de plástico (acrílico) previamente cargada a la rosca del *electroscopio*?

En esta parte queremos que el estudiante genere hipótesis sobre qué puede ocurrir, esto con el fin de que en el punto siguiente reafirme dicha hipótesis si fue correcta, o se dé cuenta que estaba equivocado y que lo que verdaderamente pasa, surge luego de realizar la experiencia (punto 3).

3.- Ahora hazlo, ACERCA la barra de plástico previamente *electrificada* a la rosca del *electroscopio* y mantenla cerca por un buen rato. ¿Qué sucede con las láminas? Argumenta tu respuesta y realiza un dibujo.

*Al acercar dicha barra de plástico *electrificada* a la esfera del electroscopio, las láminas se tienden a ir cerrando, pero, al cabo de un momento manteniendo la barra de plástico cerca al electroscopio, las barras nuevamente se abren.*

4.- Toca la rosca del *electroscopio* con la mano, de esta forma las láminas se juntan ¿por qué? Posteriormente *electrifica* la barra de vidrio y ponla en contacto con la rosca metálica ¿Qué sucede? ¿Es similar a lo sucedido en el punto 1? Si acercas una barra de vidrio *electrificada* SIN TOCAR la rosca metálica del *electroscopio* ¿Qué sucede con las láminas? Explica detalladamente la situación y realiza un dibujo.

Es importante que inicialmente se toque la esfera del electroscopio con la mano para que dicho instrumento se descargue. Posteriormente al entrar en contacto con la barra de vidrio electrificada, el electroscopio se electrifica positivamente (igual que en el punto 1). Luego, al acercar la misma barra de vidrio electrificada a la esfera del electroscopio, el estudiante deberá observar que las láminas, contrario a lo ocurrido en el punto 2, tienden a abrirse aún más.

5.- ¿Qué sucede en el punto 1 cuando la barra de vidrio cargada positivamente entra en contacto con el electroscopio? Explica por qué ocurre dicho fenómeno.

Las láminas del electroscopio se electrifican positivamente y es debido a que adquieren un exceso de partículas positivas, por lo cual se separan.

6.- Posteriormente, en el punto 2, se ACERCA la barra de plástico electrificada negativamente al electroscopio, ¿A qué se debe que las láminas de aluminio se junten? Explica.

Las láminas se juntan debido a que el fenómeno de inducción electrostática hace que las partículas positivas que había adquirido el electroscopio en el punto 1, se vayan todas hacia la rosca de dicho instrumento, generando así que las láminas queden sin partículas positivas y es debido a esto que las láminas tienden a cerrarse.

7.- En el punto 3, luego de mantener la barra de plástico por un momento las láminas del electroscopio se vuelven a separar. Ahora, ¿a qué se le puede atribuir el hecho de que luego las láminas vuelvan a separarse?

En esta parte los estudiantes van a conjeturar sobre por qué se vuelven a separar las láminas del electroscopio, donde es importante que entiendan que las láminas se vuelven a electrizar, pero esta vez con partículas negativas.

8.- ¿Por qué crees que en el punto 4, al ACERCAR la barra de vidrio cargada a la rosca del electroscopio las láminas se separan aún más que en experiencias anteriores? ¿Cómo se puede explicar dicho fenómeno en términos de la inducción electrostática?

Ayuda: Ten presente la separación que tenía las láminas en el punto 1 comparada con la separación en el punto 4, además toma como base la pregunta anterior.

En este punto, la idea es que hagan una analogía con el punto 7, explicando que al acercar la barra de vidrio electrificada positivamente a la esfera del electroscopio, se inducen partículas negativas a dicha esfera, por lo cual, se inducen aún más partículas positivas a las láminas del electroscopio, y que es debido a esto que se separan aún más.

Como se puede observar en las dos guías que tratan sobre el electroscopio, dicho instrumento es fundamental para el desarrollo de la electrostática, ya que facilita la visualización y análisis de los principales fenómenos eléctricos, detectando la existencia del campo eléctrico.

5.9 SECUENCIA DIDÁCTICA 8

5.9.1 CARGA PUNTUAL

OBJETIVOS:

- Reconocer el concepto de masa puntual.
- Hacer analogía del concepto de masa puntual para cargas, es decir, el concepto de carga puntual.

En guías pasadas se ha **IDEALIZADO** (es decir, se ha hecho un modelo mental, imaginado que no existe en la realidad, pero que me permite empezar a comprender un fenómeno) los conceptos de la *electrostática* a través de analogías con aspectos conocidos como lo puede ser el concepto de masa. De aquí que dicho concepto, clave en la *teoría de la gravitación universal* es la que más se asemeja a la *electrostática* y sus conceptos, por lo cual en esta guía será de gran importancia analizar un poco lo que sucede con las masas, para posteriormente analizar lo que sucede con las cargas.

1.- Nombre los materiales que tiene en la mesa de trabajo. Haga un dibujo de los mismos y finalmente describa cada uno de forma detallada.

El docente deberá contar con diversos objetos de la cotidianidad de los estudiantes como puede ser una canica, un lapicero, un cuaderno o un libro, de aquí que se escojan dos de estos para una posterior comparación (se recomienda que sean la canica y el lapicero ya que tienen una distinta geometría, lo cual es de gran utilidad en las preguntas posteriores).

2.- Considerando el borde de la mesa, ubique el lapicero y la canica a una misma distancia del borde de la mesa, ahora ubícate lo más lejos posible de la mesa (observando siempre los objetos) y dibuja tal cual ves los objetos.

En esta parte es importante que los estudiantes empiecen a ver que el objeto, sea cual sea su geometría (forma) se vayan volviendo similares a medida que te alejas, casi como si fueran puntos.

3.- Imagina por un momento que estas a más de 100 metros de distancia de la canica y el lapicero, dibuja los objetos como se verían desde esa distancia.

Es importante que ahora los estudiantes se imaginen los dos objetos cada vez más similares a un punto, esto con el fin de acercar al estudiante al hecho que se tomen diferentes masas como una masa puntual.

4.- De acuerdo al punto anterior, si imaginamos que ahora están a mil metros de distancia ¿es posible asegurar que a medida que sea más y más larga la distancia de la canica y el lapicero con el observador estos se van haciendo casi tan pequeños como partículas (¿Qué es una partícula?)? ¿Es posible generalizar esto con cualquier objeto?

Ahora ya se hablan de mil metros de forma tal que se imaginen una distancia más extensa, con el hecho que se den cuenta que tanto el lapicero como la canica, aunque tienen una forma

(geometría) muy diferente, a distancias muy grandes se observan como puntos, sin importar cuál sea el objeto, ya que si es un objeto grande (como un carro, por ejemplo), siempre habrá una distancia mucho más grande que hace que parezca un punto.

El concepto de *masa puntual* es una idealización física en la que el cuerpo de estudio se considera puntual, y como ejemplo podemos decir que cuando se trabaja el tiro parabólico de un lapicero, dicho análisis se hace respecto a un “punto” del cuerpo y no respecto al lapicero como tal, (que tiene una geometría específica). A dicho “punto” lo llamaremos *centro de masa*. Dicha idea surge del hecho de que entre mayor distancia al observador, un objeto tiende a parecerse a un punto, es decir, que aquel cuerpo es pequeño en comparación con el otro cuerpo (en este caso el observador).

5.- Según sus apreciaciones define *masa puntual*.

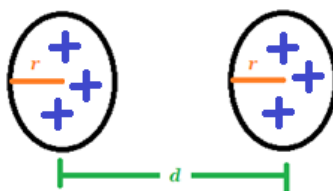
El estudiante está en la capacidad de definir una masa puntual como aquella masa en donde sus dimensiones lineales son muy pequeñas en comparación con una distancia de separación.

6.- En el numeral anterior has dicho que masa puntual es aquella cuyas dimensiones geométricas (Por ejemplo, el radio para una esfera) son pequeñas en comparación con la distancia de separación respecto al observador. Si un objeto con masa se puede considerar como *masa puntual*, entonces ¿Es posible asegurar que un objeto se puede considerar como *carga puntual* si se pone a interactuar a una distancia muy larga de otro objeto *electrificado*?

Este punto es el previo de la noción de campo eléctrico, se hace con el fin de que en la próxima guía identifiquen a “Q” como una carga puntual.

Es importante identificar los objetos como *cargas puntuales*, esto con el fin de que se logre minimizar el trabajo respecto a la *fuerza eléctrica* que puede haber entre los cuerpos, ya que dentro de dicho trabajo se puede disminuir el problema de la geometría del objeto, es decir, IDEALICEMOS la situación.

7.- A continuación observemos un esquema que representa dos objetos (A y B) electrizados.



¿Podemos decir que A y B son *cargas puntuales*? ¿Por qué?

¿Cómo hacer para considerarlos *cargas puntuales*? Dibuje la situación.

En esta parte es importante ver que las dos cargas no son puntuales debido a que la distancia entre ellas no es suficientemente grande, por lo cual para que se consideren puntuales es necesario que la distancia d sea grande en comparación con el radio r de las esferas, como el esquema que se puede ver a continuación.

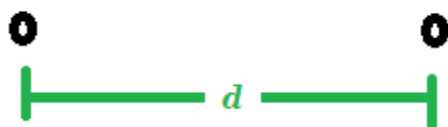


Figura (37): $d \gg r$

5.10 SECUENCIA DIDÁCTICA 9

5.10.1 LEY DE COULOMB

OBJETIVOS:

- Reconocer que, en la Ley de Coulomb, la magnitud de la fuerza entre cargas, depende de la variación de la distancia entre ellas y de las cargas mismas.
- Definir la unidad de carga elemental Coulombio.

En las guías anteriores observamos que los cuerpos *electrizados* interactúan entre ellos, atrayéndose o repeliéndose entre sí, es decir, en lo que se sigue nos proponemos encontrar una explicación cuantitativa que dé cuenta de tal comportamiento.

