



ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Físicas
Programa de Maestría en Educación en Física

GUIA DIDACTICA EN
CAMPO ELECTRICO

MONOGRAFIA

Previo a la Obtención del Título de:
MAGISTER EN EDUCACION
EN FISICA PARA
ENSEÑANZA MEDIA

Presentada por:
Lesther E. Mosquera Espinoza

Guayaquil - Ecuador

1996

AGRADECIMIENTO

Al ING. FLORENCIO PINELA

DIRECTOR DE MONOGRAFIA

Por su ayuda y colaboración en la
elaboración de la presente tesis

Al LCDO. GONZALO MORALES

Por la ayuda prestada en la
realización del programa de Software

1
APROBACION

DEDICATORIA

A MI MADRE

A MI ESPOSA

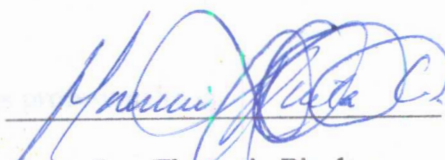
A MIS HIJOS

APROBACIÓN



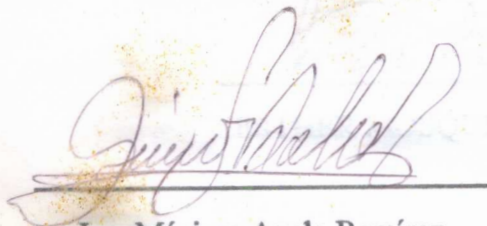
M.C Jaime Vásquez Tito

**DIRECTOR DEL
INSTITUTO DE CIENCIAS
FISICAS**



Ing. Florencio Pinela

**DIRECTOR DE
MONOGRAFIA**



Ing. Máximo Apolo Ramírez

**SUB-DIRECTOR DEL INST.
DE CIENCIAS FISICAS**



Ing. Dick Zambrano

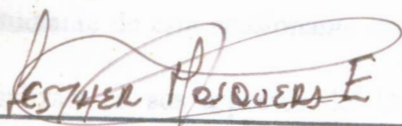
**VOCAL DEL TRIBUNAL
EXAMINADOR**

APROB

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta monografía, corresponden exclusivamente al autor ; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPEIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



LESTHER MOSQUERA ESPINOZA

INTRODUCCION

El constante desarrollo, el proceso tecnológico y científico en los últimos años, de los países altamente industrializados, nos impone un reto a los maestros para planificar y ejecutar soluciones que conviertan a la educación en una de las formas de conquistar mejores días para nuestros estudiantes.

El tratamiento del aprendizaje está fundamentado en la concepción cognocitviva dialéctica que tiene como eje los dominios intelectuales, morales y físicos. Esta mutación intelectual en nuestros estudiantes secundarios se conseguirá ofreciéndoles instrumentos, materiales y recursos que constantemente los ubique ante estados de desafío (eventos-problema), para que desarrollen toda su creatividad e iniciativa.

En esta área, la presente monografía tiene como uno de sus objetivos, presentar, tanto al maestro como a el estudiante de esta apasionante asignatura; Física, un esquema de los Dominios del Aprendizaje en sus aspectos del Dominio Cognoscitivo, la esfera Psicomotriz o física y la esfera Afectiva o moral como marco previo al estudio de uno de los capítulos de esta interesante Ciencia y, la formulación de los objetivos de Subunidad o Clase que abarcan las tres Dominios del Aprendizaje anteriormente nombrados.

La Física es la base de todas las Ciencias Naturales y, como tal debe mantenerse a la expectativa de todo fenómeno y su comportamiento en la naturaleza; en este contexto,

el tema escogido para el desarrollo del presente trabajo monográfico corresponde, según el plan de estudios vigente, al tercer curso diversificado de físico-matemáticas y es: "CAMPO ELECTRICO".

Se ha enfocado el tema desde una perspectiva de guía didáctica para el maestro en cuanto a la organización de los objetivos, considerando los diversos dominios de aprendizaje: el Cognoscitivo, Afectivo Moral, Psicomotriz Físico-Social, que el alumno va a desarrollar al cumplir con los objetivos propuestos; además se reconoce que el estudiante es responsable de su propio aprendizaje y esta guía es una fuente de información de los contenidos, experiencias demostrativas, preguntas de evaluación y problemas de aplicación que corresponden a la unidad "Campo Eléctrico"; resumidos en los siguientes capítulos:

1. Los dominios del Aprendizaje.
2. Planificación de Subunidades.
3. Objetivos de Sub-unidad o Clase ubicados en los procesos mentales..
4. Campo Eléctrico.
5. Experiencias Demostrativas.



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO -----	II
DEDICATORIA -----	III
APROBACIÓN -----	IV
DECLARACION EXPRESA -----	V
INTRODUCCION -----	VI
INDICE GENERAL -----	VIII
RESUMEN-----	XIII
CAPITULO I	
LOS DOMINIOS DEL APRENDIZAJE	
1.1 LA DIDACTICA Y LA ESENCIA DEL APRENDIZAJE -----	15
1.1.1 ASPECTO COGNOSCITIVO -----	15
1.1.1.2 DOMINIO COGNOSCITIVO -----	15
1.1.1.3 ACTIVIDAD COGNOSCITIVA -----	16
1.1.1.4 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD COGNOSCITIVA -----	16
1.1.1.5 LOS NIVELES DEL PROCESO COGNITIVO O PROCESOS MENTALES -----	17
1.1.1.5.1EVOCACION -----	17
1.1.1.5.2COMPRESION -----	18
1.1.1.5.3 APLICACION -----	18
1.1.1.5.4 ANALISIS -----	19
1.1.1.5.5 ANALISIS DE LAS RELACIONES -----	21

1.1.1.5.6	SINTESIS -----	21
1.1.1.5.8	EVALUACION -----	22
1.1.2	ESFERA PSICOMOTRIZ O FISICA -----	23
1.1.2.1	MOVIMIENTOS -----	23
1.1.2.2	NIVELES DE LA ESFERA PSICOMOTRIZ -----	24
1.1.2.2.1	IMITACION -----	24
1.1.2.2.2	ERRORES DE ESTE NIVEL -----	25
1.1.2.2.3	MANIPULACION -----	25
1.1.2.2.4	PRECISION -----	25
1.1.2.2.5	ESTRUCTURACION -----	25
1.1.2.2.6	NATURALIZACION O MECANIZACION -----	26
1.1.3	ESFERA AFECTIVA O MORAL -----	26
1.1.3.1	NIVELES DE LA ESFERA AFECTIVA -----	26
1.1.3.2	RECEPCION -----	26
1.1.3.3	RESPONDER -----	27
1.1.3.4	VALORIZAR -----	27
1.1.3.5	ORGANIZACION -----	28
1.1.3.6	CARACTERIZACION -----	28
1.1.3.7	ESQUEMA AREA AFECTIVA -----	28
CAPITULO II -----		
	PLANIFICACION DE SUBUNIDADES Y LOS DOMINIOS -----	30
2.1	ASPECTOS QUE DEBE CUMPLIR UNA CLASE	
	CONTEMPORANEA -----	30

2.2 TRATAMIENTO DE LA SUBUNIDAD -----	31
2.3 REQUISITOS DE LA CLASE O SUBUNIDAD -----	31
2.4 PREPARACION DEL MAESTRO PARA LA CLASE -----	33
2.5 OBJETIVOS DE LA SUBUNIDAD O CLASE -----	33
2.6 CARACTERISTICAS DE LOS OBJETIVOS	
DE LA SUBUNIDAD -----	34
2.7 REDACCION DE LOS OBJETIVOS DE LA SUBUNIDAD -----	36
2.8 COMO ESTABLECER LOS CONTENIDOS Y LOS OBJETIVOS --	37
2.9 LOS OBJETIVOS Y FORMACION -----	37
2.10 LOS VERBOS Y LOS OBJETIVOS -----	38
CAPITULO III	
OBJETIVOS DE SUB-UNIDAD O CLASE UBICADOS	
EN LOS PROCESOS MENTALES -----	39
CAPITULO IV	
CAMPO ELECTRICO -----	49
4.1 ESTRUCTURA DE LA MATERIA -----	50
4.1.1 PARTICULAS -----	50
4.1.2 ATOMOS -----	52
4.1.3 MOLECULAS -----	52
4.2 ELECTRICIDAD ESTATICA. CARGA ELECTRICA -----	53
4.2.1 EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA -----	57
4.3 PRODUCCION DE CARGA ELECTRICA -----	59
4.3.1 ELECTRIZACION POR FROTAMIENTO -----	60

4.3.2 ELECTRIZACION POR CONTACTO -----	60
4.3.3 ELECTRIZACION POR INDUCCION -----	61
4.3.4 ELECTRIZACION POR EFECTO TERMOIONICO -----	61
4.3.4ELECTRIZACION POR EFECTO FOTOELECTRICO -----	62
4.3.5 ELECTRIZACION POR EFECTO PIEZOELECTRICO -----	62
4.4 CONDUCTORES, AISLADORES Y SEMICONDUCTORES -----	63
4.4.1 EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA -----	64
4.5 CARGA INDUCIDA. EL ELECTROSCOPIO -----	66
4.5.1 ESTRUCTURA -----	67
4.5.2 FUNCIONAMIENTO -----	67
4.6 INTERACCION ENTRE CARGAS ELECTRICAS.	
LEY DE COULOMB -----	70
4.6.1 PRINCIPIO DE SUPERPOSICION -----	77
4.6.2 RESOLUCION DE PROBLEMAS DONDE INTERVIENEN	
LA LEY DE COULOMB Y VECTORES -----	78
4.6.3 PELIGROS DE LA ELECTRICIDAD ESTATICA -----	85
4.7 CONSERVACION DE LA CARGA -----	86
4.8 CAMPOS. EL CAMPO ELECTROSTATICO -----	88
4.9 CAMPO ELECTROSTATICO DE CARGAS PUNTUALES -----	91
4.10 CAMPOS ELECTRICOS DE UN SISTEMA DE PARTICULAS -----	92
4.10.1 RESOLUCION DE PROBLEMAS ACERCA DE CAMPO	
ELECTROSTATICO -----	94
10.11 LINEAS DE CAMPO ELECTROSTATICO -----	98

4.12 CAMPOS ELECTROSTATICOS EN CONDUCTORES -----	101
4.13 PROBLEMAS DE APLICACION -----	102
4.14 GENERACION DE PREGUNTAS -----	109
CAPITULO V	
EXPERIENCIAS DEMOSTRATIVAS -----	114
BIBLIOGRAFIA -----	123





RESUMEN

La presente "Guía Didáctica en Campo Eléctrico" toma como marco referencial el proceso didáctico que el maestro debe desarrollar para lograr que sus estudiantes tengan capacidad de razonar, discernir e interpretar correctamente todo el cúmulo de conocimientos científicos que la era actual sugiere estudiar como un reto para progresar en nuestra vida profesional.

El primer capítulo estudia los Dominios de la personalidad o aprendizaje que el estudiante debe desarrollar para tener un cabal conocimiento e interpretación de lo aprendido, visto desde las esferas Cognocitivas, Afectiva moral y Psicomotriz física social, con los diversos niveles en que estas esferas se subdividen.

Luego tenemos la Planificación por subunidades y la importancia que tiene en el desarrollo de una clase de interacción estudiante-maestro en el salon de clases, y el porque de los enunciados de los objetivos para lograr un cambio de conducta en el alumno en las esferas del dominio de aprendizaje propuestos.

Se propone como sugerencia para el profesor ejemplos de objetivos específicos de aprendizaje de subunidad aplicables al capítulo Campo Eléctrico, que a continuación se analiza en la parte de su contenido, partiendo desde estructura de la materia, formas de electrizar un cuerpo, aisladores, conductores, semiconductores, la Ley de Coulomb, Campos electrostáticos, líneas de campo electrostático, principio de superposición, problemas de aplicación, preguntas de evaluación y experiencias demostrativas con materiales del medio.





CAPITULO I

LOS DOMINIOS DEL APRENDIZAJE

1. 1 LA DIDACTICA Y LA ESENCIA DEL APRENDIZAJE

La esencia del proceso pedagógico es el desarrollo y formación de la personalidad, que en el hecho del interaprendizaje se encuentra en los dominios de la personalidad o del aprendizaje: El Cognoscitivo, Afectivo, Psicomotriz, Social.

1.1.1 ASPECTO COGNOSCITIVO.- Se encarga del aspecto intelectual, habilidades y destrezas intelectuales tales como: la memorización de teorías, la comprensión de ideas, la aplicación de leyes o normas, la creación de una comunicación escrita, etc.

1.1.1.2 DOMINIO COGNOSCITIVO.- Forma parte del desarrollo y formación de la personalidad especialmente en el campo intelectual. La actividad cognoscitiva se refiere al desarrollo de hábitos y habilidades intelectuales del hombre, bien dirigida contribuye al desarrollo del pensamiento.

Las emociones positivas en la búsqueda del conocimiento, hábitos y habilidades intelectuales del hombre, bien dirigida alegría, el entusiasmo, hacen más fácil el trabajo y contribuyen a contribuir al desarrollo del pensamiento.

1.1.1.3 ACTIVIDAD COGNOSCITIVA.- Cognición significa conocer. Es el mecanismo de conocer, es la actividad que tiene como objeto esencial el conocimiento de las propiedades y relaciones de los hechos y los fenómenos del mundo circundante.

1.1.1.4 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD COGNOSCITIVA.-

Tiene como objeto esencial el conocimiento de las propiedades relaciones y hechos de los fenómenos del mundo circundante. Esta dirigida a la obtención de los conocimientos y su aplicación creadora en la práctica social. En esta actividad se desarrollan: El pensamiento del hombre.

La percepción del mundo que lo rodea.

Memoria consciente.

Dirección voluntaria de su atención.

Necesidad de adquisición del conocimiento.

Forma de solucionar un problema determinado.

Esto se logra cuando existe una organización consciente y dirigida de la actividad cognoscitiva.

Las emociones positivas en la búsqueda del conocimiento, la alegría, el entusiasmo, hacen más fácil el trabajo y contribuyen a obtener buenos resultados.

1.1.1.5 LOS NIVELES DEL PROCESO COGNITIVO O PROCESOS MENTALES

Uno de los ordenamientos es:

Evocación.

Comprensión.

Aplicación.

Análisis.

Síntesis.

Evaluación.

1.1.1.5.1 EVOCACION.- Es el nivel más elemental y se produce cuando el conocimiento consiste en una simple evocación, recordar alguna información. El mensaje es repetido por el alumno textualmente, exactamente, es una repetición memorística, entre las clases de evocación tenemos: Evocación de símbolos, de fechas, de terminología, de hechos específicos, de fórmulas, de criterios, de métodos.

1.1.1.5.2 COMPRENSION.- Tomamos el conocimiento integrado, pero en este nivel ya no es una simple repetición, sino que el alumno puede decir el conocimiento con sus propias palabras. Comprende comportamientos y respuestas que representan la intención del mensaje. Este nivel abarca:

- Traducción.- Cuando el mensaje recibido puede ponerse en otras palabras.
- Interpretación.- Es un reordenamiento de ideas, una nueva configuración en la mente del mensaje.
- Extrapolación.- Cuando el mensaje se puede ya relacionar con elementos del contexto.

1.1.1.5.3 APLICACION.- Sigamos el orden establecido del mensaje, una vez que se conoce, se abstrae entonces se aplica el conocimiento a las situaciones del contexto.

Aplicar es la transferencia del conocimiento adquirido. El estudiante debe saber abstraer para usarla correctamente, necesita comprender el mensaje. La Aplicación tiene sus manifestaciones claras cuando el estudiante es capaz de:

- Aplicar los conceptos científicos usados en un trabajo en los fenómenos presentados en otro.
- Capacidad de aplicar las generalizaciones de las ciencias sociales y sus conclusiones a los problemas sociales concretos.
- Aplicar los principios de las ciencias a los aspectos de la vida particular y social.
- Aplicar los principios, democráticos, en las situaciones sociales.

1.1.1.5.4 ANALISIS.- La aspiración del maestro es que su tarea docente se centre en la formación y desarrollo de los procesos mentales, pero uno de los anhelos es llegar al análisis. Es el nivel más alto que la comprensión y la aplicación. Una vez que el alumno sabe aplicar el conocimiento busca las relaciones que existen entre las partes del conocimiento. El estudiante mediante el análisis sabrá la causa y efecto de las partes del conocimiento, (ley de la causalidad) comparar, predecir, extraer lo esencial.

Este proceso mental, es uno de los objetivos principales del area cognoscitiva, la capacidad del análisis determina

el tipo de hombre que estamos formando, un ser analítico, que desarrollada esta capacidad no se equivoca en las decisiones, aún para designar a sus gobernantes.

Según Bloom el análisis podrá dividirse en tres niveles.

El estudiante podrá:

- Fraccionar el material en sus partes constitutivas es decir clasificar los elementos de la comunicación.
- Establecer las relaciones de dichos elementos, determinar sus conexiones e interacciones.
- Establecer las causas de estas organizaciones y relaciones de los elementos del conocimiento.

El maestro debe manejar este nivel basado en los términos: Relacionar, Comparar, Buscar la causa (causalidad).

Cada vez que nosotros realizamos una tarea con los estudiantes en la cual nos proponemos comparar, relacionar, o buscar la causalidad de los elementos del conocimiento estamos en el nivel de análisis. El análisis permite la división mental de lo íntegro en partes. Como ejemplos de análisis de elementos del pensamiento tenemos:

- Distinguir entre los hechos e hipótesis.
- Distinguir una conclusión de las afirmaciones que la sustentan.

1.1.1.6 ANALISIS DE LAS RELACIONES.- Significa la coherencia de cada parte y de cada elemento con los demás o con la pertenencia de ellos. Ejemplos:

- a) Capacidad para comprender las interrelaciones entre las ideas contenidas en un texto.
- b) Habilidad para identificar las falacias de un razonamiento.

1.1.1.7 SINTESIS.- Si consideramos que la síntesis es la reunión de los elementos y las partes para formar un todo. Es un proceso para el que se necesita formar la capacidad de trabajar con elementos, partes y combinarlos de tal manera que constituyan un esquema o estructura. Esta estructura permite aclarar el contenido del conocimiento.

Este nivel le consideran el de creatividad, de la independencia del estudiante porque él organiza el

conocimiento poniéndolo en forma clara, una de las expresiones de la síntesis puede ser el cuadro sinóptico.

El conocimiento verdaderamente científico exige el uso de análisis y síntesis. El desarrollo y consolidación de la aptitud y de los hábitos de pensamiento analítico sintético tiene excepcional importancia. En este proceso esta presente el método Científico y como parte de él la inducción y la deducción.

Expresiones de la síntesis.

- Habilidad para improvisar un discurso.
- Elaborar un plan de operaciones.
- Comprobar una hipótesis.
- Habilidad para integrar los elementos de solución de un problema.

1.1.1.8 EVALUACION.- Se refiere a la capacidad de establecer conclusiones y recomendaciones de un hecho. Es la formulación de juicios sobre el valor de las ideas, soluciones. Los juicios pueden ser cuantitativos y cualitativos.

La evaluación es el proceso mental más elevado, abarca un cierto grado de combinación de todos los otros niveles, se incluye la valoración que da a los fenómenos, es un enlace principal con la esfera afectiva. La evaluación en el proceso dialéctico puede ser el principio de un nuevo proceso.

1.1.2 ESFERA PSICOMOTRIZ O FISICA

Esta relacionada con las destrezas manipulativas y motoras y de los actos que requieren coordinación neuromuscular es decir que es la eficiencia lograda entre los impulsos nerviosos y la contracción muscular.

1.1.2.1 MOVIMIENTOS.- Es la clase de la vida y existe en todas sus formas.

Es la forma de existencia de la materia.

El movimiento interno, en lo interior del ser es continuo.

El movimiento externo sufre la constante modificación causada por el aprendizaje, el medio, etc.

Los movimientos se clasifican en :

Movimientos reflejos.

Movimientos básicos o fundamentales.

Habilidades perceptuales.

Habilidades físicas.

Destreza de movimientos.

Comunicación no discursiva.

1.1.2.2 NIVELES DE LA ESFERA PSICOMOTRIZ.- Recordemos que los tres dominios se inician con la percepción.

Welster define la percepción como conciencia o captación por medio de los sentidos, se trata como hemos dicho del significado o interpretación que el alumno da a los estímulos sensoriales.

Los niveles del área Psicomotriz son:

Imitación.

Manipulación.

Presición.

Estructuración.

Naturalización.

1.1.2.2.1 IMITACION.- Es el nivel que basado en la observación trata de reproducir un ejercicio o una acción. Este nivel como vemos necesita del trabajo perceptivo, de la condición óptima del observar ya que vista la imagen trata de imitar sin conocer los pasos, los

1.1.2.2.1 modos que llevaron a la representación se realiza en forma imperfecta.

1.1.2.2.2 ERRORES DE ESTE NIVEL .- Muchos maestros trabajan intensamente en este nivel, es decir el que repite es el mejor estudiante, pero no ha señalado los secretos del ejercicio, las estrategias para lograrlo, etc. Sobre este nivel se realiza en muchos casos la medición y por lo tanto la calificación.

1.1.2.2.3 MANIPULACION.- Es el proceso que sigue una dirección, instrucción. Es la etapa de ensayo-error para cumplir un movimiento.

Ejemplo: Si va cumplir un trabajo de extremidades superiores se prepara ejercicios adecuados previos para esta tarea.

1.1.2.2.4 PRECISION.- Trata de armonizar con movimientos los pasos para precisar el ejercicio que se deseaba realizar. Es la refinación y la exactitud del movimiento.

1.1.2.2.5 ESTRUCTURACION.- Ya tiene una armonía neuromuscular y todo el ejercicio estructurado.

1.1.2.2.6 NATURALIZACION O MECANIZACION.-

Constituyen una rutina espontánea con poco gasto de energía psicomotriz. Es el nivel superior cuando se puede cumplir una tarea psicomotriz mecánicamente.

Ejemplo manejar un carro, jugar basquetbol, etc.

1.1.3 ESFERA AFECTIVA O MORAL

Se refiere a la formación de hábitos y valores, encara la axiología educativa. La afectividad está integrada por todos los fenómenos de agrado y desagrado, de placer o displacer y de dolor, se dice que estan provocados por la satisfacción e insatisfacción de necesidades.

1.1.3.1 NIVELES DE LA ESFERA AFECTIVA.- La esfera afectiva tiene sus niveles. Bloom ubica sus aspectos.

Recibir.

Responder.

Valorizar.

Organizar.

Caracterización de un valor o grupo de valores.

1.1.3.2 RECEPCION.- Esta relacionado con la sensibilidad del estudiante.

La recepción se divide en tres categorías:

1.1.3.3 Conciencia.- En este nivel el individuo es consciente del estímulo, atrae su atención. Se da cuenta en forma pasiva de los fenómenos.

Disposición a recibir.- Se dispone a prestar atención, diferencia un estímulo de otro.

Atención controlada no selectiva.- Se mantienen atentos al estímulo.

1.1.3.3 RESPONDER.- En este nivel se menciona:

- Consentimiento en responder simplemente complace las expectativas.
- Disposición a responder, sigue cada vez más su impulso interior.
- Satisfacción al responder, también actúa emocionalmente ya diferencia los estímulos afectivos, luego comienza a buscarlos y les da significado y valor emotivo.

1.1.3.4 VALORIZAR.- Significa la aceptación de un valor, este nivel es uno de los más importantes esta directamente relacionado con la axiología.

El nivel de valoración es imprescindible. El maestro no podría hablar de educar sino afronta con certeza este nivel donde se trata de interiorizar, de formar en los estudiantes valores.

1.1.3.5 ORGANIZACION.-Tiene el propósito de **construir** en el estudiante las bases para la organización de un sistema de valores, de una filosofía de la vida.

En este nivel se conceptúan los valores que los **integra** en un sistema.

El comportamiento del hombre es evaluado por **si** mismo a la luz de principios morales internalizados.

1.1.3.6 CARACTERIZACION.-El estudiante tiene **ya** su propia filosofía que controla su vida, valores que **determinan** sus acciones, que la caracterizan, aquí se **dermina** si tiene una filosofía por la que se interesa en los demás o es **individualista**, su conducta está dirigida racionalmente.

1.1.3.7 ESQUEMA AREA AFECTIVA

- **RECIBIR (ATENDER)**

Conciencia.

Disposición de recibir, un hábito o valor.

Atención controlada o selectiva.

- **RESPONDER**

Consentimiento en responder.



Disposición a responder.

Satisfacción al responder.

- VALORIZAR

Aceptación de un valor.

Preferencia por un valor.

Compromiso.

- ORGANIZACION

Conceptualización de un valor.

Organización de un sistema de valores.

- CARACTERIZACION POR UN VALOR O SISTEMA DE VALORES

Conjunto generalizado.

Caracterización.

CAPITULO II

PLANIFICACION DE SUBUNIDADES

La planificación por Unidad no es suficiente para el éxito del proceso didáctico, es necesario un sistema de interacciones directas que solo proporciona la clase.

El profesorado tiene la obligación de procesar clases de alta calidad, ya sea con esta planificación o con otras más flexibles.

2.1 ASPECTOS QUE DEBE CUMPLIR UNA CLASE CONTEMPORANEA.-

En las condiciones actuales se exige educar la creatividad, la capacidad de observar, de pensar y de generalizar, por lo tanto la clase moderna tiene que cumplir las siguientes exigencias:

- La elevación del nivel científico, profundidad y solidez en los conocimientos de los alumnos.
- La educación de la actuación independiente de los alumnos en la actividad cognoscitiva y la estimulación en ellos del deseo de autosuperación permanente.
- La aplicación de los conocimientos, hábitos y habilidades adquiridos en la solución de nuevos problemas.

- El desarrollo de las capacidades creadoras de los alumnos.
- La educación de cualidades positivas en la personalidad de los alumnos.
- La formación de la cultura laboral en los alumnos.
- El desarrollo de las posibilidades de cada alumno.
- Las diferencias individuales de los estudiantes.
- La educación del colectivismo en el proceso interaprendizaje.
- La educación político-ideológico de los alumnos en la clase.

2.2 TRATAMIENTO DE LA SUBUNIDAD

La subunidad requiere del proceso didáctico de la clase, hablar de subunidad es desarrollar el proceso que nos pone en contacto con los alumnos que determina el momento mismo del aprendizaje y, por lo tanto constituye una de las partes más importantes del proceso didáctico, el centro alrededor del que se cumple el hecho pedagógico sistemático.

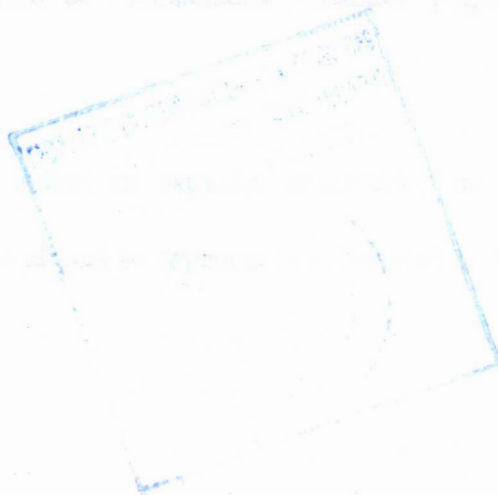
2.3 REQUISITOS DE LA CLASE O SUBUNIDAD.

El proceso diario de la clase es indispensable y de su tratamiento depende el tipo de hombre que estamos formando, en el aula solo están maestro y alumnos, del maestro depende el resultado de esa dirección.

No podemos presentarnos a esa sesión de clase sin todos los recursos, métodos, etc, que nos ayudan a cumplir la función de maestros, algunos profesores que llegar al tratamiento planificado de la clase, es demasiado, exageración no necesaria, aquello consideramos un error científico atentatorio a toda ética profesional, de responsabilidad y afecto a nuestros alumnos, a la educación, al país.

Por lo tanto la clase tiene requisitos para su acción efectiva.

- Debe influir sobre todos los aspectos de la formación del alumno.
- Desarrollar las fuerzas intelectuales y las capacidades, formar la concepción científica del mundo, los rasgos morales, estéticos y volitivos de la personalidad, así como la actitud hacia el trabajo.
- Es un proceso sistémico relacionado entre todos sus elementos didácticos.
- Supone una preparación donde se manifiesta la calidad del docente.
- Ser científicamente preparado.
- Adaptarse a la capacidad y necesidades de los alumnos, no debe tratarse donde los alumnos deben estar sino donde ellos están.
- Ser humana esencialmente afectiva, donde el alumno triunfe y no fracase.