En 1785 el físico francés Charles Coulomb (1736 - 1806) estudió experimentalmente dichos *fenómenos* con el fin de darle una explicación cuantitativa a través de una balanza de torsión cuyo esquema se observa en la (Fig. 1).

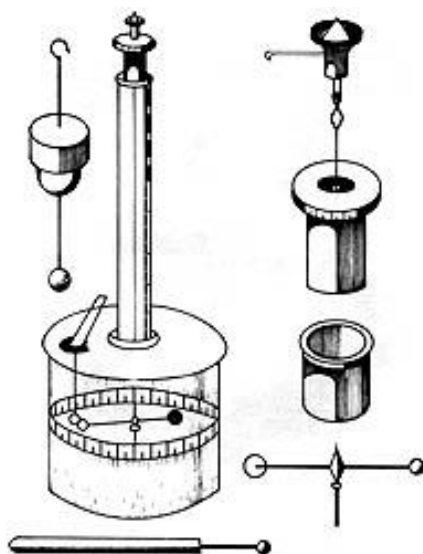


Figura 1. Aparato de Coulomb desarmado.

Nota: En lo que sigue, cuando se hable de *carga* “ q ” (o *cargado*) positivamente se hará alusión a un cuerpo *electrificado* positivamente, y cuando se hable de *carga* (o *cargado*) negativamente se hará alusión a un cuerpo *electrificado* negativamente.

1.- La figura 2 muestra de forma simple cómo funciona la balanza de torsión mediante dos esferas *cargadas* positivamente (A y B). ¿Qué sucede si la esfera A se mantiene *cargada* positivamente, pero la esfera B pasa a estar *cargada* negativamente? Realiza un dibujo como la imagen indicando la dirección en la que se movería la esfera B.

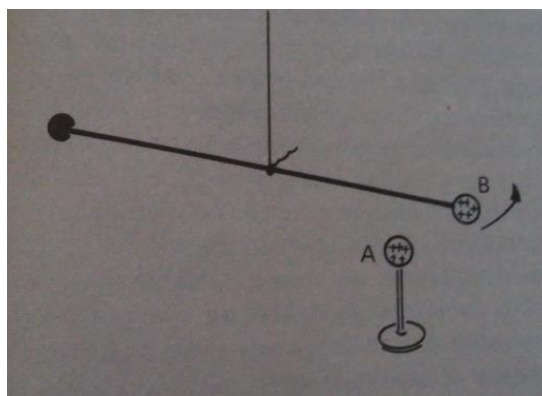


Figura 2. Diagrama de la balanza en el interior del aparato

Esta pregunta es a modo de repaso de las guías anteriores, donde el estudiante deberá identificar que si la esfera B está cargada negativamente, la flecha irá hacia la esfera A, ya que, al tener cargas opuestas, se van a atraer.

2.- Ahora, supongamos que las esferas A y B están *cargadas* positivamente, ¿qué crees que ocurre con la balanza de torsión? Y ¿a qué se debe que ocurra? Explica tu respuesta.

Aquí es importante que los estudiantes identifiquen la existencia de una “fuerza” debido a la carga que poseen las esferas, es preciso que los estudiantes recuerden la noción de fuerza y la asocien a una repulsión, de aquí que deben de estar en capacidad de concluir que, si el brazo gira más, es porque hay una mayor repulsión entre las esferas, por lo cual habrá una mayor fuerza entre ellas.

3.- Coulomb varió la distancia entre las esferas y observó que la *fuerza* que se ejercen también cambiaba. Encontró el siguiente patrón:

DISTANCIA (cm)	FUERZA (N)	FUERZA (N)
1	1	1
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2^2}$
3	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3^2}$
4	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4^2}$
5	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5^2}$
d	$\frac{1}{d^2}$	$\frac{1}{d^2}$

Según la tabla, ¿cómo varía la fuerza con la distancia según los datos observados por Coulomb? Realiza un gráfico en el plano cartesiano tratando de proponer una relación entre fuerza y distancia. Que sucede con la fuerza si la distancia no es d sino $2d$? Explica

Con esta pregunta se quiere que los estudiantes entiendan el hecho de ser inversamente proporcional, es decir, que comprendan que entre más lejos estén las esferas, menor será la fuerza entre ellas, además que si la distancia es $2d$, la fuerza será de $\frac{1}{4d^2}$.

OJO Docente: Tenemos que $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$ donde $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{c^2} \approx 10^{10} \frac{Nm^2}{c^2}$, luego para tener una fuerza de 1N (tal y como se ve en la tabla), con una distancia entre cargas de $10^{-2}m$, se necesita una carga de:

$$1N = (10^{10} \frac{Nm^2}{c^2}) (\frac{q^2}{10^{-4}m^2})$$

Es decir

$$1N = (10^{14} \frac{N}{c^2}) (q^2)$$

Luego

$$10^{-14}c^2 = q^2$$

Por lo cual

$$\sqrt{10^{-14}c^2} = q$$

Finalmente, la carga q que tendrá cada esfera será

$$10^{-7}c = q$$

Lo cual es un valor posible para una carga, teniendo en cuenta que la carga del electrón es del orden de 10^{-19} .

Análisis cuantitativo

4.- Después de analizar como varía la *fuerza* respecto a la distancia entre las esferas *cargadas*, es necesario analizar cómo varía la *fuerza* si hay mayor o menor *carga* entre las esferas. Como vimos anteriormente, si tenemos dos esferas *cargados*, entre ellas se genera una *fuerza*, donde posteriormente Coulomb observó que si se reduce a la mitad la *carga* (¿Cómo?) de una de las esferas, también se reduce a la mitad la *fuerza* entre ellas, es decir que si la *carga* de una esfera es **q**, mientras que la carga de la otra esfera es **Q**, **dicha fuerza sería directamente proporcional tanto a q como a Q**. ¿Es posible decir que la *fuerza* es proporcional a la suma de las *cargas* (**q+Q**) o al producto de las mismas (**q*Q**)? Explica tu respuesta.

*En esta parte el docente puede mostrar a los alumnos a modo de ejemplo que, 5 es proporcional a 30, e igualmente 3 es proporcional a 30, luego $5*3=15$ también es proporcional a 30, sin embargo $5+3=8$ no es proporcional a 30, y que de forma análoga, la proporción que hay entre las cargas q y Q y la fuerza se da a través del producto $q*Q$.*

5.- Ahora, debido al punto 3 que si llamamos a **r** la distancia entre las esferas, entonces $F \propto \frac{1}{r^2}$, luego, con lo dicho en el punto 4, con **q** y **Q** las *cargas* en las esferas, tenemos que $F \propto qQ$, y finalmente la expresión que las contiene a ambas es $F = k \frac{qQ}{r^2}$ donde **k** es la constante de proporcionalidad, la cual se utiliza con el fin de volver dichas proporciones una igualdad como la

anterior. Ahora bien, ¿en qué dirección está la fuerza entre las cargas? ¿De qué dependería dicha dirección? Explica tu respuesta.

Es importante que los estudiantes recuerden que el hecho de ser una fuerza implica que tenga una dirección, y que dicha dirección en este caso depende de si las esferas están cargadas con igual o distinto signo.

Finalmente, tenemos que la **ley de Coulomb** es $\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2} \vec{u}_r$ donde a $\vec{F}$ se le conoce como **fuerza eléctrica** y además:

- k es el factor de proporcionalidad, la cual es una constante donde su valor depende de las unidades en que se miden la *fuerza* (N), la *separación* (m) y la *carga* (Coulombio). Normalmente dicha constante en el sistema de medida SI es $k \approx 9 \times 10^9 \frac{\text{newton} \cdot \text{m}^2}{(\text{Coulombio})^2}$.
- $\vec{u}_r$ es un vector unitario dirigido de q hacia Q , es decir, es el que da la dirección de la fuerza, tal como se muestra en la figura 3.

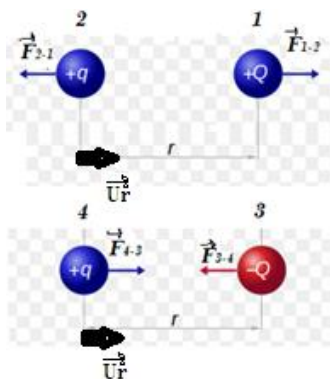


Figura 3. Dirección de la fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas.

NOTA: Como notación tendremos que $\vec{F}_{1-2}$ es la fuerza sobre **1** ejercida por **2**.

Observe que $\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$ son cargas de acción y reacción (Tercera ley de Newton) pues tienen igual magnitud y sentido opuesto.

6.- Teniendo en cuenta las unidades en el sistema MKS, la fuerza F se da en Newtons (N), mientras que la distancia se da en metros (m), por lo cual la expresión $\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2}$ me dice que $[N] = kqQ[\frac{1}{m^2}]$ pero, ¿En qué unidades se dan las cargas q y Q ?

La comunidad científica acordó dar el nombre a la unidad de acuerdo a quien haya trabajado en su desarrollo, y es por eso que para la fuerza se mide en Newtons, mientras que para la carga se seleccionó el de Coulomb y la unidad es **Coulombio**. Pero, ¿qué es un **Coulombio**?

Volvamos a la ecuación $F = k \frac{qQ}{r^2}$ y tomemos dos cuerpos con cargas iguales q que se separan 1m, luego la fuerza que se midió fue de $9 \times 10^9 N$, entonces:

$$F = k \frac{qQ}{r^2}$$

Tenemos que $F = 9 \times 10^9 N$, que la distancia de separación es $r = 1m$ y que $q = Q$, luego reemplazando dichos valores tenemos que:

$$9 \times 10^9 = k \frac{q^2}{1^2}$$

Por el literal a) del punto 5, $k \approx 9 \times 10^9 \frac{\text{newton} \cdot \text{m}^2}{(\text{Coulombio})^2}$ y haciendo $q=c$ tenemos que:

$$9 \times 10^9 = (9 \times 10^9) * c^2$$

De aquí que:

$$1\text{coulombio} = c$$

Finalmente, ¿Qué es un **Coulombio**?