2.4 PREPARACION DEL MAESTRO PARA LA CLASE

Está por demás considerar este punto, sin embargo, cabe indicar que la moderna pedagogía enfatiza que hoy más que nunca el maestro necesita prepararse para la clase, un profesor de experiencia nunca va a ella sin prepararse anteriormente.

La preparación es un elemento constante y necesario de la actividad docente, el maestro es el eterno estudiante y la preparación científica de la clase le otorga esa oportunidad.

La clase es el instrumento de formación del ser humano, por lo tanto esta alta misión docente requiere de una gran previsión. Esto demuestra que la profesión de maestro es técnica por lo que no puede improvisarse maestros.

2.5 OBJETIVOS DE LA SUBUNIDAD O CLASE

La concepción de los objetivos tiene que estar bien clara por parte del profesor, estos les permiten conocer hasta dónde deben penetrar los alumnos en los conocimientos, en el desarrollo de habilidades y hábitos y que nivel deben alcanzar.

Todos los componentes se hallan en estrecha interacción, sin embargo, los objetivos son el foco en torno al cual se organiza la subunidad o clase, su fuerza

controladora dirige toda la actividad del maestro y de los alumnos. Si no se enuncia cuidadosamente los objetivos en cada nivel de la estructura curricular, sucede que:

- a) los alumnos no aprenden lo que se desea que aprendan:
- b) se entorpece el esfuerzo del alumno por aprender y del profesor por enseñar:
- c) los alumnos aprenden algo equivocado:
- d) se desperdicia recursos en un proceso de baja eficiencia.

El objetivo constituye una determinación, ética social y psicopedagógica de la clase. Es el elemento que señala el "tipo de hombre que los maestros estamos formando, hora a hora, clase a clase, día a día.

2.6 CARACTERISTICAS DE LOS OBJETIVOS DE LA SUBUNIDAD

En el curriculum los objetivos cumplen dos funciones importantes:

- a) Transmiten un propósito. Sirven para indicar, a alumnos, profesores y administradores, que es exactamente lo que se espera lograr como resultados de una materia, curso o proceso educativo.
- b) Definen con precisión cuales son los cambios de conducta e incrementos cognitivos, que la clase, curso o curriculum se propone lograr en el estudiante.

Los objetivos son importantes porque permiten:

- Seleccionar contenidos, métodos, materiales y ayudas correctos.
- Evaluar con propiedad el aprendizaje.
- Que el alumno planifique su estudio y autoevalúe su progreso.
- Evaluar a conciencia materias, cursos, programas.
- Pese a su carácter multifacético, los objetivos deben ser formulados con toda claridad y precisión.
- Deben determinar el proceso mental que se quiere alcanzar.
- Lleva implícita su evaluación.

Estas fluctuaciones dependen del tema, de la intención del proceso mental que se quiera alcanzar, etc.

Según el área que proponga el mismo objetivo puede ser mediano o inmediato.

El objetivo está en relación con el tipo de clase, ya sea de iniciación, aplicación o control.

En suma, programas resumidos y analíticos que no incluyen el enunciado de objetivos son programas incompletos y de alguna manera ineficientes.

2.7 REDACCION DE LOS OBJETIVOS DE LA SUBUNIDAD

Nuestros objetivos se preocupan de la intención de un nivel de éxito y de la evaluación.

Para su redacción utiliza verbo en infinitivo, pero estos verbos como lleva implícita la evaluación se ayuda de otro verbo en casos necesarios para expresar la evaluación.

Ejemplo:

Objetivo

Conocer

los elementos del átomo

Este objetivo tiene que ser evaluado, pero cómo, saber que los alumnos conocerán los elementos del átomo, entonces necesita el verbo refuerzo y será:

Objetivo

Conocer dibujando los elementos del átomo.

Evaluación

Dibujar los elementos del átomo.

Esta es la intención de la clase.

Esta presente el proceso mental de aplicación, se toma en cuenta el área cognitiva, psicomotriz.

2.8 COMO ESTABLECER LOS CONTENIDOS Y LOS OBJETIVOS

Los tratadistas aconsejan el siguiente proceso:

- Hacer una lista o Banco de contenidos.
- Establecer el objetivo de este contenido con el proceso mental. Banco de Objetivos.
- Evaluación del Objetivo.
- Esta se transforma en Item y va a la tabla de especificaciones.

2.9 LOS OBJETIVOS Y FORMACION

Si cada paso del hacer docente está encaminado a la formación de la personalidad, estos objetivos operabilizan y centran su tarea en este hecho.

Si se formulan objetivos que no desarrollan los procesos mentales estaremos atentando contra la formación de habilidades mentales del alumno.

La preocupación del objetivo es fundamentalmente la formación de hábitos y valores y desarrollar destrezas psicomotrices, este es el producto social que estamos obligados a entregar a nuestra sociedad.

2.10 LOS VERBOS Y LOS OBJETIVOS

Como los objetivos de la clase indican acción, proceso, el uso del tipo de verbo ayuda en la intención del objetivo referente a los procesos mentales, por lo tanto sin ser mecanicistas en la elaboración del objetivo, el verbo **esta** determinado el nivel mental que desea procesar.

A continuación se sugieren los siguientes objetivos de sub-unidad o clase que servirán para los maestros y estudiantes que se interesan en el estudio de la unidad denominada: **Campo Electrostático**, para el **bachillerato** en Ciencias, especialización Físico-Matemáticas.

CAPITULO III

OBJETIVOS DE SUB-UNIDAD O CLASE UBICADOS EN LOS PROCESOS

MENTALES

ESFERA	NIVEL	OBJETIVO OPERATIVO	EVALUACION DEL OBJETIVO
Cognoscitivo Psicomotriz Afectiva	Comprensión Estructuración Responder	Nombrar escribiendo las partículas fundamentales que forman la estructura de la materia.	Escribir las partículas fundamentales que forman la estructura de la materia.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectiva	Aplicación Estructuración Responder	Definir escribiendo con sus propias palabras lo que son átomos y moléculas	Escribir el concepto de átomos y moléculas.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectiva	Análisis Naturalización Responder	Comparar realizando la experiencia demostrativa de las cintas, las clases de cargas eléctricas.	Comparar las clases de cargas eléctricas.

Cognoscitivo Psicomotriz Afectiva	Aplicación Estructuración Valorización	Explicar escribiendo con sus propias palabras el concepto de carga eléctrica.	Escribir el concepto de carga eléctrica.
Cognoscitivo Psicomotriz	Evaluación Naturalización	Demostrar la existencia de dos tipos de cargas eléctricas y verificar la primera ley de la electrostática al utilizar materiales según experiencia demostrativa G.	Realizar la experiencia demostrativa indicada.
Cognoscitivo Psicomotriz	Aplicación Estructuración	Describir escribiendo cuales son los dos tipos de carga, y que tipo existe en un protón y que tipo en un electrón.	Escribir los tipos de carga existentes y que tipos tienen un electrón y un protón
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Análisis Naturalización Organización	Producir los fenómenos de electrización con las experiencias demostrativas A, B y C	Realizar las experiencias demostrativas propuestas. Escribir los peligros de la electricidad estática.

		propuestas e indicar los peligros de la electrización estática.	
Cognoscitivo	Análisis	Construir con materiales del medio un electroscopio, según el modelo sugerido en la experiencia demostrativa E.	Construir el electroscopio.
Psicomotriz	Naturalización		
Cognoscitivo	Aplicación	Definir, escribiendo con sus propias palabras, un campo electrostático y los fenómenos relacionados con el mismo.	Escribir el concepto de campo electrostático.
Psicomotriz	Estructuración		
Afectivo	Valoración		
Cognoscitivo	Conocimiento	Identificar graficando el vector intensidad de Campo Electrostático en un punto cualquiera alrededor de una carga puntual.	Graficar el vector campo electrostático de una carga puntual.
Psicomotriz	Manipulación		

Cognoscitivo Psicomotriz	Comprensión Estructuración	Expresar escribiendo las condiciones de un Campo Electrostático Uniforme.	Escribir las condiciones necesarias para tener un campo electrostático uniforme.
Cognoscitivo Psicomotriz	Aplicación Estructuración	Aplicar resolviendo ejercicios, la Ley de Coulomb para cargas puntuales.	Resolver los ejercicios propuestos.
Cognoscitivo Psicomotriz	Comprensión Manipulación	Explicar por medio de diagramas, los procesos de carga por contacto e inducción.	Realizar los diagramas de los procesos de carga por contacto e inducción.
Cognoscitivo Psicomotriz	Comprensión Imitación	Agrupar las ecuaciones de la electrostática con sus respectivos conceptos.	Agrupar mediante líneas las ecuaciones dadas y sus conceptos
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Aplicación Estructuración Valoración	Definir escribiendo con sus propias palabras los conceptos de Campo Electrostático, Intensidad de Campo Electrostático y líneas de Campo	Escribir con sus palabras los conceptos pedidos.

		Electrostático.	
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Evaluación Naturalización Organización	Demostrar realizando una experiencia como puede cargarse un objeto por conducción y por Inducción.	Realizar la experiencia para cargar un objeto por conducción e inducción.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Aplicación Estructuración Valoración	Describir escribiendo con sus propias palabras, cualitativamente como se distribuyen las cargas sobre un objeto metálico cuando se coloca un objeto cargado en su proximidad.	Escribir como se distribuyen las cargas sobre un objeto metálico cerca de un objeto cargado.
Cognoscitivo Psicomotriz	Aplicación Estructuración	Aplicar la Ley de Coulomb para hallar la fuerza sobre una carga dada en la vecindad de otras cargas puntuales, resolviendo problemas.	Hallar la fuerza sobre una carga debido a otras cargas puntuales en los ejercicios propuestos.
Cognoscitivo	Conocimiento	Dibujar las líneas de	Dibujar las líneas de

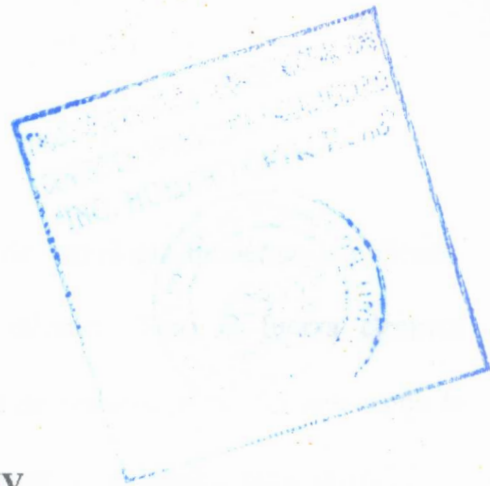
Psicomotriz	Manipulación	Campo Electroestático producidas por cargas eléctricas puntuales.	campo electrostático en la siguientes cargas puntuales.
Cognoscitivo Psicomotriz	Aplicación Estructuración	Calcular la fuerza y aceleración sobre una carga en Campos Electrostáticos uniformes en problemas de aplicación.	Calcular la fuerza y la aceleración en los problemas propuestos.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectiva	Aplicación Estructuración Valoración	Aplicar la expresión que relaciona la Intensidad de Campo Electroestático en un punto con la distancia de la carga conocida.	Relizar ejercicios aplicando la ecuación deducida.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Aplicación Estructuración Valoración	Describir escribiendo con sus propias palabras, el proceso de electrizar un cuerpo, utilizando un globo y un paño de franela, redactando en	Escribir el proceso de electrización de un cuerpo mediante la experiencia propuesta.

		forma ordenada los pasos seguidos.	
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Aplicación Naturalización Valoración	Explicar las características de un cuerpo que esta electricamente cargado, utilizando recursos experimentales, esquemas ilustrativos de manera secuencial.	Realizar la práctica y explicar las características de un cuerpo cargado.
Cognoscitivo Psicomotriz	Aplicación Manipulación	Explicar e ilustrar las líneas de Campo Electrostatico asi como las reglas que deben seguirse en la construcción de esas líneas.	Explicar utilizando gráficos las reglas para el trazado de líneas de campo electrostatico
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Aplicación Naturalización Valoración	Explicar escribiendo en forma detallada las diferencias que hay entre cuerpos conductores y aisladores de electricidad,	Escribir las diferencias entre cuerpos conductores y aisladores.

		utilizando recursos materiales del medio.	
Cognoscitivo	Aplicación	Describir escribiendo las cinco formas de electrización conocidas, sin recurrir a los apuntes anotando las diferencias entre ellas.	Escribir las cinco formas de electrización conocidas.
Psicomotriz	Estructuración		
Afectivo	Valoración		
Cognoscitivo	Análisis	Analizar la relación que existe entre las variables de la Ley de Coulomb, mediante ejercicios numéricos resueltos correctamente.	Realizar ejercicios de análisis de las variables que intervienen en la Ley de Coulomb.
Psicomotriz	Estructuración		
Cognoscitivo	Aplicación	Determinar la dirección y el sentido del movimiento de las cargas eléctricas que se encuentran en el interior de un Campo Electrostático mediante gráficos.	Graficar las direcciones y sentidos del movimiento de cargas en el interior de un campo electrostático.
Psicomotriz	Manipulación		
ESFERA	NIVEL	OBJETIVO	EVALUACION DEL

		OPERATIVO	OBJETIVO
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Aplicación Estructuración Responder	Calcular analíticamente fuerzas y Campos Electrostáticos resultantes, aplicando las ecuaciones adecuadas en forma correcta.	Calcular las fuerzas y campos electrostáticos resultantes en ejercicios propuestos.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Conocimiento Manipulación Responder	Reproducir gráficas ilustrativas, por lo menos cuatro que indiquen las diferentes configuraciones de los Campos Electrostáticos, sin recurrir a textos o apuntes.	Graficar las configuraciones de diferentes campos electrostáticos.
Cognoscitivo Psicomotriz Afectivo	Análisis Estructuración Valorización	Interpretar la influencia de las variables que afectan a la intensidad de Campo Electrostático, a partir de tres ejemplos dados, resueltos sin errores.	Resolver ejercicios con las variables de campo electrostático.

Cognoscitivo	Aplicación	Explicar escribiendo con	Escribir el significado de
Psicomotriz	Estructuración	sus propias palabras, el	las unidades que
Afectivo	Valoración	significado de cada una	utilizamos en el estudio
		de las unidades en que se	de la electrostática.
		miden las variables que	
		se presentan en	
		Electrostática,	
		aprovechando el recurso	
		de las ecuaciones y	
		conceptos de fuerza.	



CAPITULO IV

CAMPO ELECTRICO

Iniciamos el estudio de la electricidad y del magnetismo con la electrostática -el estudio de las cargas eléctricas en reposo.

La electrostática es importante por si misma. Las fuerzas que explican la estructura de los átomos y de las moléculas son de origen electrostático.

Para entender la estructura de la materia, debemos conocer los principios de la electrostática.

Los griegos de la antigüedad registraron algunos de los primeros hechos experimentales relativos a las cargas eléctricas, ellos sabían, que al frotar un trozo de ámbar éste atraía trocitos de paja y objetos ligeros.

Existe una línea de desarrollo directa desde esta antigua observación hasta la era electrónica en que vivimos. La fuerza de esta relación se expresa con el término "electrón" que nosotros usamos y que se deriva de la palabra con la que los griegos denominaban al ámbar.

La palabra electricidad puede evocar una imagen de tecnología moderna complicada, computadoras, alumbrados, motores y energía eléctrica. Pero la fuerza eléctrica desempeña un papel todavía mucho más profundo en nuestras vidas, ya que según la teoría atómica, las fuerzas que actúan entre átomos y moléculas para mantenerlos unidos y formar líquidos y sólidos son fuerzas eléctricas.

Igualmente, la fuerza eléctrica es responsable de los procesos metabólicos que suceden dentro de nuestro organismo.

4.1 ESTRUCTURA DE LA MATERIA

La física es una ciencia que tiene como uno de sus objetivos, el estudio de los componentes de la materia y sus interacciones. Empezaremos con un breve repaso de las ideas básicas sobre la estructura de la materia que ha preocupado a los filósofos y científicos desde el origen de la civilización. Uno de los grandes logros de la física moderna es la formulación de un esquema bastante coherente, aunque todavía incompleto de la constitución de los cuerpos que podemos ver y tocar.

4.1.1 PARTICULAS.- La materia se revela ante nuestros sentidos en una gran variedad de formas, texturas, colores, etc, y parece tener una estructura continua. Pero en realidad esta compuesta por unidades distintas, agrupadas de muchas maneras.

A las unidades básicas de la materia se las llama convencionalmente

partículas pero esto no implica que no posean ningún tipo de estructura interna. En lugar de ello, entendemos que las partículas son entidades con propiedades bien definidas, como masa, carga, etc.

En la actualidad consideramos que la materia está compuesta por un conjunto de partículas fundamentales (o elementales), que son importantes para el entendimiento de la estructura y propiedades de la materia son ejemplos, los electrones (e), los protones (p) y los neutrones (n). Debemos incluir también a los fotones entre tales partículas. El fotón (cuyo símbolo es γ) es un tipo especial de partícula asociada con el comportamiento corpuscular de la radiación electromagnética.

La mayoría de los fenómenos que observamos en la naturaleza, se pueden explicar en términos de interacciones entre partículas. En realidad las partículas más fundamentales son los leptones (palabra griega que significa "ligero") y los quarks (término propuesto por Murray Gell-Mann). Los electrones, los neutrinos (ν) y los muones (μ) son tipos de leptones. Existen varias clases de quarks y son los componentes básicos de otras partículas llamadas hadrones, como los piones (π), los protones y los neutrones. Se supone que estos dos últimos están compuestos por tres quarks, mientras que los piones, que pertenecen a un grupo de partículas llamadas mesones, constan de dos quarks. Sin embargo, estas características, no se requieren para el análisis de la mayoría de los fenómenos físicos a nivel atómico.

4.1.2 ATOMOS.- Usando un lenguaje muy simplificado, podemos decir que las tres partículas fundamentales, electrón, protón y neutrón, se encuentran presentes en toda la materia en grupos bien definidos, llamados átomos. Los protones y los neutrones se hallan acumulados en la región central muy pequeña conocida como núcleo, que tiene un tamaño del orden de 10^{-14} metros. Protones y neutrones se hallan unidos en el núcleo mediante fuerzas nucleares fuertes. Los electrones se mueven alrededor del núcleo en una región que tiene un diámetro del orden de 10^{-10} metros, o alrededor de 10^4 veces mayor que el núcleo.

La mayor parte de la masa del átomo se concentra en el núcleo. El más simple de todos los átomos es el de hidrógeno, que consiste en un electrón que gira alrededor de un protón. La interacción electromagnética entre los electrones en órbita y los protones del núcleo, que tienen cargas opuestas, es la que mantiene unido al átomo, los electrones tienden a moverse en ciertas regiones situadas alrededor del núcleo conocidas como capas electrónicas.

4.1.3 MOLECULAS.- Es muy raro hallar átomos aislados. Los átomos forman grupos conocidos como moléculas, de las cuales existen muchos miles de tipos. Algunas contienen sólo unos cuantos átomos, otras como las proteínas, las enzimas y los ácidos nucleicos pueden tener varios cientos o miles de átomos.

Cuando se forma una molécula, los átomos pierden (hasta cierto grado) su identidad. Podemos decir que la molécula es un sistema formado por varios núcleos, en lugar de átomos, y un grupo de electrones que se mueven alrededor de los núcleos de forma tal que adquieren una configuración estable. Las fuerzas que mantienen unida a la molécula son también de origen electromagnético.

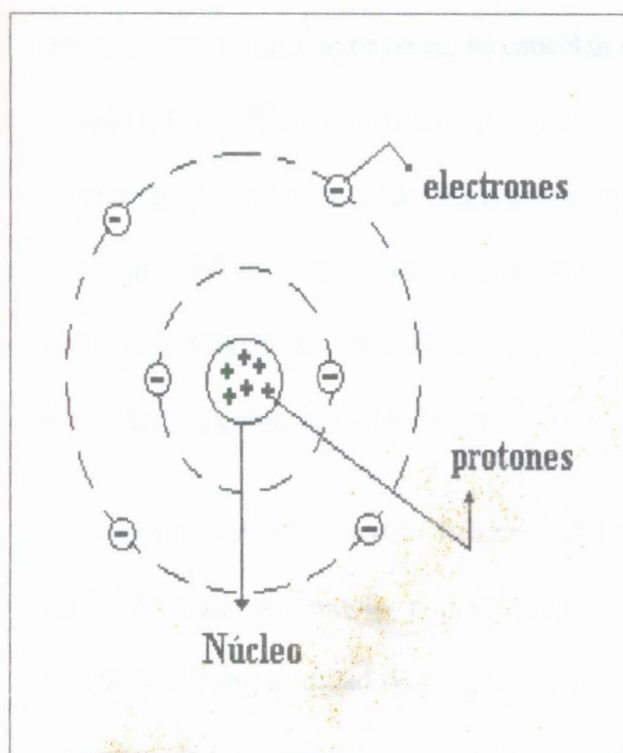
4.2 ELECTRICIDAD ESTÁTICA. CARGA ELECTRICA.

La palabra electricidad proviene de la palabra griega ηλεκτρον, (electrón) vocablo griego que quiere decir "ámbar". El ámbar es resina petrificada, como lo dice su etimología, los griegos ya conocían los efectos de la electricidad estática, sabían que si se frota una pieza de ámbar con piel o con un pedazo de tela de lana, el ámbar atrae pequeños pedazos de hojas o polvo, un objeto de caucho, una varilla de vidrio, una regla de plástico frotadas con una tela también presentan el "efecto ámbar", o electricidad estática, que es como se le llama hoy.

Si caminamos sobre una alfombra en tiempo seco, es muy probable que se produzca una chispa al tocar la perilla metálica de una puerta. En una escala más amplia, todos estamos familiarizados con el fenómeno del relámpago. Tales fenómenos ponen en evidencia la gran cantidad de carga eléctrica que se almacena en los objetos que nos rodean.

Sólo durante el último siglo se ha aclarado que la carga eléctrica tiene su origen

dentro del átomo mismo. La idea actual, algo simplificada, supone que el átomo tiene un núcleo pesado, con carga positiva, rodeado de uno o más electrones de carga negativa. Esto se muestra esquemáticamente para un átomo de carbono en la siguiente figura. 1a



Recordemos que todos los átomos son eléctricamente neutros; es decir la cantidad de carga positiva en el núcleo es igual a la carga total de electrones alrededor de él. En el caso del átomo de carbono, si $-e$ es la carga de cada electrón, la carga en el núcleo será $+6e$.

En estado natural, las cargas positivas y negativas dentro del átomo son iguales, y el átomo es eléctricamente neutro. A veces, sin embargo, un átomo puede perder uno o más electrones, o puede ganar electrones adicionales. En este caso, el átomo tendrá una carga neta positiva o negativa y se llama ión.

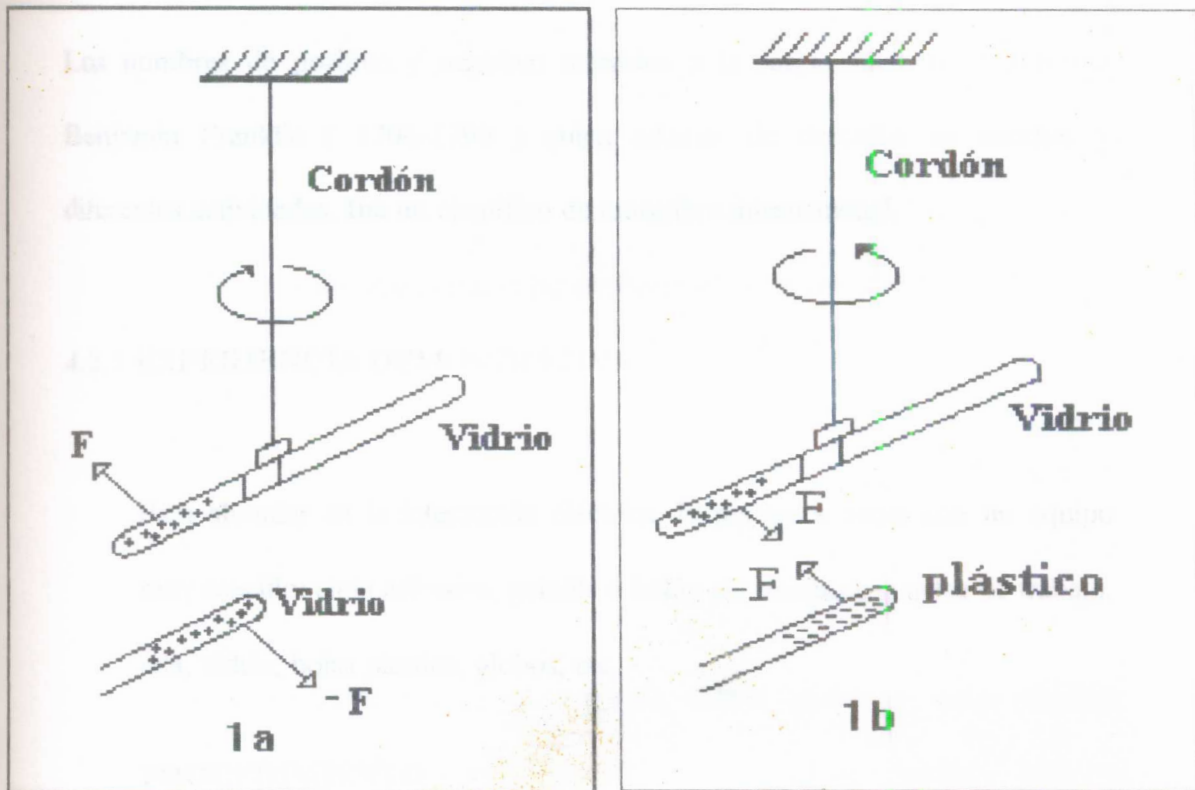
La carga positiva del núcleo atrae a los electrones cargados negativamente,

manteniéndolos en órbitas estables. Aquellos electrones que están más cerca del núcleo se ligan fuertemente; esto es, no es fácil apartarlos; los que ocupan las órbitas que están más alejadas se pueden separar más fácilmente.

La neutralidad eléctrica de la mayoría de los objetos en nuestro mundo visible y tangible oculta el contenido de cantidades enormes de carga eléctrica positiva y negativa que, en su mayor parte, se cancelan entre sí en sus efectos externos. Sólo cuando este equilibrio electrostático se perturba, la naturaleza nos revela los efectos de una carga positiva o negativa no compensada. Cuando decimos que un cuerpo está "cargado" queremos decir que tiene un desbalance de carga, aun cuando la carga neta represente tan sólo una pequeñísima fracción de la carga positiva o negativa total contenida en el cuerpo.

Los cuerpos cargados ejercen fuerzas entre sí. Para demostrarlo, carguemos una varilla de vidrio frotándola con seda. En el proceso de frotamiento se transfiere una pequeñísima cantidad de carga de un cuerpo a otro, alterando así ligeramente la neutralidad eléctrica de cada uno. Si suspendemos una varilla cargada de un cordón, como se muestra en la figura 1a.

Si colocamos cerca una segunda varilla de vidrio cargada, las dos varillas se repelen entre sí. Sin embargo, si frotamos un trozo de piel con una varilla de plástico, esta atrae al extremo de varilla suspendida; véase figura 1b.



Para explicar esto decimos entonces que existen dos clases de carga, una de las cuales (la del vidrio frotada con la seda) llamamos positiva y la otra (la del plástico frotado con piel) llamamos negativa. Estos sencillos experimentos pueden resumirse en lo siguiente.

Las cargas de la misma naturaleza (mismo signo) se repelen, y las cargas de naturaleza diferente (signo contrario) se atraen.

La carga eléctrica es la propiedad según la cual los electrones se rechazan entre si y los electrones y protones se atraen.

Los nombres de positivo y negativo referidos a la carga eléctrica se deben a Benjamin Franklin (1706-1790) quien además de descollar en muchas y diferentes actividades, fue un científico de renombre internacional.

4.2.1 EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA

Para ahondar en la interacción eléctrica, lo podemos hacer con un equipo muy sencillo: cinta adhesiva, peinilla o bolígrafo, escritorio o mesa de trabajo, tela, vidrio, bolsa plástica, globos, etc.

PROCEDIMIENTO

Se necesita la cinta adhesiva doble alrededor de 5 mm del final de la cinta, como para manipularla, y luego pegamos unos 8 a 12 mm sobre una superficie seca, lisa como la tapa de un escritorio o la mesa de trabajo.

Pegue un segundo pedazo de cinta sobre el primero, despegue rápidamente las dos cintas y póngalas aparte. Finalmente pegue el extremo de cada cinta en el borde de una mesa, o de la pantalla de una lámpara; las dos cintas deben colgar la una muy cerca de la otra.