Se espera que los estudiantes bajo guía del docente, lleguen a la conclusión de que 1C es la carga que tienen dos cuerpos separados 1m de distancia, en donde se ejercen una fuerza mutua de $9 \times 10^9 N$.

5.11 SECUENCIA DIDÁCTICA 10

5.11.1 EJERCICIOS

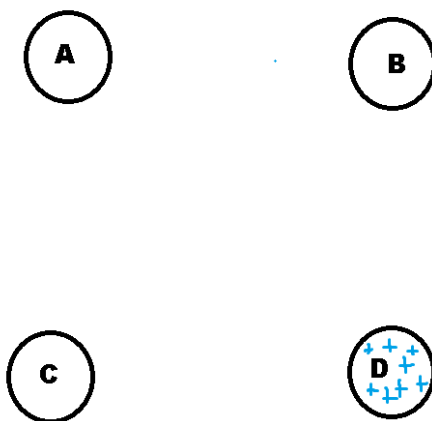
Hasta ahora has trabajado muchos conceptos, entre los cuales están: la carga eléctrica, el fenómeno de inducción eléctrica y la fuerza eléctrica entre otros más. Ahora bien, es de vital importancia que trates de dar respuesta a preguntas en las que se ven involucradas las temáticas vistas.

Actividad 1:

- Supongamos que tenemos los objetos A, B, C y D cargados, donde tenemos que el objeto A repele al B, al mismo tiempo que el A atrae al C y este último repele al D. si se sabe que D está cargado positivamente, ¿qué clase de carga lleva B?
- ✓ Para comenzar, entendamos bien el ejercicio y escribamos la información que nos ofrece el enunciado.

DATOS
5. El objeto A repele al B
6. El objeto A atrae al C
7. El objeto C repele al D
8. D está cargado positivamente

- ✓ Realicemos un diagrama inicial del ejercicio



- ✓ Una vez realizado el diagrama que describe mi ejercicio, he de empezar a ‘especular’ con las hipótesis que me ofrece el enunciado.

Con el fin de facilitar el problema, separemos los objetos de manera que sea posible analizarlas como *cargas puntuales*.

1.- Dado que el objeto C repele al objeto D, ¿Cómo es la fuerza que D ejerce sobre C y viceversa? Dibuja la situación.

El estudiante deberá mostrar las fuerzas siguientes y la gráfica que se muestra en la figura 1:

- F_{DC} que es la fuerza sobre D ejercida por C
- F_{CD} que es la fuerza sobre C ejercida por D

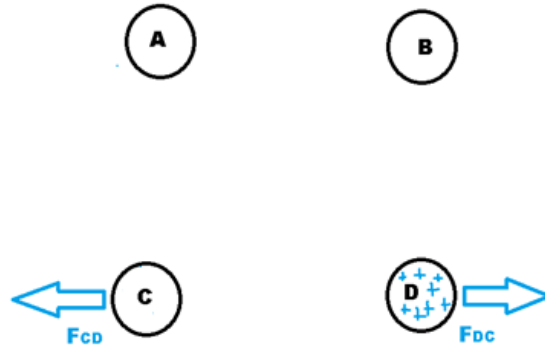


Figura (38). Diagrama de la situación con las respectivas fuerzas de repulsión entre C y D.

2.- Teniendo en cuenta el dibujo anterior y el hecho de que D está cargado positivamente ¿Qué podemos concluir de la carga del objeto C? Explica.

Como C y D se repelen, además de que el objeto D está cargado positivamente, entonces por lo visto en la guía 2, la única forma de que dos objetos se repelan mediante sus cargas, es porque ambos tienen carga de igual signo, por lo cual C tiene carga positiva.

3.- Posteriormente tenemos que el objeto A atrae al objeto C. ¿Cómo es la fuerza que A ejerce sobre C y viceversa? Realiza un dibujo de la situación teniendo en cuenta aspectos pasados.

Es importante que el estudiante identifique que aparecen las siguientes fuerzas y que el esquema respectivo es el de la figura 2.

- F_{CA} que es la fuerza sobre C ejercida por A
- F_{AC} que es la fuerza sobre A ejercida por C

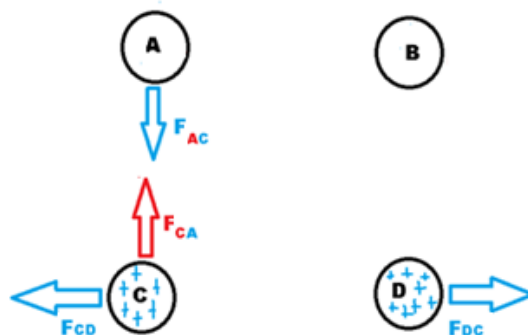


Figura (39). Diagrama de la situación con las respectivas fuerzas de repulsión entre C y D y la atracción entre A y C.

4.- Teniendo en cuenta el dibujo anterior y el hecho de que C está cargado positivamente ¿Qué podemos concluir de la carga del objeto A? Explica.

Como C y A se atraen, además de que el objeto C está cargado positivamente, entonces por lo visto en la guía 2, la única forma de que dos objetos se atraigan mediante sus cargas, es porque tienen carga de signo contrario, por lo cual A tiene carga negativa.

5.- Finalmente tenemos que el objeto A repele al objeto B. ¿Cómo es la fuerza que A ejerce sobre B y viceversa? Realiza un dibujo de la situación teniendo en cuenta aspectos pasados.

Es importante que el estudiante identifique que aparecen las siguientes fuerzas y que el esquema respectivo es el de la figura 3.

- F_{BA} que es la fuerza sobre B ejercida por A
- F_{AB} que es la fuerza sobre A ejercida por B

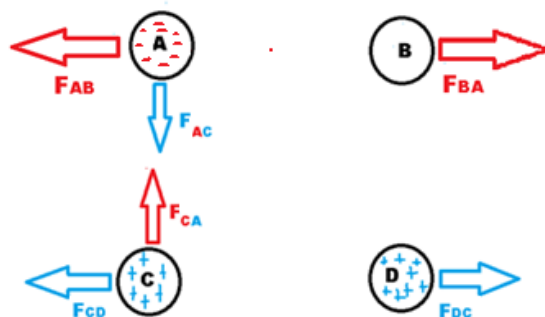


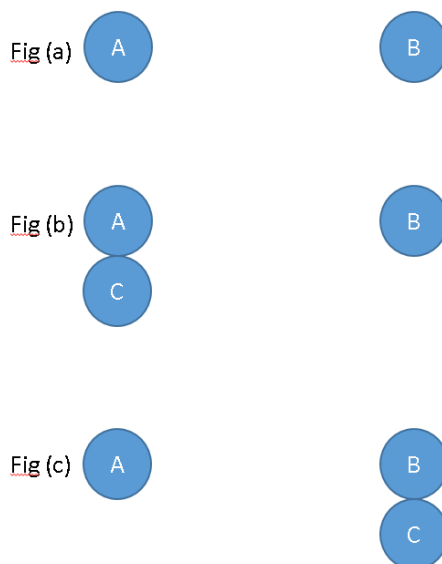
Figura (40). Diagrama de la situación con las respectivas fuerzas de repulsión entre C y D y la atracción entre A y C y de repulsión entre A y B.

6.- Ahora, teniendo en cuenta el dibujo anterior y el hecho de que A está cargado negativamente ¿Qué podemos concluir de la carga del objeto B? Explica.

Como C y D se repelen, además de que el objeto A está cargado negativamente, entonces por lo visto en la guía 2, la única forma de que dos objetos se repelen mediante sus cargas, es porque tienen carga de igual signo, por lo cual B tiene carga negativa.

Actividad 2:

- Dos esferas conductoras idénticas, con cargas iguales (q), A y B [Figura (a)], se repelen mutuamente. Otra esfera idéntica descargada C toca A [Figura (b)] y luego se desplaza hacia la derecha hasta tocar B [Figura (c)].
- c. ¿Cuál es ahora la fuerza eléctrica sobre A en el momento en que B y C entran en contacto?
- d. ¿cuál es la fuerza eléctrica sobre C (después de tocar A), cuando está a la mitad de camino entre A y B?



- ✓ Para comenzar, entendamos bien el ejercicio y escribamos la información que nos ofrece el enunciado.

DATOS
3. A, B y C son esferas conductoras.
4. A y B tienen la misma carga q .

- ✓ Como todas las esferas son idénticas, supongamos que tienen un radio R , luego supongamos que la separación r entre las esferas A y B es muy grande comparada con el radio R , es decir $r \gg R$, luego dichas esferas conductoras se pueden ver como **cargas puntuales**.

Nota 1: ES IMPORTANTE QUE ANTES DE REALIZAR ESTE EJERCICIO SE HAYA REALIZADO UN BUEN TRABAJO CON LA GUÍA DE **CARGA PUNTUAL**.

Nota 2: Se debe de escoger un sistema inercial de referencia, ya que al trabajar con vectores aparecen signos que indican el sentido en el que va la fuerza, por lo cual, en lo que sigue, el docente le indicará a los estudiante, que el SIR tendrá como positivo de la esfera A a la esfera B.



1.- ¿Qué ocurre cuando C toca A siendo ambas esferas conductoras? Explica y realiza un dibujo de la situación.

Se quiere que el estudiante realice un dibujo como la figura 1 y que además entienda que como C y A son esferas conductoras, al momento de entrar en contacto reparten la carga q , es decir que ambas quedan con carga $q/2$.

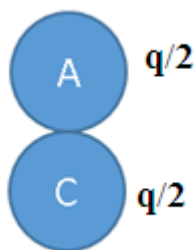


Figura (41). Situación al momento en que la esfera C y A entran en contacto.