Frote la peinilla (o el bolígrafo) en sus ropas y aproxímela primero a un

pedazo de cinta, y luego al otro. Observará que una cinta es atraída hacia la peinilla, mientras que la otra es repelida.

Objetos idénticos cargados en forma igual, se repelen entre sí

Cargue ahora dos pedazos de cinta al presionarlos uno contra otro y luego separarlos. Estas dos cintas se repelen cuando se suspenden cerca.

Cualquier cinta que se desprenda del escritorio repelerá cintas que se hayan cargado de igual manera. Por otra parte, dos cintas se atraerán cuando se hayan cargado de manera diferente. Una cinta que se haya separado de la tapa del escritorio, atraerá a otra que se haya separado de una cinta similar.

4.3 Ensaye con otros objetos como placas, vidrios, globos o bolsas plásticas; frótelos con diferentes materiales como seda, pieles, lana o plástico. Observará que la mayor parte de los objetos cargados atraen una cinta y repelen a la otra.

Para experimentar con lana, seda o piel, debe cubrirse la mano con una bolsa plástica antes de manipular los objetos. Luego de hacer los frotamientos, saque la mano de la bolsa y aproxime a las cintas tanto las telas como la bolsa.

Objetos cargados de manera diferente, se atraen

Nunca se encontrará un objeto que repela ambas cintas, por tanto, de los objetos utilizados en este experimento, es posible hacer una lista de los que se cargan como la cinta pegada al escritorio, y una de los que se cargan como la cinta que se pega otra. Como existen sólo dos listas, sólo hay dos estados de carga. Benjamín Franklin los llamó positivo y negativo la decisión de cuál era positivo y cuál negativo también la tomó Franklin; en la actualidad tal convención se mantiene, y se llama el estado de carga de los materiales como vinilo, ámbar y caucho, negativo, mientras que el de los materiales como las pieles, vidrio y lana se llama positivo.

4.3 PRODUCCION DE CARGA ELECTRICA.

La ionización de los átomos se puede conseguir mediante algunos procedimientos, entre los que mencionaremos los siguientes:

Frotamiento.

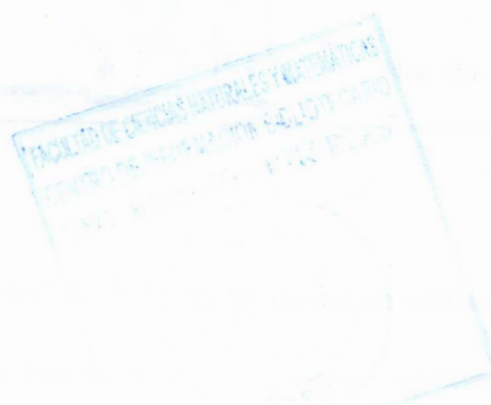
Contacto.

Inducción.

Efecto Piezoelectrostático.

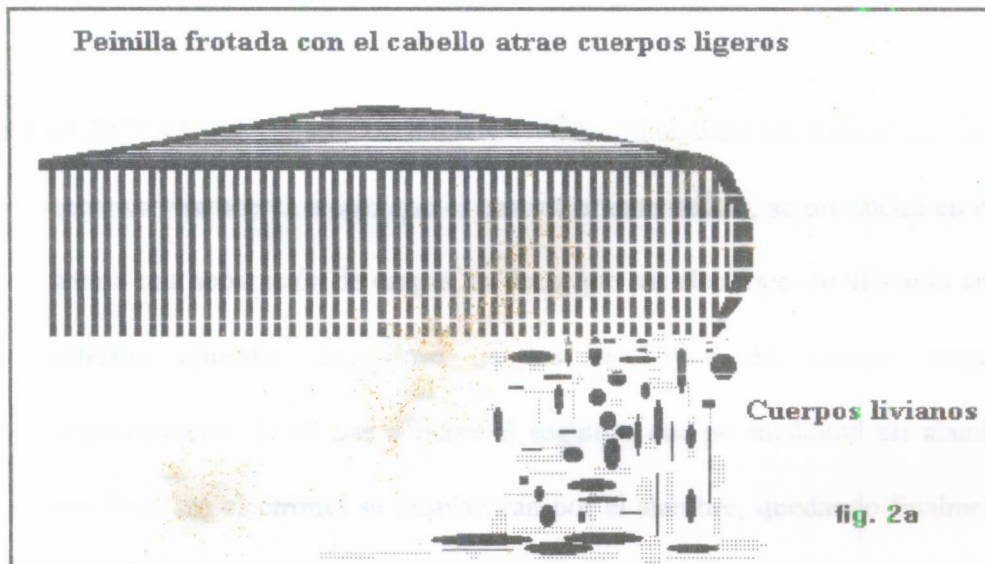
Efecto Termoiónico.

Efecto Fotelectrostático.



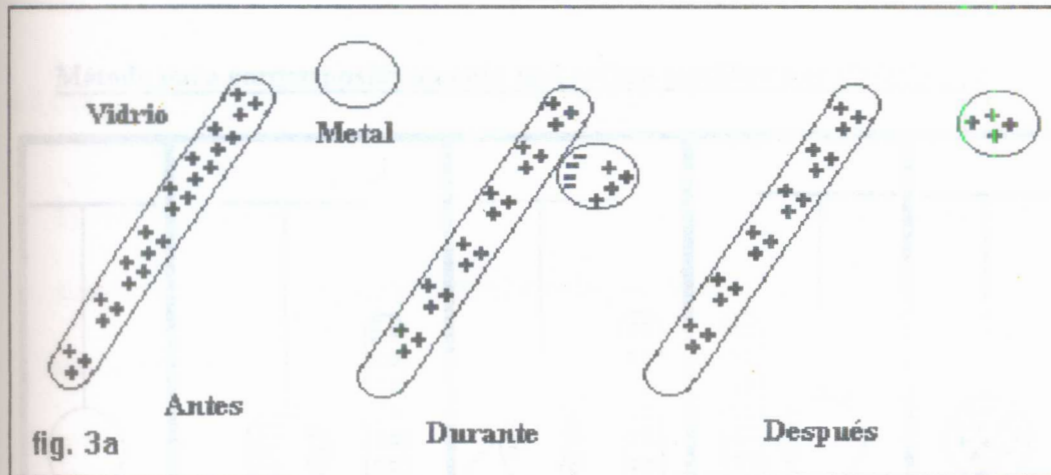
4.3.1 ELECTRIZACION POR FROTAMIENTO.- Si se frotran dos materiales entre si, los átomos de uno de ellos, cederán electrones al otro, consecuentemente el material que recibe electrones queda cargado negativamente y el material que cede electrones, adquiere una carga eléctrica positiva, por haber mayor número de protones que electrones en sus átomos.

Por ejemplo, en la figura 2a se muestra una peinilla que se ha frotado con un trapo o toalla de papel, para darle una carga eléctrica estática.



4.3.2 ELECTRIZACION POR CONTACTO.- Si se ponen en contacto dos cuerpos, el uno eléctricamente neutro, y el otro cargado positivamente, algunos electrones libres del cuerpo neutro serán atraídos por las cargas

positivas del segundo cuerpo; quedando de esta manera los dos cargados positivamente. Fig 3a

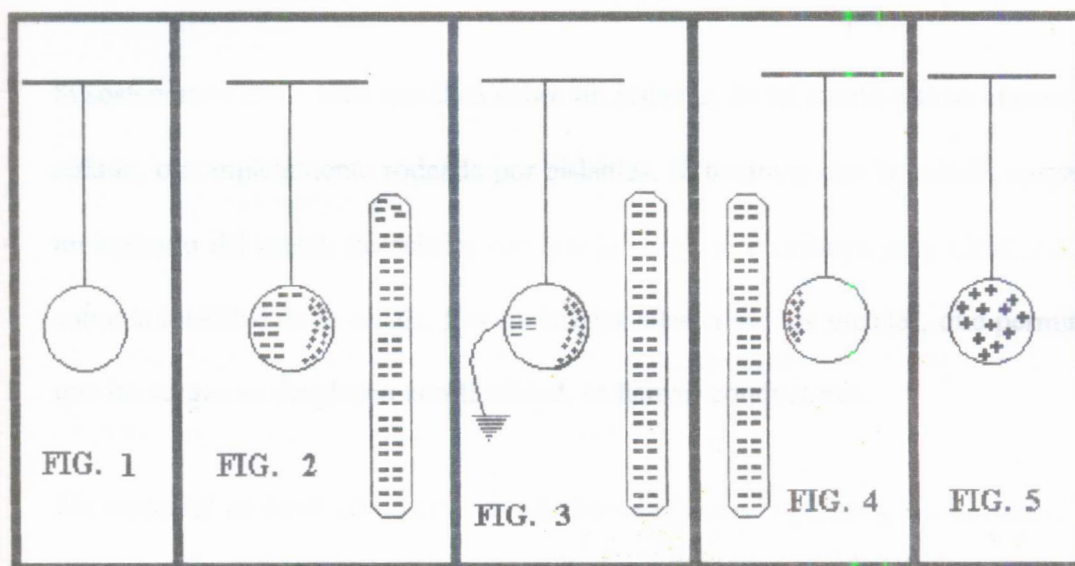


4.3.3 ELECTRIZACION POR INDUCCION.- Si se tiene un cuerpo con carga negativa y se acerca a otro que es eléctricamente neutro, se producirá en éste último una separación de cargas, es decir que sus electrones se ubicarán en el extremo opuesto, alejándose de los electrones del cuerpo cargado negativamente. Si se une a tierra el segundo cuerpo mediante un alambre metálico, sus electrones se desplazarán por el alambre, quedando finalmente con carga eléctrica positiva. Figura 4a.

4.3.3 ELECTRIZACION POR EFECTO TERMOIONICO.- Cuando un cuerpo es sometido a la acción de altas temperaturas, sus electrones adquieren un movimiento vibratorio cada vez mayor, llegando en un

momento a desprenderse de su última órbita, razón por la cual el cuerpo queda cargado positivamente.

Método para cargar positivamente una esfera metálica por INDUCCION



4.3.4 ELECTRIZACION POR EFECTO FOTOELECTRICO.- La luz al chocar contra una lámina, hace que sus fotones saquen algunos electrones de ésta, quedando la lámina cargada positivamente. Los fotones son partículas elementales de la luz que carecen de carga eléctrica.

4.3.5 ELECTRIZACION POR EFECTO PIEZOELECTRICO.- Al comprimir ciertos cristales, Cuarzo por ejemplo, aparecen en sus caras, debido a la disposición de sus átomos, cargas positivas y negativas. Los signos de las cargas en las caras pueden cambiar si en lugar de comprimirse

Un material se trata de dilatar el cristal. Este efecto tiene su aplicación en las grabaciones
permanentes sonográficas.

4.4 CONDUCTORES, AISLADORES Y SEMICONDUCTORES.

Si sostenemos una varilla metálica sobre un aislante, de tal suerte que se encuentre aislada, o completamente rodeada por aislantes. Si tocamos con la peinilla cargada un extremo del metal, descubriremos que la carga se distribuye muy rápidamente sobre la totalidad de la varilla. Los materiales tales como los metales, que permiten que las cargas se desplacen con facilidad, se llaman conductores.

Un material es buen conductor de electricidad cuando posee gran cantidad de electrones libres por unidad de volumen y permiten la fácil conducción de cargas eléctricas a través de su masa.

Los electrones portan o conducen cargas eléctricas a través del metal, los metales son buenos conductores porque al menos un electrón de cada átomo se puede remover fácilmente.

Los materiales en los cuales las cargas no se mueven con facilidad se denominan aislantes electrostáticos. Las cargas que se remueven de un lado de un aislante no se reemplazan por cargas de otras áreas. El vidrio, la lana seca, La mayor parte de los plásticos, el paño, el aire seco, el agua químicamente pura son buenos aislantes.

Un material es aislador de electricidad porque posee pocos electrones libres y no permiten la fácil conducción de las cargas eléctricas a través de su masa.

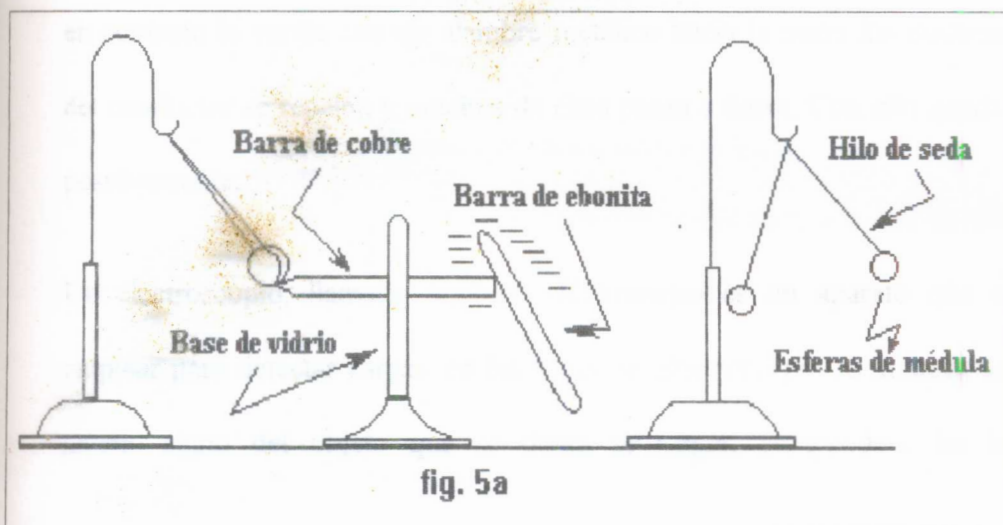
Esta distinción entre conductores y aislantes resulta más cuantitativa cuando consideramos el número de electrones de conducción disponibles en una cantidad de materia dada. En un conductor típico, cada átomo puede contribuir con un electrón de conducción, y por tanto debería haber unos 10^{23} electrones de conducción por cada cm^3 en promedio.

En cambio, en un aislante a la temperatura ambiente es en general poco probable encontrar siquiera 1 electrón de conducción por cada cm^3 .

4.4.1 EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA

La mayor parte de los metales son buenos conductores. En la figura, se muestra una barra de cobre sostenida por una base de vidrio. Las esferas de médula pueden cargarse si se toca el extremo derecho de la barra de cobre mediante una barra de ebonita cargada. Los electrones se transfieren o conducen por medio de la barra hasta las esferas de la médula de saúco. Notamos que no se transfiere carga a la base de vidrio o al hilo de seda. Estos materiales son malos conductores y se denominan aisladores. Figura 5a.

En un punto intermedio entre los conductores y los aislantes están los semiconductores; un semiconductor típico puede contener entre 10^{10} y 10^{12} electrones de conducción por cada cm^3 . En un semiconductor el número de electrones libres es sólo una pequeña fracción de los que hay en un metal; además el número depende de la temperatura y de la concentración y tipos de impurezas que puedan estar presentes; el silicio o el germanio, forman la matriz del semiconductor, son dieléctricos "casi puros", los que mediante un proceso llamado dopaje se le introducen impurezas, tornándose en semiconductores. Estos semiconductores conducen la electricidad, pero en ellos es mucho mayor la resistencia comparada con la de los metales, aunque a la vez mucho menor que los aisladores. Tecnológicamente son muy importantes porque se pueden controlar las propiedades eléctricas de dichos semiconductores mediante el ajuste del tipo y concentración de impurezas.



4.5 CARGA INDUCIDA. EL ELECTROSCOPIO.

Supongamos que un objeto metálico de carga positiva se acerca a otro objeto metálico neutro. Si se tocan los dos, los electrones libres del cuerpo neutro son atraídos al objeto con carga positiva, y algunos pasarán hacia él. Como al segundo objeto le faltan algunos de sus electrones, tendrá una carga neta positiva. A este proceso de adquirir carga se le llama "electrización por conducción".

Supongamos ahora que se acerca un objeto con carga positiva a una varilla metálica neutra, pero que no la toca. Aunque los electrones de la varilla metálica no la dejan, se mueven dentro del metal hacia el objeto cargado, lo cual deja una carga positiva en el extremo opuesto, se dice que se ha "inducido" una carga en los dos extremos de la varilla metálica. Naturalmente no se ha creado carga alguna; tan sólo se ha separado. La carga neta de la varilla metálica es cero todavía. Si se pone en contacto la varilla con un alambre metálico hacia la tierra los electrones libres del conductor se repelen y muchos de ellos pasan a tierra. Con ello queda cargada positivamente.

Un electroscopio, llamado también electrometro es un aparato que se puede emplear para detectar cargas, en las hojas del electroscopio se inducen cargas del mismo signo del objeto que se desea investigar, separándose las hojas del

electroscopio, en estos casos, mientras mayor sea la cantidad de carga mayor será la separación entre las hojas.

Uno de los más comunes es el llamado Electroscopio de Hojas de oro, representado esquemáticamente en la figura 6a.

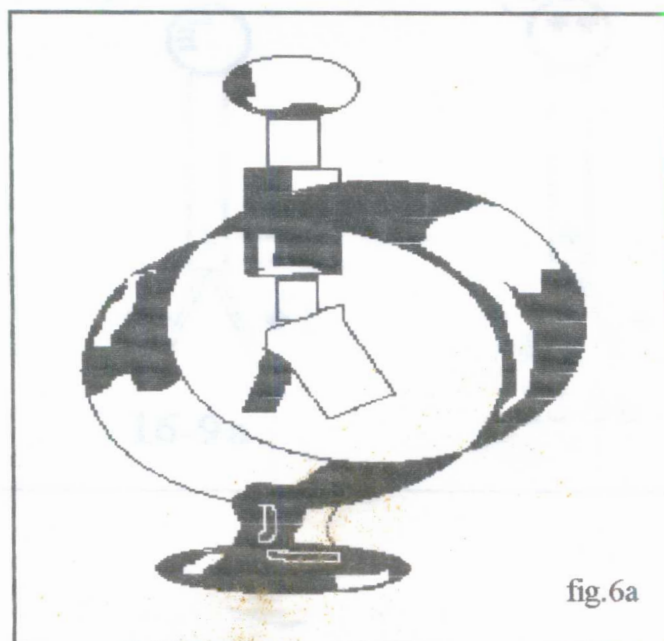


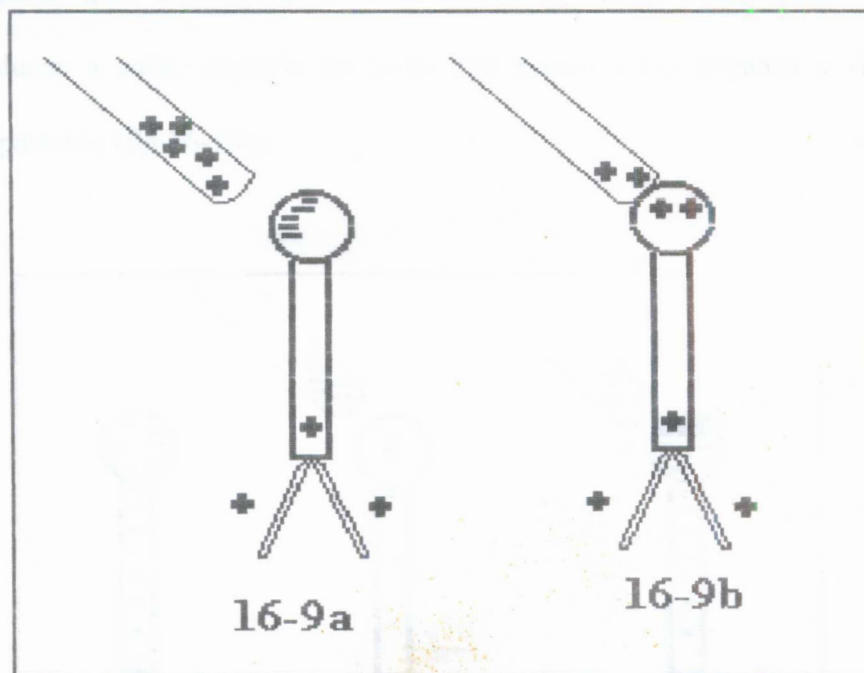
fig.6a

En un electroscopio de hojas de oro:

4.5.1 ESTRUCTURA.- Consta de dos láminas delgadas de oro o de aluminio, fijadas en el extremo de una varilla metálica que pasa a través de un soporte aislador. El conjunto se encierra en una caja transparente para observar el movimiento de las láminas y protegerlas del aire.

4.5.2 FUNCIONAMIENTO.- Si se acerca un objeto cargado a la bola, se induce una separación de carga en ella (fig 16-9a). Las dos hojas se cargan y

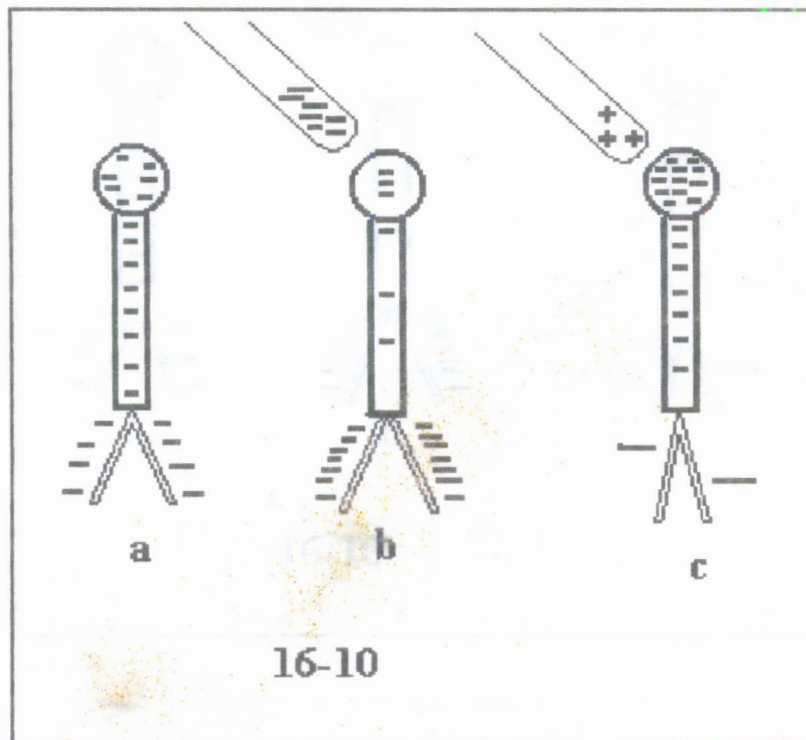
se repelen entre si, como se muestra en la figura. Si en lugar de ello se carga por conducción, todo el aparato queda cargado, como se ve en la (fig 16-9b).



En ambos casos mientras mayor sea la cantidad de carga, mayor será la separación entre las hojas.

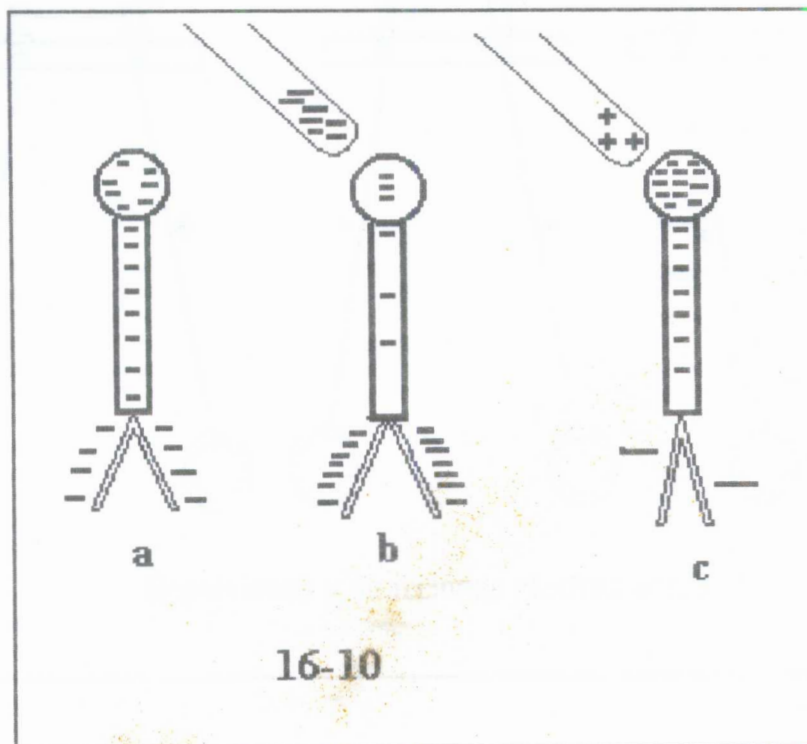
Sin embargo, nótese que no se puede conocer si el signo de la carga de este modo, ya que una carga negativa hará que las hojas se separen de igual modo que una carga positiva de igual magnitud: en ambos casos las dos hojas se repelen entre si. Sin embargo se puede utilizar un electroscopio para determinar el signo de la carga, si primero se carga por conducción, digamos negativamente, como en la fig 16-10a.

Ahora bien, si se le acerca un objeto con carga negativa, como en la (fig 16-10b), se induce a los electrones a que se muevan más hacia las hojas y que estas se separan más. Por otro lado, si se acerca una carga positiva, los electrones se inducen a subir, dejando las hojas con menos carga negativa y disminuye su separación (fig 16-10c).



El electroscopio se utilizó mucho en los albores de la electricidad. El mismo principio, enriquecido con algo de electrónica, se aplica a los modernos electrómetros, que son mucho más sensibles.

Al aproximar a la bola del electroscopio un cuerpo cargado, las hojas adquieren cargas del mismo signo y consecuentemente se repelen, este hecho demuestra la presencia de la electricidad recibida del cuerpo cargado. Este instrumento únicamente permite determinar cualitativamente la presencia de carga eléctrica.

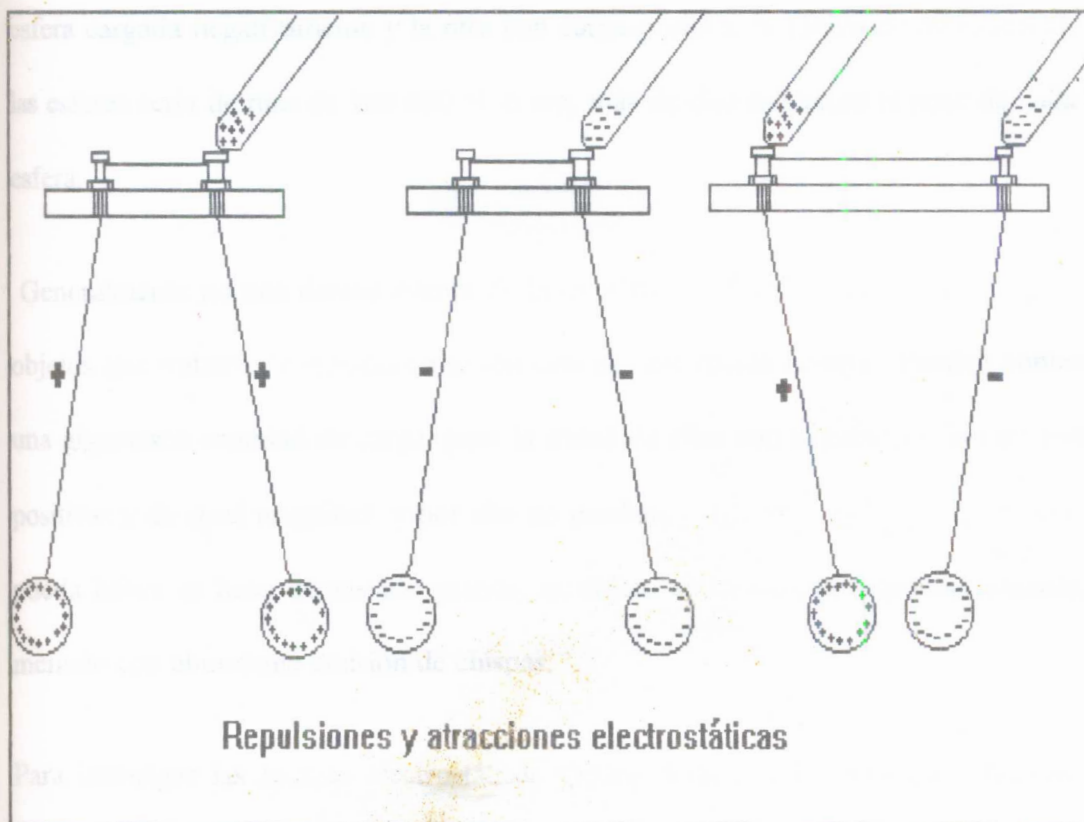


4.6 INTERACCION ENTRE CARGAS ELECTRICAS. LEY DE COULOMB.

Si se carga por frotamiento una barra de vidrio o de ebonita, parte de la carga se puede transferir a otro objeto, como por ejemplo a una bolita de médula, por el contacto físico. Con este procedimiento, en una serie de experimentos sencillos se puede demostrar que:

Est. 1. Cargas de igual signo se repelen entre si.