2.- Luego, ¿Qué ocurre cuando C toca B?

Es importante que el estudiante entienda que luego en el punto anterior, la esfera C quedó con carga $q/2$ y que luego, cuando las esferas conductoras C y B se tocan, se reparten su carga, es decir que C da $q/4$, mientras que B da $q/2$, por lo tanto, C y B quedan con carga $3q/4$.

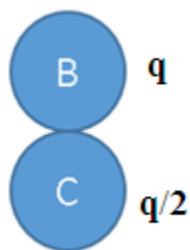


Figura (42). Situación al momento en que la esfera B y C entran en contacto.

Llamemos Q_A , Q_B y Q_C a las cargas que tendrán las esferas A, B y C respectivamente.

3.- Ahora, teniendo en cuenta que $\vec{F}_A = \vec{F}_{A-C} + \vec{F}_{A-B}$, además que si aplicamos la **ley de Coulomb** para las cargas puntuales B y C ¿Cuáles serían los magnitudes de las fuerzas $\vec{F}_A$, $\vec{F}_{A-C}$ y $\vec{F}_{A-B}$? Desarrolla matemáticamente.

Los estudiantes debe reconocer que $\vec{F}_A = \vec{F}_{A-C} + \vec{F}_{A-B}$, además de que las magnitudes de $\vec{F}_{A-C}$ y $\vec{F}_{A-B}$ son:

$$F_{A-C} = k \frac{Q_A Q_C}{r^2} \text{ y } F_{A-B} = k \frac{Q_A Q_B}{r^2}$$

Por lo cual la magnitud de $\vec{F}_A$ es:

$$F_A = k \frac{Q_A Q_C}{r^2} + k \frac{Q_A Q_B}{r^2}$$

4.- Teniendo en cuenta el ejercicio inicial, ¿cuáles son los valores de Q_A , Q_B y Q_C ?

Tomando como base lo analizado a la hora de que las esferas conductoras entren en contacto, los estudiantes deberán tener en cuenta que $Q_A = \frac{q}{2}$; $Q_B = \frac{3q}{4}$ y $Q_C = \frac{3q}{4}$.

5.- Reemplaza los valores de Q_A , Q_B y Q_C en la ecuación del punto 3. ¿Cuál es el valor ahora de F_A ?

Llevando a cabo el reemplazo, el valor de la fuerza es $F_A = k \frac{(q/2)(3q/4)}{r^2} + k \frac{(q/2)(3q/4)}{r^2}$

6.- Simplifique al máximo el valor de F_A ¿Cuál es ahora la magnitud de F_A ? Explicar dicho resultado.

Sumando tenemos que $F_A = 2k \frac{(q/2)(3q/4)}{r^2}$, y al hacer las operaciones posteriores nos queda que:

$$F_A = \frac{3}{4} \frac{kq^2}{r^2}$$

7.- Para el literal b es importante tener en cuenta que cuando C va a mitad de camino, la distancia entre las esferas se reduce a la mitad, es decir $r/2$, además solo ha tocado a la esfera A, ¿Cuáles son ahora los valores para Q_A , Q_B y Q_C ?

El estudiante debe tener claro que $Q_A = \frac{q}{2}$, $Q_B = q$ y $Q_C = \frac{q}{2}$.

8.- Teniendo en cuenta que $\vec{F}_C = \vec{F}_{C-A} + \vec{F}_{C-B}$, ¿Cuáles son los valores de $\vec{F}_C$, $\vec{F}_{C-A}$ y $\vec{F}_{C-B}$?

Aplicando la **ley de Coulomb**, para $\vec{F}_{C-A}$ y para $\vec{F}_{C-B}$ tenemos que:

$$\vec{F}_{C-A} = k \frac{Q_C Q_A}{r^2} \text{ Y } \vec{F}_{C-B} = -k \frac{Q_C Q_B}{r^2}$$

Donde el menos en $\vec{F}_{C-B}$ aparece debido a que va en sentido contrario al SIR, es decir, en sentido de la esfera B a la esfera A.

Luego, como

$$\vec{F}_C = \vec{F}_{C-A} + \vec{F}_{C-B}$$

Entonces

$$\vec{F}_C = k \frac{Q_C Q_A}{(r/2)^2} - k \frac{Q_C Q_B}{(r/2)^2}$$

9.- ¿Cuál es el valor de F_C si se reemplaza los valores de Q_A , Q_B y Q_C en la ecuación del punto anterior? Desarrolle matemáticamente.

Los estudiantes deben llegar a que $\vec{F}_C = k \frac{(q/2)(q/2)}{r^2/4} - k \frac{(q/2)q}{r^2/4},$

10.- Simplifique al máximo el valor de F_C ¿Cuál es ahora la magnitud de F_C ? Explicar dicho resultado.

Los estudiantes deben desarrollar a $F_C = k \frac{q^2}{r^2} - 2k \frac{q^2}{r^2},$ donde posteriormente, al sumar las expresiones nos queda que $F_C = -k \frac{q^2}{r^2},$ lo cual tiene sentido ya que B tiene el doble de la carga que tiene A.

5.12 SECUENCIA DIDÁCTICA 11

5.12.1 CAMPO ELÉCTRICO

OBJETIVOS:

- Introducir el concepto de campo eléctrico como una zona o región del espacio afectada y/o modificada por la carga eléctrica.
- Mostrar la relación entre el campo gravitatorio $\vec{g}$ y el campo eléctrico $\vec{E}$, para poder dar la definición formal de éste.
- Mostrar la forma de las líneas de campo eléctrico para una carga positiva y negativa.

El siguiente concepto a trabajar es muy importante en el desarrollo de la teoría eléctrica pues es con base en él que se desarrollan fenómenos y teorías posteriores; además éste concepto ha sufrido varios cambios a lo largo del tiempo, cambios que han permitido esclarecer a cabalidad la teoría eléctrica.

En este punto es importante recurrir a una valiosa herramienta en cualquier campo del conocimiento, como lo es la ANALOGÍA. Su importancia radica en que permite realizar contrastes, o mejor aún, las *analogías* permiten comparar fenómenos entre sí, con el fin de encontrar similitudes y diferencias, ayudando a simplificar el trabajo a la hora de entender nuevos fenómenos. Es por esto que, para poder hablar de campo eléctrico, primero hablaremos de campo gravitacional.

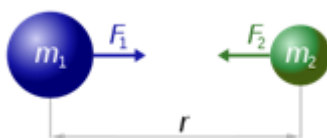
1.- ¿Por qué al soltar un objeto o lanzarlo, este siempre cae?

Se espera que el estudiante asocie sus respuestas al campo gravitatorio o a la gravedad misma.

2.- Desde un punto de vista fenomenológico ¿es posible que entre tus compañeros haya atracción alguna? Considera otros objetos. ¿Cómo es tal atracción entre tus compañeros comparada con la atracción entre la tierra y tu? ¿A qué consideras se debe la atracción?

El docente deberá hacer una discusión guiada sobre las fuerzas gravitacionales teniendo en cuenta que, basta que exista un cuerpo para modificar el espacio que lo rodea, es decir, generar un campo.

Observa lo siguiente:



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}; \quad G \approx 7 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2}$$

La anterior ecuación es llamada: *La ley de gravitación universal* de Sir Isaac Newton. Ella describe las fuerzas que intervienen entre dos cuerpos que están separados una distancia r tal y como se muestra en la figura anterior.

3.- Observa nuevamente la ecuación y fíjate en la constante G . ¿encuentras alguna relación con la pregunta 2?

El docente debe guiar la discusión de tal forma que se vaya introduciendo el efecto de acción a distancia de las masas en la ley de gravitación.

4.- Es claro hasta ahora que la masa de un cuerpo tiene un ‘efecto’ o acción a distancia sobre otro cuerpo que está a una cierta distancia. ¿En qué momento empieza a actuar tal acción a distancia?

La anterior fue una pregunta que tuvo décadas de discusión científica, debates entre grandes exponentes de la disciplina de las ciencias naturales. Es en este punto pues, que se introduce el concepto de ‘CAMPO’ como la afectación del espacio alrededor de un cuerpo. ¿Cómo podemos dar evidencia del campo gravitatorio? Observemos:



Figura 1. Diagrama analogía campo gravitacional.

Ubiquemos nuestro sistema inercial de referencia, suponiendo que estamos viendo desde el infinito el planeta tierra y el cuerpo de masa m , separados por una distancia r . Ambos ejercen una fuerza de atracción entre sí, la cual se manifiesta debido a que cada cuerpo posee un campo gravitatorio.

Llamemos $\vec{F}_{M_T}$ a la fuerza que el planeta tierra ejerce sobre el cuerpo m (flecha verde); y $\vec{F}_m$ a la fuerza que el cuerpo m ejerce sobre el planeta tierra (flecha café). Gracias al tercer axioma del movimiento podemos establecer que: $\vec{F}_{M_T} = -\vec{F}_m$. Donde el signo menos indica que las fuerzas van en dirección contraria.

5.- Ahora, analizando únicamente las magnitudes de las fuerzas $\vec{F}_{M_T}$ y $\vec{F}_m$, ¿Es posible asegurar que $F_{M_T} = F_m$? ¿Por qué? Explica.

Es importante que el estudiante recuerde que como son fuerzas de acción y reacción, sus magnitudes son iguales, y que el signo menos aparecía debido a la dirección que tienen las fuerzas originalmente.

6.- Teniendo presente las leyes de Newton, ¿Qué conclusiones se pueden sacar respecto a F_{M_T} y F_m vista como magnitudes? Explica.

El docente deberá orientar la discusión hasta el punto tal que los estudiantes recuerden que $F=ma$, por lo cual y teniendo en cuenta que $F_{M_T} = F_m$, entonces $F = a_m * m = a_T * M_T$.

7.- ¿Cómo es a_T comparado con a_m ? Explica teniendo en cuenta el álgebra básica para despejar a_T y a_m respectivamente y analizar su comportamiento.