Est. 2. Las cargas de distinto signo se atraen entre si.



De estos experimentos surgen dos hechos básicos. Primero, la interacción electrostática difiere básicamente de la única interacción a distancia con que hasta ahora nos hemos encontrado: la interacción gravitacional; esta última siempre es de **atracción**, mientras que la eléctrica puede ser de atracción o repulsión. Es el cambio de signo lo que esconde la segunda diferencia importante: la interacción electrostática es enorme comparada con la gravitacional.

Esta diferencia tan grande se puede evaluar mediante la siguiente consideración. Si dos esferas de aluminio de 1 kg están separadas un metro; y si sólo un electrón de cada uno de los mil millones de átomos, se pasa de una esfera a la otra, obteniendo así una esfera cargada negativamente y la otra con carga positiva, la fuerza de atracción entre las esferas sería de más de 100 000 N, o sea, más de diez mil veces el peso de cada la esfera.

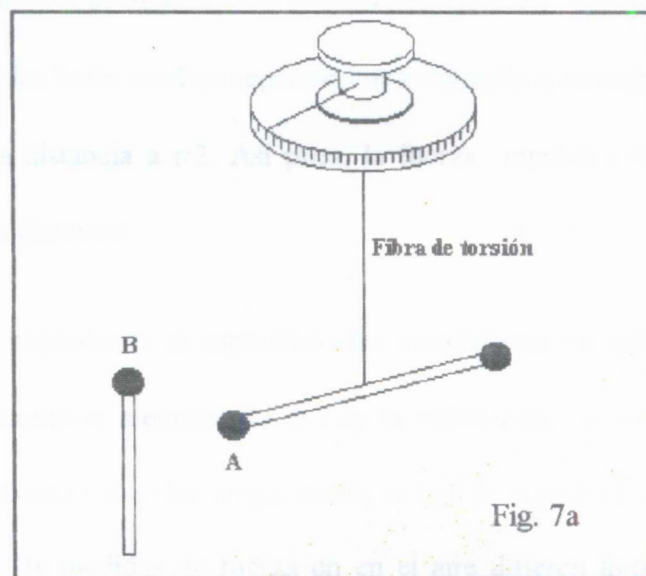
Generalmente no nos damos cuenta de la gran fuerza electrostática debido a que los objetos que tratamos cotidianamente son casi eléctricamente neutros. Pueden contener una gigantesca cantidad de carga, pero la mitad de ellas son negativas y la otra mitad positivas y de igual magnitud, y por ello no produce carga neta. Si el desequilibrio que pueda haber se hace demasiado grande, el objeto se descargará espontáneamente, a menudo con abundante emisión de chispas.

Para investigar las fuerzas electrostáticas y para deducir relaciones cuantitativas, se necesita un dispositivo para medir la carga eléctrica. Uno de los más antiguos instrumentos es el electroscopio de hoja de oro.

Aunque estos instrumentos no miden con exactitud la carga, y se han sustituido con medidores electrónicos de mayor precisión, todavía se emplean en demostraciones y conferencias.

La relación matemática que controla la interacción entre las cargas de signos iguales y de signos opuestos fue enunciada por Charles Agustín Coulomb en 1785. Coulomb

midió la magnitud de las fuerzas como función de la distancia entre las cargas y la magnitud de dichas cargas, usando una balanza de torsión muy sensible, del mismo tipo que la utilizada por Cavendish. Figura 7a.



Consistía en una esfera metálica montada en el extremo de una varilla ligera y equilibrada por un peso en el otro extremo. La varilla se suspendía de un botón mediante una fibra de torsión, en la cual, el momento de torsión restaurador era proporcional al ángulo de torsión θ fig 7a. Primero cargaba la bola A, y ponía una segunda bola B, así mismo cargada cerca de A. La repulsión eléctrica alejaba a la bola suspendida.

Girando el botón un ángulo θ , torcía la fibra lo suficiente para forzar al sistema suspendido a que regresara a su posición inicial. Cuando duplicaba la carga sobre la

segunda bola, encontró que para regresar el sistema a su posición inicial, el botón debía de hacerse girar un ángulo de 2θ . Al duplicar la carga en una bola se había duplicado la fuerza de repulsión. Esta era proporcional a la carga de la bola.

Coulomb demostró, además, que si la fibra tenía que torcerse un ángulo θ cuando los centros de las dos bolas estaban separadas una distancia r , se requería una torsión de 4θ para reducir la distancia a $r/2$. Así pues, la fuerza repulsiva variaba inversamente al cuadrado de la distancia.

Debemos ser cuidadosos al especificar las condiciones en que se aplica la Ley de Coulomb. Tal como se ha enunciado, la Ley es válida para cargas punto en el vacío. En la práctica, la fuerza entre dos cargas punto es casi la misma en el aire que en el vacío; de modo que las medidas de fuerza en el aire difieren ligeramente de las que se hagan en el espacio vacío. Con modificaciones adecuadas, la Ley se aplica también a la fuerza entre cargas punto en un fluido aislador si las propiedades eléctricas de este son iguales en todas las direcciones y si las superficies del mismo están lejos de las cargas punto.

La Ley no se aplica a la fuerza entre dos cuerpos cargados de tamaño finito en presencia de otros cuerpos conductores o no conductores. La razón de esto es que en los cuerpos conductores cercanos, aparecen cargas inducidas mientras que en los no conductores aparecen cargas de polarización; esas cargas adicionales también ejercen fuerzas sobre los cuerpos cargados que se consideran. El problema general de calcular

las fuerzas entre dos cuerpos cargados es difícil, y requiere matemáticas superiores para resolverlo. Nos limitaremos a casos relativamente sencillos.

Para transformar la Ley de Coulomb desde la proporcionalidad hasta una ecuación, introducimos una constante de proporcionalidad K cuyo valor depende de lo que escojamos como nuestro sistema de unidades y de nuestra definición de carga.

"la interacción eléctrica entre dos partículas cargadas en reposo, o con un movimiento relativo muy lento, es proporcional a sus cargas y al inverso cuadrado de la distancia entre ellas, y su dirección se halla a lo largo de la línea que une a las dos cargas".

Coulomb estableció la Ley fundamental de la fuerza eléctrica entre dos partículas cargadas estacionarias, los experimentos muestran que la fuerza eléctrica tiene las siguientes propiedades:

1. La fuerza es inversamente proporcional al inverso del cuadrado de la distancia de separación r entre las dos partículas, medida a lo largo de la línea recta que los une.
2. La fuerza es proporcional al producto de las cargas q_1 y q_2 de las dos partículas.
3. La fuerza es atractiva si las cargas son de signos opuestos, y repulsiva si las cargas son del mismo signo.
4. La interacción electrostática obedece a la tercera Ley de Newton.

A partir de estas observaciones podemos expresar la fuerza eléctrica entre las dos cargas como:

$$F \propto q_1 q_2 / r^2$$

Aquí F es la magnitud de la fuerza mutua que actúa sobre cada una de las cargas A y B ; q_1 y q_2 son las medidas relativas de las cargas en las esferas A y B , r es la distancia entre los centros de las esferas. La fuerza en cada carga debido a la otra actúa a lo largo de la línea que une las cargas. Las dos fuerzas actúan en sentidos opuestos pero tienen magnitudes iguales, aún cuando las cargas sean diferentes.

Para convertir la proporcionalidad anterior en una ecuación, se introduce una constante de proporcionalidad la cual se la representa por la letra K , así obtenemos la fuerza entre cargas,

$$F = K q_1 q_2 / r^2$$

Donde K es una constante conocida como constante de Coulomb. El valor de K depende de la elección de las unidades. La unidad de carga en el SI de unidades es el Coulomb (C), la fuerza está medida en newtons (N) y la distancia en metros (m); por tanto la constante de Coulomb K en el SI de unidades tiene un valor de:

$$K = 8.9875 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2.$$

La constante K también la podemos escribir

$$K = 1/4\pi\epsilon_0$$

donde la constante ϵ_0 se conoce como la permitividad del espacio libre (vacío) y tiene un valor de

$$\epsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2.$$

Desde 1964 los físicos han empleado una teoría de las partículas elementales según la cual, partículas tales como el protón y el neutrón se consideran partículas compuestas formadas de unidades más fundamentales llamadas quarks. Una característica excepcional de esta teoría es que los quarks se les atribuyen cargas eléctricas fraccionarias de $+2/3 e$ y $-1/3 e$. Cada protón y cada neutrón está formado por tres quarks.

La unidad de carga conocida en la naturaleza es la que tiene un electrón o un protón que tiene una magnitud de $|e| = 1.60219 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Cuando se aplica la Ley de Coulomb, debe recordarse que la fuerza es una cantidad vectorial y debe tratarse como tal. Además se debe notar que la Ley de Coulomb sólo se aplica a cargas puntuales o partículas en reposo.

4.6.1 PRINCIPIO DE SUPERPOSICION.- Suponer que dos cargas q_1 y q_2 están colocadas en una región del espacio y una tercera carga q_3 se coloca en otro punto cercano a ellas ¿Cuál será la fuerza que actuará sobre ella, y cuáles serán las fuerzas en q_1 y q_2 ? Esta pregunta nos lleva a pensar en una fuerza electrostática debida a una distribución de cargas y la hipótesis más plausible es

que la fuerza sobre q_3 es la suma vectorial de las fuerzas debidas a q_1 y q_2 actuando independientemente sobre q_3 . Igualmente se puede suponer que la fuerza que actúa sobre q_1 es la suma vectorial de las fuerzas debidas a q_2 y q_3 , en otras palabras postulamos la validez del principio de superposición.

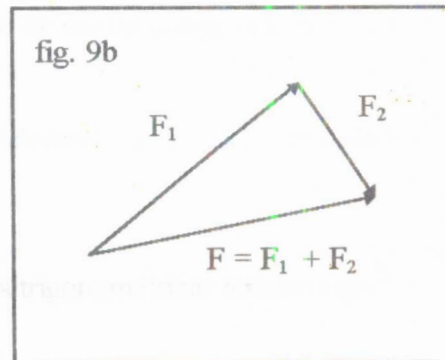
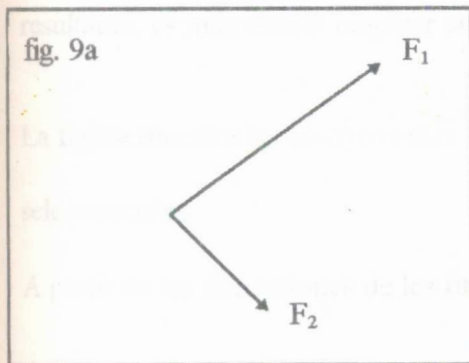
De acuerdo con esto, la presencia de otras cargas no influye con la interacción entre cualquiera de los pares de cargas, siempre y cuando se trate de partículas, como por ejemplo q_1 y q_2 . Por tanto la interacción electrostática total entre cualquier par de cargas se puede expresar como una superposición vectorial de interacciones apareadas. Por tanto, llegamos a la conclusión de que:

La fuerza neta que actúa sobre cualquier carga es la suma vectorial de las fuerzas debidas a cada una de las cargas restantes de una distribución determinada.

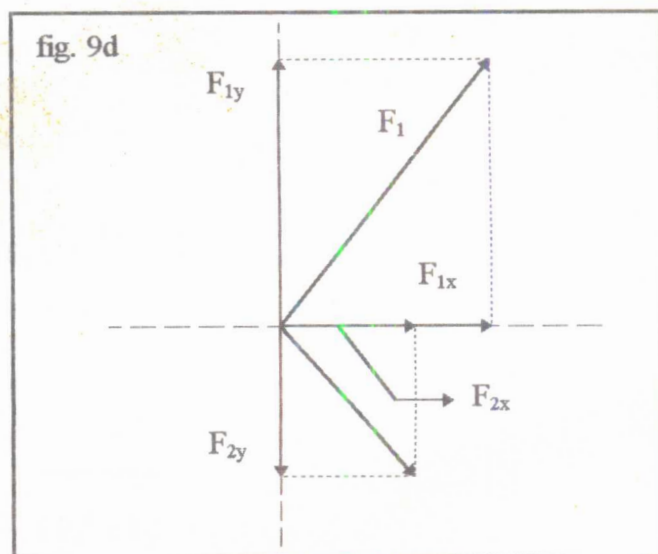
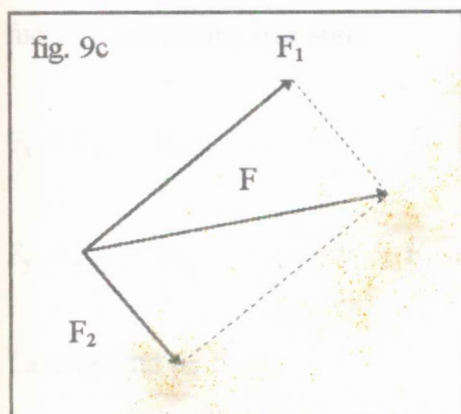
4.6.2 RESOLUCION DE PROBLEMAS DONDE INTERVIENEN LA LEY DE COULOMB Y VECTORES.

A continuación se expondrán algunos ejemplos empleando la ley de Coulomb. La fuerza electrostática entre partículas cargadas, que a veces simplemente se llama fuerza de Coulomb, es como todas las fuerzas, un vector: tiene magnitud y dirección. Cuando actúan varias fuerzas sobre un objeto, la fuerza neta F es la suma vectorial de todas las fuerzas F_1 , F_2 , F_3 , etc; que actúan sobre él:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$



Dadas las fuerzas vectoriales F_1 y F_2 , que actúan sobre un cuerpo fig 9a, se pueden sumar con el método de cola a punta fig 9b, o por el método del paralelogramo fig 9c.



Estos métodos son útiles para comprender un problema dado, para obtener un cuadro mental de lo que esta sucediendo; pero para calcular la dirección y magnitud de la suma resultante, es más exacto emplear el método de sumar componentes fig 9d.

La figura muestra las componentes de las fuerzas F_1 y F_2 a lo largo de los ejes X y Y seleccionados.