El estudiante deberá estar en la capacidad de ver que $a_T = \frac{m}{M_T} a_m$ mientras que $a_m = \frac{M_T}{m} a_T$, y si vemos con detenimiento, la masa del cuerpo m comparado con la masa del planeta tierra M_T es insignificante, por lo cual su cociente es prácticamente cero, entonces a_T es muy pequeño comparado con un valor muy considerable de a_m .

8.- Teniendo en cuenta el punto anterior, ¿Qué concluyes respecto al campo gravitacional?

El docente deberá guiar la discusión de tal forma que los estudiantes comprendan que a_m tiene un valor muy considerable, el cual se traduce en la aceleración que poseen los objetos que están en el planeta tierra; y es de esta forma que el campo gravitacional se manifiesta.

Dado que el campo gravitatorio existe para cualquier objeto de masa m , y en presencia de un objeto se experimenta una fuerza, el campo gravitacional es por definición: $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$. Debemos resaltar el hecho de que **las fuerzas gravitacionales son únicamente de carácter atractivo**.

En lo que sigue, buscaremos la manera de IDEALIZAR el concepto de *campo eléctrico* partiendo de lo anteriormente discutido sobre campo gravitatorio.

- Observa la siguiente situación:

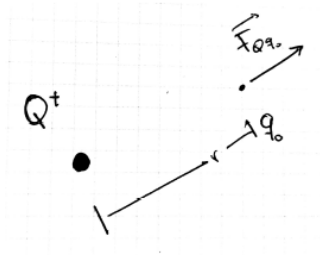


Figura 2. Situación concreta campo eléctrico.

Supongamos que tenemos una carga Q positiva y una carga de prueba q_0 separadas por una distancia r . Note además que $Q \gg q_0$

9.- De acuerdo a la analogía hecha con anterioridad sobre el campo gravitacional, ¿cómo definiría el campo eléctrico? Conjetura al respecto con tu grupo de trabajo.

No se espera que de entrada el estudiante acierte con la definición de campo eléctrico, sin embargo, sí se hace necesario que el docente guíe la discusión de tal manera que se llegue a una conclusión parecida con el campo gravitacional.

10.- ¿Influye en algo que la carga de q_0 sea positiva o negativa? Realiza un diagrama. ¿Qué concluyes respecto de la dirección del campo eléctrico?

En este punto el estudiante deberá inferir que la dirección del campo eléctrico depende del signo de la carga que sea objeto de estudio, debido a que hay fuerzas atractivas y repulsivas.

11.- Retoma nuevamente el punto 10, y teniendo como base la definición de campo gravitatorio $\vec{g}$, define con tus propias palabras el campo eléctrico $\vec{E}$.

En esta parte, y con el apoyo del docente, el estudiante deberá concluir que $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0}$.

12.- Imagina que tienes una lámina de cartón y la sobrepones en la figura 3, de tal forma que sea muy cerca de la carga positiva y que además rodee una parte de ésta, teniendo como fin que las flechas atraviesen la lámina. ¿Cuántas líneas pasan por la lámina? si la misma lámina se aleja del centro ¿cuántas líneas pasan? ¿Qué pasa si se aleja más, la misma lámina? Concluye.

Es imperativo que el estudiante concluya que el campo eléctrico es más intenso donde la densidad de líneas de campo es mayor, es decir, el número de líneas por unidad de área es mayor en la medida en que más líneas de campo atraviesen el área.

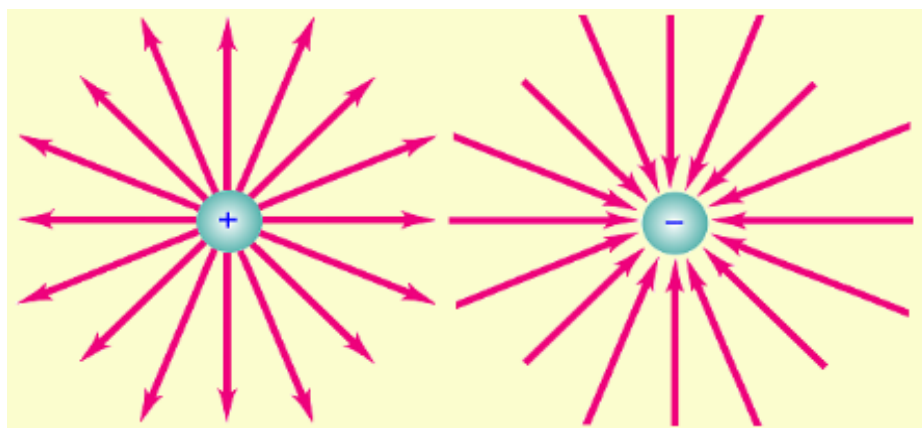


Figura 3. Campo eléctrico para carga positiva y negativa.

5.13 SECUENCIA DIDÁCTICA 12

5.13.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO

OBJETIVOS:

- Definir y comprender el concepto de *diferencia de potencial eléctrico*.
- Introducir el concepto de superficie equipotencial.

Hasta ahora hemos desarrollado el concepto de carga eléctrica e identificamos el campo eléctrico como el espacio afectado por la presencia de una carga. Nos aprontamos a definir uno de los conceptos más importantes y útiles de la electrostática como lo es, la *diferencia de potencial eléctrico* o *voltaje* (V) como regularmente se le conoce.

Quizás usted ha observado que en nuestras casas llega una acometida eléctrica que tiene dos cables conductores de cobre que transporta la energía eléctrica, que luego se distribuye en la casa en unas cajitas pegadas a la pared que tienen dos ranuras en las que se conectan los aparatos eléctricos (llamados popularmente tomas o enchufes). Entre las dos ranuras existe una *diferencia de potencial* o *voltaje*.



Es muy importante que el estudiante aprenda el concepto de *diferencia de potencial eléctrico*, ya que:

1. Si hay *diferencia de potencial* es porque hay un campo eléctrico, es decir, a través de la *diferencia de potencial* se puede hallar el campo eléctrico.
2. A *diferencia del campo eléctrico* que es una cantidad vectorial, el *potencial* es una cantidad escalar y, por lo tanto, más fácil de trabajar, es decir, que no se necesita hablar de vectores para incorporar el concepto de *diferencia de potencial*.
3. Es la manifestación de la energía

En lo que sigue se va a realizar una ANALOGIA con *energía potencial gravitacional* para introducir el concepto de *diferencia de potencial eléctrico*.

El concepto de *diferencia de potencial eléctrico* es análogo al *potencial gravitacional*, aunque en caso gravitacional, es más usado el concepto de *energía potencial gravitacional*, y en electricidad es más usado el concepto de *voltaje* o *diferencia de potencial eléctrico*, es sólo una cuestión de costumbre.

1.- ¿Recuerda cómo se define el campo eléctrico $\vec{E}$ y el campo gravitacional $\vec{g}$? Explica y realiza un dibujo de $\vec{E}$ y $\vec{g}$.

El campo gravitacional se define como $\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m}$, es decir la fuerza en la unidad de masa, mientras que el campo eléctrico se define como $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0}$, es decir, la fuerza eléctrica en la unidad de carga de prueba, donde como vimos anteriormente, dicha carga de prueba se toma positiva con el fin de evitar ambigüedades.

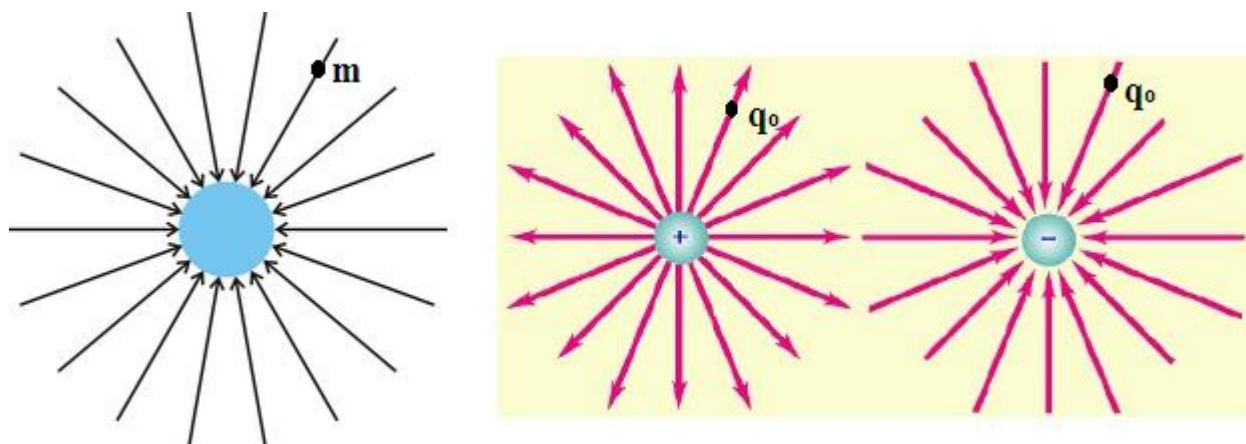
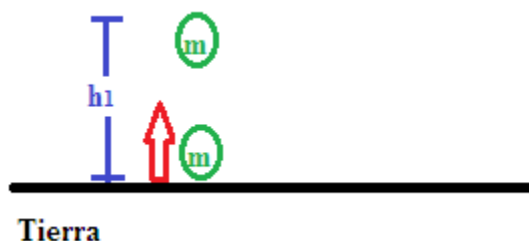


Figura (43): Líneas de campo gravitacional y líneas de campo eléctrico para cargas positivas y negativas.

Nosotros estamos familiarizados con el campo gravitacional de la tierra. Observemos ahora que le pasa a un cuerpo de masa m en el campo $\vec{g}$ de la tierra (tenga presente que la masa de la tierra es muy grande comparada con una masa m).

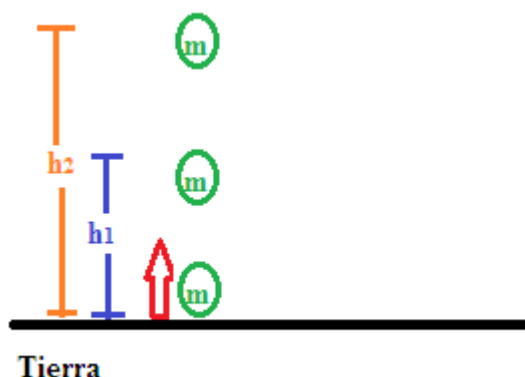
2.- Suponga que el cuerpo m está en la superficie y deseamos alzarlo a una altura h_1 cualquiera tal y como se muestra en la figura. ¿Cómo lo harías? Desde el punto de vista de la física ¿Qué está haciendo al alzarlo?



El estudiante deberá argumentar que debe coger el cuerpo m y aplicar sobre él una fuerza en dirección del movimiento, para poder levantarlo hasta h_1 , luego, desde el punto de vista de la física está realizando un trabajo, es decir, transfiriendo energía mediante el trabajo.

Es importante tener presente el teorema fundamental del trabajo y la energía.

3.- Si ahora lo quisiera subir hasta h_2 , ¿Cómo lo harías?



Teniendo en cuenta el punto anterior, tiene que desplazarlo aún más, es decir, debe hacer un mayor trabajo, o sea transferirle más energía.

Recuerde que, en su curso pasado, usted dijo que la energía transferida mediante el trabajo SE ACUMULA en el sistema (en este caso tierra y pelota) en forma de energía potencial gravitacional.

4.- ¿Cómo se visualiza la diferencia de energía potencial gravitacional?

Es importante que el estudiante identifique que hay una diferencia de altura entre h_1 y h_2 , y es debido a esta que se visualiza la diferencia de energía potencial gravitacional.

5.- ¿Qué ocurre ahora si soltamos la masa m ?

Gana energía cinética, es decir, la energía potencial gravitacional que se acumuló en el primer caso, el sistema lo devuelve en forma de EC. Dicho en otras palabras, la ganancia de EC se manifiesta en la disminución de la energía potencial gravitacional.

6.- ¿Cómo escribe la variación de energía cinética y la variación de energía potencial?

Es importante reconocer que al subir el objeto, lo que disminuye en energía cinética, es lo mismo que gana en energía potencial gravitacional, mientras que cuando cae, lo que aumenta en energía cinética, es lo mismo que disminuye en energía potencial.

Es importante que en esta parte, el estudiante llegue a interpretar la expresión $\Delta E_c = -\Delta E_p$.

7.- En la expresión anterior, ¿Qué significa el signo menos? Explica.

Recuerde que GANAR es solamente igual a GANAR, pero también podemos decir que ganar, es el OPUESTO de perder, es decir, si el uno gana, el otro pierde.

Pues bien, esta misma idea la usaremos para introducir el concepto de *diferencia de potencial eléctrico*.

Veamos:

8.- Supongamos que tenemos una pequeña masa de carga puntual positiva $+Q$ (tal como en la experiencia anterior teníamos la masa de la tierra) que genera un campo eléctrico $\vec{E}$. Dibuja las líneas de campo eléctrico.

9.- Ahora, ubica un pequeño cuerpo, como por ejemplo un protón de masa $m=1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ y carga positiva $+q_0=1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (análogo a la masa m en la experiencia anterior). ¿Qué ocurre cuando se suelta $+q_0$ en el campo eléctrico $\vec{E}$? Describe el movimiento.

Como ambas cargas (Q y q_0) son positivas, las cargas se repelen, luego Q ejerce una fuerza $\vec{F} = q_0 \vec{E}$, pero además por el 2º axioma del movimiento $\vec{F} = m \vec{a}$, por lo cual, $q_0 \vec{E} = m \vec{a}$, lo cual implica que $\vec{a} = \frac{q_0 \vec{E}}{m}$, es decir que la carga q_0 se acelera, entonces aumenta la velocidad, por lo cual AUMENTA su energía cinética.

El análisis que ha hecho puedo expresarlo diciendo que ANÁLOGO al campo gravitacional, existe también una **ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA** que permite que la carga aumente la energía cinética hacia la región que se ALEJA de $+Q$.

10.- ¿Cómo queda entonces la expresión expuesta en el punto 6 para este caso?

$\Delta E_c = -\Delta E_{pe}$, donde ΔE_{pe} es el cambio de energía potencial eléctrica.

11.- ¿Qué le ocurre a la energía potencial eléctrica cuando el protón se aleja de $+Q$? Explique

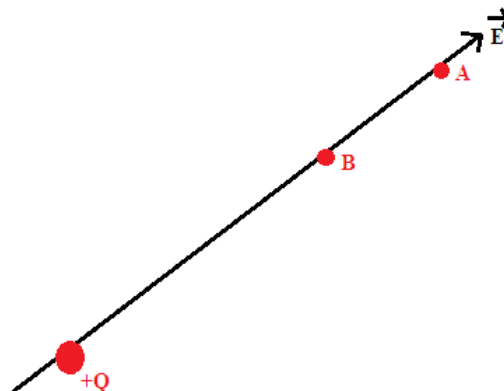
Disminuye, ya que la energía cinética del protón aumenta.

12.- Con tus compañeros de grupo intenta generalizar esta observación.

En esta parte se pueden tener dos opciones:

- a) *La energía potencial eléctrica disminuye cuando el protón se aleja de $+Q$*
- b) *La energía potencial eléctrica aumenta a medida que el protón se acerca a $+Q$.*

13.- Ahora, toma dos puntos cualesquiera A y B en el campo eléctrico E como en la siguiente imagen. ¿Cuál de los dos puntos A y B tiene mayor energía potencial eléctrica?



Teniendo en cuenta el punto 12, la energía potencial eléctrica en B es mayor que la energía potencial eléctrica en A.

Su observación es correcta, los puntos A y B tienen diferente energía potencial eléctrica, o sea que entre A y B hay una *diferencia de energía potencial eléctrica*. Con estos elementos introducimos una definición así:

Llamase *DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO* a la diferencia de energía potencial eléctrica por unidad de carga de prueba q_o , es decir que, denotando a V_A como potencial en el punto A, tenemos que:

$$V_A - V_B \equiv \frac{\Delta U_e}{q_o} = \frac{U_A - U_B}{q_o}$$

14.- Ahora, ¿Cómo es el valor de U_A , con respecto a U_B ?

Es importante que reconozca que $U_A < U_B$.

15.- Teniendo en cuenta el punto anterior, ¿Cómo es la diferencia $U_A - U_B$?

$U_A - U_B < 0$.

16.- ¿Cómo es entonces el potencial eléctrico en B respecto al potencial en A?

$V_B > V_A$.

17.- ¿Qué le ocurre al potencial si me voy acercando cada vez más a $+Q$?

A medida que me acerco a $+Q$, el potencial eléctrico va aumentando.

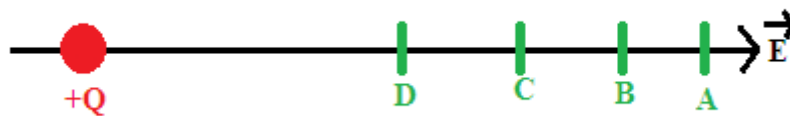
18.- Recíprocamente, ¿Qué le ocurre al potencial eléctrico si me voy alejando cada vez más de $+Q$?

A medida que me alejo de $+Q$, el potencial eléctrico va disminuyendo.

19.- Con ayuda de sus compañeros, generalice esta situación.

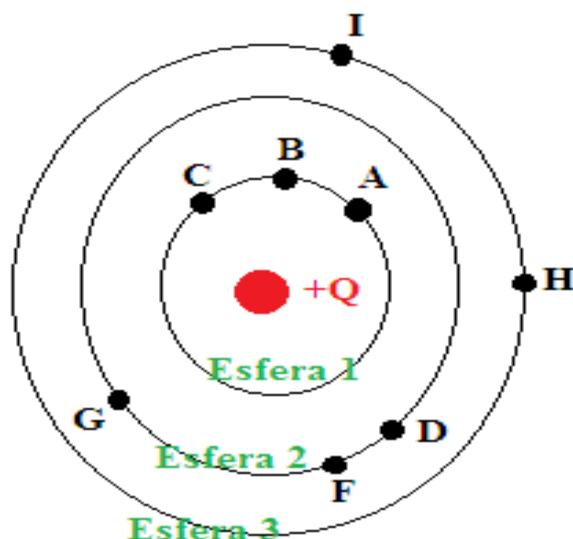
En esta parte el estudiante deberá identificar que dada una carga positiva el potencial eléctrico en un punto es tanto mayor cuanto más cerca esté de la carga que produce el campo y va disminuyendo entre más se aleje.

20.- Ahora tomemos varios puntos en el campo eléctrico como se muestra en la siguiente figura. ¿Cómo es el potencial en cada uno de los puntos y cómo se relacionan entre sí?



$V_D > V_C > V_B > V_A$.

Observe la siguiente figura:



21.- ¿Cómo es el potencial en los puntos A, B y C? ¿Cuál es el trabajo para llevar una carga del punto A al punto B o C? Explica.

Dichos puntos tienen el mismo potencial eléctrico, luego como tienen la misma energía potencial, el trabajo para mover una carga desde A hasta B o C es cero.

22.- ¿Cómo llamaría a una superficie como la esfera 1 donde los puntos A, B y C tienen el mismo potencial?

En esta parte, y con la instrucción del profesor, los estudiantes deben concluir que a dicha esfera se le puede asignar el nombre de superficie equipotencial.

23.- ¿Para qué conjunto de puntos marcado en la figura, la diferencia de potencial es el mismo?

Hay tres conjuntos de grupos que tienen igual diferencia de potencia, los puntos I y H, los puntos D, F y G, y por último los puntos A, B y C.

5.14 SECUENCIA DIDÁCTICA 13

5.14.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO (Ejercicio)

OBJETIVO:

- Reconocer que el potencial crece o es más positivo a medida que se acerca a la carga positiva y que disminuye o es más negativo a medida que se acerca a la carga negativa

Supongamos que tenemos un sistema de 2 cargas puntuales $+Q$ y $-Q$ y que usted suelta una carga $+q_0$ en el punto a referenciado en la siguiente imagen.



Figura 1. Sistema de dos cargas puntuales $+Q$ y $-Q$.

En lo que sigue realizaremos una descripción de lo que sucede con $+q_0$ en términos del potencial eléctrico.

1.- ¿Qué sucede con la carga $+q_0$ al soltarla en dicho punto? Describa el movimiento y realice un dibujo.

Al soltar la carga $+q_0$ en el punto a , dicha carga es repelida por $+Q$, y más aún se acerca a $-Q$, debido a que dicha carga es negativa.

2.- En términos de *velocidad*, ¿Qué sucede con $+q_0$ cuando se acerca a $-Q$? Por lo anterior, ¿Cómo sería la energía cinética a medida que $+q_0$ se acerca a $-Q$?

La velocidad de la carga $+q_0$ a medida que se acerca a $-Q$ aumenta, por lo cual la energía cinética también aumenta.

3.- Teniendo en cuenta el punto anterior, ¿Qué sucede con la energía potencial eléctrica cerca a la carga $-Q$?

Al acercarse a la carga $-Q$, el potencial eléctrico disminuye.

4.- Discute con tus compañeros y el profesor, la física desarrollada en este ejercicio y teniendo como base la guía anterior, concluye.

El estudiante deberá concluir que el potencial cerca de una carga positiva es positivo y crece entre más se acerque a la carga $+Q$ y disminuye si se aleja y el potencial cerca de una carga negativa va disminuyendo y es más negativo mientras más se acerque a $-Q$.

Es importante resaltar que entre las cargas $+Q$ y $-Q$ existe una diferencia de potencial, la cual se denota por V_+ y V_- , además que se acostumbra a llamar polos eléctricos a la región donde está $+Q$ y $-Q$, por eso decimos que entre las dos ranuras de los toma corriente de la casa hay una diferencia de potencial o voltaje (V).

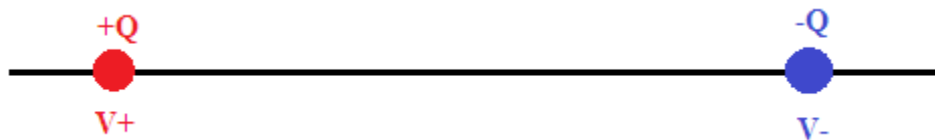


Figura 2. Representación del potencial en las cargas $+Q$ y $-Q$.

A los polos se les representa así:

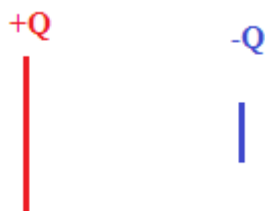


Figura 3. Representación de los polos.

O como se ve en un circuito:



Figura 4. Representación común de los polos en un circuito.

Donde la línea más larga indica que el potencial es mayor, mientras que la más corta que el potencial es menor.

5.15 SECUENCIA DIDÁCTICA 14

5.15.1 CORRIENTE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA (Ley de Ohm)

Objetivos:

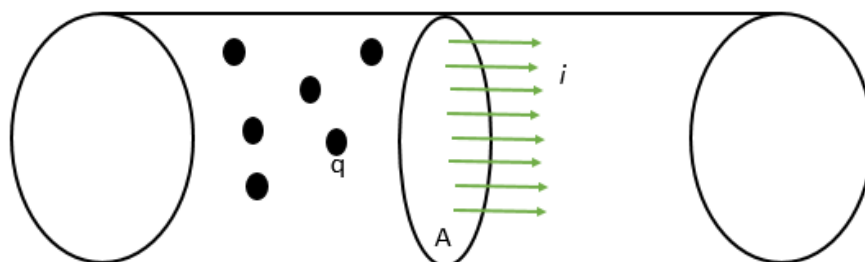
- Definir el concepto de corriente eléctrica como la cantidad de carga que atraviesa la sección transversal de un conductor en la unidad de tiempo.
- Definir la resistencia de un cuerpo como la oposición que presenta el cuerpo al paso de la corriente eléctrica, identificando también que la resistencia depende del material y de su geometría.

En experiencias anteriores, concluimos que las cargas eléctricas se mueven en presencia de un campo eléctrico, o lo que es lo mismo, en la región del espacio donde haya una diferencia de potencial ΔV .

1.- ¿Qué se necesita para generar una corriente eléctrica i ?

Si un campo eléctrico o lo que es lo mismo una diferencia de potencial, generan un movimiento de cargas, es de concluir que una corriente se genera (se debe tener en cuenta que un campo magnético también puede generar corriente eléctrica, bajo ciertas condiciones) a partir de lo descrito con anterioridad, ya que el movimiento de cargas, es corriente eléctrica.

2.- Definamos corriente eléctrica i como el movimiento de cargas eléctricas (en los conductores metálicos, se mueven los electrones¹²) que atraviesan una sección transversal en la unidad de tiempo, veamos la figura siguiente:



¿Cómo consideras es la expresión que defina la corriente i ?

El docente debe guiar la discusión, teniendo en cuenta la definición dada en principio, obteniendo como resultado $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. Es necesario que se haga énfasis en la lectura de la expresión obtenida, además de discutir lo que significa una corriente de $1A = \frac{1C}{1s}$.

La corriente i , es medida mediante un dispositivo llamado amperímetro.

Es ideal que el docente cuente con un amperímetro para mostrar su uso, dando una explicación de cómo usarlo.

¹² Revisar experimento: Efecto Hall.

3.- La carga de un electrón¹³ es de $e^- = -1,6 \times 10^{-19} \text{Coulombios}$. Decimos que por una sección transversal de un conductor pasa una corriente de 1A, cuando pasa 1 coulomb en 1 segundo. ¿Cuántos electrones se necesitan para que por un alambre conductor pase una corriente de 1A? Considera la cantidad obtenida.

Es imperativo que el docente se tome un momento para analizar la cantidad tan grande que acaba de obtener, simplemente para un caso hipotético y sencillo.

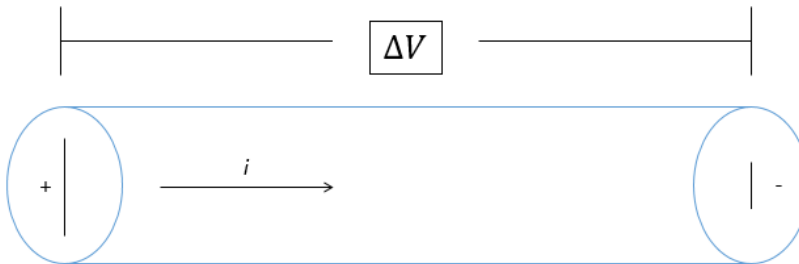
$$\text{Cantidad } e^- = \left(1 \frac{\text{C}}{\text{s}}\right) \times \left(\frac{1e^-}{1,6 \times 10^{-19}\text{C}}\right) \cong 6 \times 10^{18} \frac{e^-}{\text{s}}$$

CORRIENTE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA (LEY DE OHM)

Objetivos:

- Definir el concepto de corriente eléctrica como la cantidad de carga que atraviesa la sección transversal de un conductor en la unidad de tiempo.
- Definir la resistencia de un cuerpo como la oposición que presenta el cuerpo al paso de la corriente eléctrica, identificando también que la resistencia depende del material y de su geometría.

1.- Suponga que tenemos el siguiente conductor metálico de cobre, como en la figura:



El conductor metálico de cobre, posee una cantidad aproximada de cargas libres, dada por: $n = 8 \times 10^{28} \frac{\text{cargas}}{\text{m}^3}$.

Suponga que las cargas libres son electrones. ¿Qué se necesita para que se muevan en el conductor?

El docente, mediante experiencias pasadas tuvo que haber dejado claro que las cargas eléctricas se mueven en presencia de un campo eléctrico o mediante una diferencia de potencial entre dos puntos.

2.- ¿qué sucede si se aumenta la diferencia de potencial? Considere el número de cargas que se moverán y sus implicaciones.

¹³ Revisar experimento de la gota de aceite de R. Millikan.

Si se aumenta la diferencia de potencial, pasan más cargas a través de la sección transversal en la unidad de tiempo, por lo cual, aumentara la corriente.

3.- Con su grupo de trabajo, especule sobre una posible hipótesis que dé cuenta de la relación que hay entre la corriente y la diferencia de potencial.

Mediante una discusión grupal y con ayuda del docente, es necesario llegar a que $\Delta V \propto i$.

4.- ¿Cómo crees que es la corriente a través del conductor metálico si encuentra mucha resistencia al paso de cargas? (*Sugerencia: Imagina el agua que fluye a través de un tubo, cuando le pones un dedo o tapas la boca del tupo*)

El debate en este caso ira orientado a que, si hay una gran resistencia a la corriente, ésta se reducirá, y viceversa, si la corriente es grande, es porque la resistencia es poca.

5.- Como en el punto 3, debate y plantea una relación entre la corriente y la resistencia.

En este caso, la corriente es inversamente proporcional a la resistencia.

CONCLUSIÓN:

La guía de estudio trabajada anteriormente fue un incentivo teórico para lo que concluiremos ahora.

El físico alemán George Simon Ohm (1789-1854) formuló una famosa ley que lleva su nombre, esta es: *La diferencia de potencial que es aplicada en los extremos de un conductor es proporcional a la intensidad de corriente que circula por dicho conductor.* Lo anterior podemos escribirlo como sigue:

$\Delta V = iR$, siendo R la resistencia que presenta el conductor al paso de la corriente i .

5.16 SECUENCIA DIDÁCTICA 15

5.16.1 CIRCUITOS ELÉCTRICO

OBJETIVO:

- Mostrar la ley de Kirchhoff en distintos circuitos en serie y en paralelo.

En lo que sigue analizaremos la forma en que se solucionan circuitos eléctricos, teniendo en cuenta lo visto en la guía anterior (Corriente y resistencia) y una ley que nos será de mucha ayuda.

1.- Describa y dibuje los materiales que tiene en su mesa de trabajo.

El docente deberá contar con un multímetro (con sus respectivas puntas de prueba), una batería de 9V, alambre pelado y distintas resistencias de $1k\Omega$ a $10k\Omega$ y de $20k\Omega$ de ser posible.

Con ayuda del docente y de tu grupo de trabajo, realiza el siguiente circuito ubicando en R1, R2 y R3 cualquiera de las resistencias dadas:

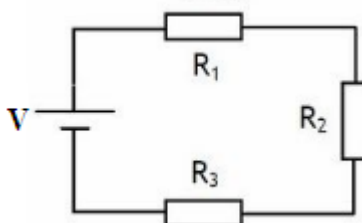


Figura 1. Circuito en serie.

2.- Llamando V1, V2 y V3 las diferencias de potencial a través de R1, R2 y R3 respectivamente, ¿Cuáles son los valores para V1, V2 y V3? Ayuda: Halla dichos valores con la ayuda del voltímetro.

3.- Toma los valores de V1, V2 y V3 y súmalos, ¿A qué es igual dicha suma? ¿Qué puedes concluir de V1, V2, V3 y V?

La suma será igual a 9V, ya que esa es la pila V, por lo cual es posible concluir que $V1+V2+V3=V$.

4.- Ahora, con ayuda del multímetro, mide la corriente en varios puntos del circuito. ¿Qué puedes concluir de esto?

El estudiante deberá concluir que la corriente que fluye por todo el circuito en serie es la misma.

Ahora, con ayuda del docente realiza el siguiente circuito ubicando en R1, R2 y R3 cualquiera de las resistencias dadas:

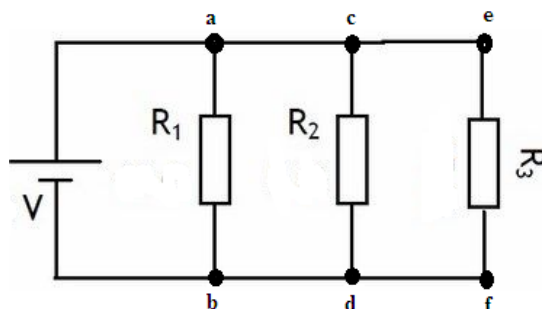


Figura 2. Circuito en paralelo.

5.- Ahora, mide la diferencia de potencial colocando las puntas de prueba del multímetro en los puntos a y b, luego en c y d y por último en e y f. ¿Cómo es dicha diferencia de potencial comparado con el voltaje o diferencia de potencial de la pila V? ¿Qué puedes concluir?

El estudiante deberá explicar que dichas medidas de diferencia de potencial son iguales, además que es igual al potencial de la pila que en este caso es de 9V, es decir que $V_{ab} = V_{cd} = V_{ef} = V$.

6.- Con ayuda del amperímetro mide la corriente que entra al punto a y posteriormente mide la corriente que sale del punto b. ¿Cómo son dichas magnitudes?

La corriente que entra en a es la misma corriente que sale en b.

7.- Llamando i_1 , i_2 e i_3 a las corrientes que están entre ab, cd y ef respectivamente, ¿Cuáles son los valores para i_1 , i_2 e i_3 ? Ayuda: Halla dichos valores con la ayuda del amperímetro.

8.- Toma los valores de i_1 , i_2 e i_3 y súmalos, ¿A qué es igual dicha suma? ¿Qué puedes concluir de i_1 , i_2 , i_3 e i (denotando i a la corriente calculada en el punto 6)?

En esta parte, la suma de las corrientes $i_1 + i_2 + i_3 = i$.

9.- Con ayuda de tu grupo de trabajo y del profesor, y teniendo en cuenta lo desarrollado en esta guía concluye respecto a cómo es la corriente y el potencial tanto en circuitos en serie como en paralelo.

En esta parte es importante que concluya que:

1. Para circuitos en serie:

- La corriente en todo punto será igual
- La suma de las diferencia de potencial en los puntos será igual a la fem de la pila.

2. Para circuitos en paralelo:

- La diferencia de potencial en todo punto es igual,
- La suma de la corriente que sale de los nodos del circuito es igual a la corriente i producida por la fem, que en este caso es la pila.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

- En este proyecto se pensó, preparó y elaboró una secuencia didáctica, tipo guías de estudio, que buscan favorecer el aprendizaje de la ciencia (física), bajo una estructura, en su mayoría de tratamiento CONCEPTUAL y CUALITATIVO de los fenómenos relativos a la electrostática.

- La secuencia didáctica en cuestión, se encuentra bajo los parámetros de la teoría del aprendizaje constructivista, la cual hace del estudiante un participante activo en la construcción de su propio conocimiento; también, se tiene en cuenta la evolución histórico conceptual de la disciplina, puesto que es debido a las variantes conceptuales a lo largo del desarrollo teórico que se generan ciertas dificultades en cuanto al aprendizaje de los fenómenos.

- Nos hemos apoyado en tres elementos que consideramos básicos para el estudio del fenómeno didáctico, los cuales son:

- 1.- Conocimiento epistemológico de la disciplina, que incluye por supuesto, la condición necesaria de conocer la disciplina, su filosofía, su historia, etc.

- 2.- Reconocer la importancia de los procesos cognitivos del sujeto, que son primordiales para el aprendizaje.

- 3.- La teoría de la actividad de VYGOTSKI juega un papel fundamental, ya que es mediante el debate y la discusión grupal que se genera un consenso en cuanto a la aceptación teórica, en otras palabras, sólo mediante la actividad el sujeto logra construir firmemente los conceptos.

- Desde nuestra perspectiva, se hace imperativo ejercer en el aula de clase la metodología de enseñanza de la física propuesta por Gutiérrez, E. y Perea, A. (1984), teniendo en

cuenta que el estudiante es el responsable de la construcción de su propio conocimiento, y teniendo en cuenta que la motivación y la acción son claves en el proceso de aprendizaje.

- Escribir, describir, argumentar y exponer, son claves en el proceso de aprendizaje, puesto que es mediante el uso del LENGUAJE, y sus diferentes formas de expresión que se potencia la acción de pensamiento.

- Este trabajo consta de una propuesta didáctica que tiene en cuenta los tres aspectos anteriormente mencionados, y pretende en un futuro próximo poder aplicarse en el aula de clase en lo que podría hacer una especialización o maestría, donde el análisis de su aplicación sea tema de un proyecto de investigación en didáctica.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, A. U. (2014) Diseño de experimentos para la enseñanza de los conceptos de carga eléctrica y campo eléctrico. Trabajo de Grado. Universidad Pedagógica. Colombia.
- Barros, J. F. (2008). Enseñanza de las ciencias desde una mirada de la didáctica de la escuela francesa. *Revista EIA*, (10), 55-71.
- Beléndez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la “síntesis electromagnética” de Maxwell. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(2), 2601.
- Carrera, B., & Mazzarella, C. (2001). Vygotsky: enfoque sociocultural. *Educere*, 5(13), 41-44.
- Castiblanco, J. E. M. (2014). LIBRO: LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DEL SABER SABIO AL SABER ENSEÑADO. AUTOR: YVES CHEVALLARD. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. (Bogotá, Colombia)*, 9(2), 97-100.
- Chevallard, Y. (1991). La transposición didáctica. *Del saber sabio al saber enseñado*, 3.
- Corominas, J. (2013, abril) Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física. *Revista Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (74), 69-75.
- Duschl y Gitomer (1991): en Ciencias, E. B. D. C. (2004). Naturales y Ciencias Sociales. *Ministerio de Educación Nacional República de Colombia*.
- Fernández, J; Orribo, T. (1995) Los modelos didácticos en la enseñanza de la física. Ponencia IX Congreso de la Didáctica de la Física. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid-España.

- Furió, C; Guisasola, J. (1999) *Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento*. En: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 1999, 17 (3). España. PP: 441-451.
- Furió, C., & Guisasola, J. (1997). *Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico*. En: Enseñanza de las Ciencias, 15(2), 259-271.
- Furió, C; Guisasola, J. (1998). *Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad*. En: Enseñanza de las Ciencias, 1998, 16 (1), España. PP: 131-146.
- Gil Pérez, D. (1993). *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación*. En: Enseñanza de las Ciencias, 11(2), 197-212.
- Gutiérrez, E; Perea, A. (1984) *Una metodología en la enseñanza de la física*. En: Reflexiones Pedagógicas Vol. 3 (No. 8). Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía. Cali-Colombia.
- Haber-schaim, U., cross, J., dodge, J., & Walter, J. (1980). Physical Science Study Committee (PSSC) Física.
- Muñoz, J. (2014) Diseño de una unidad didáctica para la rotación de un cuerpo: El caso del momento de una fuerza o torque. Proyecto de grado. Universidad del Valle. Cali-Colombia.
- Perea, A. (2005) La construcción del conocimiento científico: ¿un problema de lenguaje? Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. AA 25360. Cali-Colombia.

Piaget, J. (1977) *Psicología y Pedagogía*. Ariel. Barcelona.

Reyes, J; Martínez, C. (2013) *Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza del campo eléctrico*. Tesis Doctoral. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.

Sánchez Blanco, G., & Valcárcel Pérez, M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 033-44.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 239-276.

Vygotsky, L. S. (1995). *Pensamiento y lenguaje* (pp. 97-115). A. Kozulin (Ed.). Barcelona: Paidós.