A partir de las definiciones de las funciones trigonométricas tenemos que:

$$F_{1x} = F_1 \cos \theta_1 \quad F_{2x} = F_2 \cos \theta_2$$

$$F_{1y} = F_1 \operatorname{sen} \theta_1 \quad F_{2y} = F_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

Se suman las componentes X y Y por separado para obtener las componentes de la fuerza F resultante, que son:

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2,$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} = F_1 \operatorname{sen} \theta_1 + F_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

La magnitud de F es:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

La dirección de F se especifica mediante el ángulo θ que forma F con el eje de las X, que esta dado por:

$$\tan \theta = F_y / F_x$$

Ejemplo # 1. Calcular la fuerza electrostática sobre el electrón de un átomo de hidrógeno que ejerce el protón único ($Q_2 = +e$) que es su núcleo, cuando el electrón "orbita" alrededor del protón a su distancia media de 0.53×10^{-10} m.

Solución: Empleamos la ecuación para calcular la fuerza electrostática, siendo.

$$Q_1 = -Q_2 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C y } r = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m.}$$

$$F = K Q_1 Q_2 / r^2$$

$$F = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(0.53 \times 10^{-10} \text{ m})^2}$$

$$F = -8.2 \times 10^{-8} \text{ N.}$$

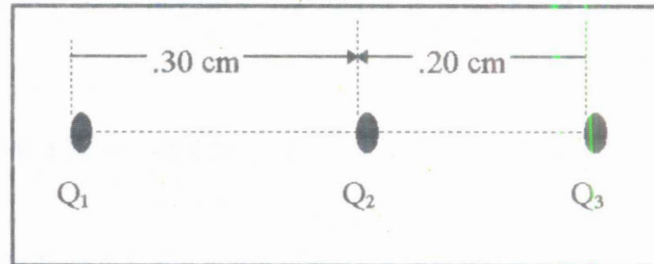
El signo menos significa que la fuerza sobre el electrón es hacia el protón.

Ejemplo # 2. Tres partículas cargadas están en una línea, como se observa en la figura. Calcular la fuerza electrostática neta sobre la partícula 3, los $-4.0 \mu\text{C}$ de la derecha, que se deben a las otras dos cargas.

$$Q_1 = -3.0 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = +5.0 \mu\text{C}$$

$$Q_3 = -4.0 \mu\text{C}$$



Solución. La fuerza neta sobre la partícula 3 será la suma de la fuerza F_{31} que ejerce la partícula 1, y la F_{32} que ejerce la partícula 2: $F = F_{31} + F_{32}$. Las magnitudes de estas fuerzas son:

$$F_{31} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (4.0 \times 10^{-6} \text{ C}) (3.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.50 \text{ m})^2} = 0.43 \text{ N}$$

$$F_{32} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (4.0 \times 10^{-6} \text{ C}) (5.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.20 \text{ m})^2} = 4.5 \text{ N.}$$

Como estamos calculando magnitudes de fuerzas, omitimos los signos de las cargas, pero los debemos tener en cuenta para obtener la dirección de cada fuerza.

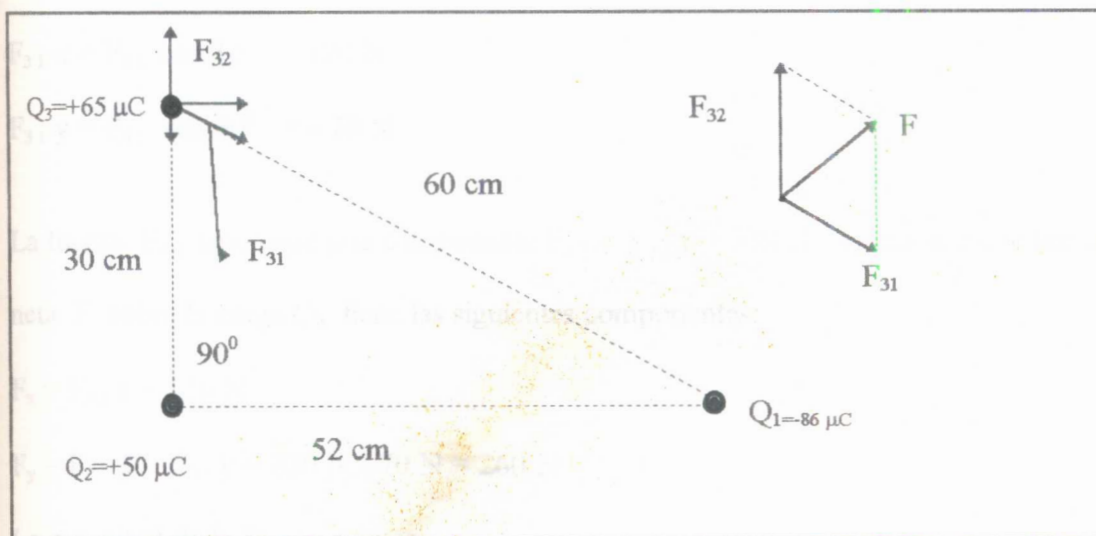
Sea el eje X el que une las partículas, y adoptemos hacia la derecha la dirección positiva. Entonces como F_{31} es de repulsión y F_{32} es de atracción. La dirección de la fuerza resultante es la indicada en la figura del problema. F_{31} apunta en la dirección de

X positiva, y F_{32} en dirección de X negativa. La fuerza neta sobre la partícula 3 es entonces:

$$F = F_{31} + F_{32} = -4.5 \text{ N} + 0.4 \text{ N} = -4.1 \text{ N}$$

La magnitud de la fuerza neta F es 4.1 N y apunta hacia la izquierda.

Ejemplo # 3. Calcular la fuerza sobre la carga Q_3 que aparece en la figura, debida a las cargas Q_1 y Q_2 .



$$Q_1 = -86 \mu\text{C} \quad Q_2 = +50 \mu\text{C} \quad Q_3 = +65 \mu\text{C}$$

Solución. Las fuerzas F_{31} y F_{32} tienen las direcciones que se indican en el diagrama, porque Q_1 ejerce una fuerza de atracción y Q_2 una de repulsión. Las magnitudes de F_{31} y F_{32} son, sin tener en cuenta los signos, ya que conocemos las direcciones.

$$F_{31} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (6.5 \times 10^{-6} \text{ C}) (8.6 \times 10^{-5} \text{ C})}{(0.60 \text{ m})^2} = 140 \text{ N.}$$

$$F_{32} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (6.5 \times 10^{-6} \text{ C}) (5.0 \times 10^{-5} \text{ C})}{(0.30 \text{ m})^2} = 330 \text{ N.}$$

Descomponemos a F_{31} en sus componentes a lo largo de los ejes X y Y, como se indica:

$$F_{31x} = F_{31} \cos 30^\circ = 120 \text{ N}$$

$$F_{31y} = F_{31} \sin 30^\circ = -70 \text{ N}$$

La fuerza F_{32} sólo tiene una componente $F_{32} = F_{32y} = 330 \text{ N}$ y, entonces, la fuerza neta F sobre la carga Q_3 tiene las siguientes componentes:

$$F_x = F_{31x} = 120 \text{ N}$$

$$F_y = F_{32y} + F_{31y} = 330 \text{ N} - 70 \text{ N} = 260 \text{ N}$$

La magnitud de la fuerza neta es

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(120 \text{ N})^2 + (260)^2} = 290 \text{ N}$$

Esta fuerza actúa formando un ángulo θ dado por:

$$\tan \theta = F_y / F_x = 260 \text{ N} / 120 \text{ N} = 2.2$$

Por lo tanto $\theta = 65^\circ$

4.6.3 PELIGROS DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

En las fábricas de hilados de algodón y en las de papel, se generan cargas eléctricas cuando la tela o el papel pasan sobre rodillos metálicos. A veces las descargas eléctricas producen incendios desastrosos. Se evita este peligro humedeciendo el aire para que las películas de agua alejen la electricidad de las superficies.

La fricción saliendo por una manguera en una estación de toma de gasolina puede electrizar la boquilla metálica produciendo una chispa cuando la boquilla toca el tanque de gasolina de un auto. Se reduce el peligro si se impide la acumulación de cargas en la boquilla "poniéndola a tierra". En forma semejante, los mecánicos tienen buen cuidado de conectar a tierra los aviones antes de llenar los tanques con combustible.

La fricción de las llantas de un camión que transporta gasolina, contra el camino, puede generar una carga tal que, posteriormente, cuando alguien abre una válvula, los vapores de gasolina se queman. A menudo se cuelga una cadena metálica al camión. Un extremo bamboleándose contra el suelo, se lleva las cargas electrostáticas.

Nunca se frote la ropa con un paño embebido en gasolina, la fricción puede generar una carga eléctrica, producir una chispa y encender el vapor.

A veces ocurren explosiones en las salas de operación de los hospitales cuando el vapor del éter se quema por chispas estáticas. Para aminorar este peligro, los

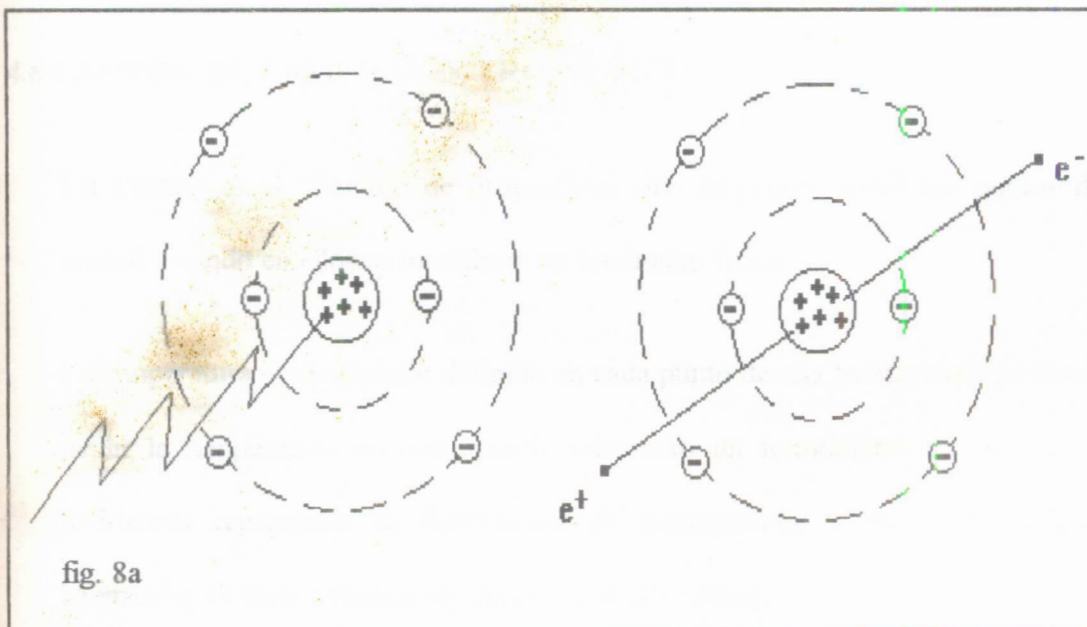
doctores y enfermeras llevan ropa de algodón. La mesa de operaciones se conecta con masa a tierra para descargarla.

4.7 CONSERVACION DE LA CARGA.

Por conservación de la carga se entiende que la carga total de un sistema aislado debe permanecer constante. Esto no pone cortapisas al número de electrones o de cargas positivas que pueden estar presentes; como veremos posteriormente, se pueden producir partículas cargadas mediante el empleo de suficiente energía, y también es factible el proceso inverso, de aniquilar partículas cargadas mediante el desprendimiento adecuado de energía. Sin embargo, en cada uno de esos procesos se producen o se destruyen iguales cantidades de cargas positivas o de cargas negativas, y la carga total, o neta permanece constante.

¿Cuántos electrones pasan de una varilla de vidrio a una tela de seda en circunstancias normales? La respuesta depende de varios factores, tales como la cantidad de frotamientos, la presión de contacto, la temperatura y la humedad, pero por lo regular es como 10^9 , esto es mil millones de electrones. Puede parecer un número gigantesco, pero en realidad es muy pequeño si recordamos que el número total de átomos en una varilla pequeña de unos 100 gr es del orden de 10^{24} . Esto es también el número de electrones externos en los átomos, que son los que se separan más fácilmente.

Se ha encontrado que, en todos los procesos observados en la naturaleza, la carga neta o total de un sistema aislado permanece constante. En otras palabras; la carga neta o total no cambia en cualquier proceso que ocurre en un sistema aislado. No se ha encontrado excepción a esta regla, la cual es conocida como principio de conservación de la carga. Cuando se frota una varilla de vidrio con seda aparece en aquella una carga positiva. La medición nos demuestra que en la seda aparece una consiguiente carga negativa. Esto indica que la acción de frotar no crea carga, sino que la transfiere de un objeto a otro, alterando ligeramente la neutralidad eléctrica de cada uno. Esta hipótesis de la conservación de la carga ha soportado un estrecho escrutinio experimental tanto para acontecimientos de gran escala como a nivel atómico y nuclear.



Un ejemplo interesante de la conservación de la carga surge cuando un electrón de (carga=-e) y un positrón (carga= +e), se acercan entre si. Las dos partículas pueden simplemente desaparecer, convirtiendo toda su energía de reposo en energía radiante.

La energía radiante puede aparecer en la forma de rayos gamma directamente opuestos con una energía total de $2m_e c^2$ entonces: $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$

La carga neta es cero tanto antes como después del acontecimiento y la carga se conserva.

El fenómeno inverso también es observado, y se conoce como "producción de pares", en donde un fotón de alta energía, cuando se aproxima al núcleo de un átomo pesado, desaparece convirtiéndose en un electrón y un positrón que viajan en direcciones contrarias. Figura 8a .

4.8 CAMPOS. EL CAMPO ELECTROSTATICO .

Un Campo es el conjunto de propiedades que adquieren todos los puntos del espacio cuando en ellos se manifiesta un fenómeno físico.

La temperatura tiene un valor definido en cada punto de una habitación y podemos medir la temperatura en cada punto colocando un termómetro en ese punto, podríamos representar la distribución de temperaturas a través de toda la habitación, es decir tenemos un campo de temperaturas.

Otro ejemplo de campo es ya conocido por nosotros, es el campo gravitatorio g , definido como la fuerza gravitacional F por unidad de masa de prueba m_0

$$g = F / m_0 \quad (1)$$

Este campo es también un campo vectorial y, además, es usualmente estático cuando la distribución de masa campo gravitatorio, que es la fuente del campo permanece constante. Cerca de la Tierra y para puntos no demasiado alejados, es también un campo uniforme, queriendo decir que g es la misma (tanto en dirección como en magnitud) para todos los puntos.

Usamos un cuerpo de prueba de una masa m_0 muy pequeña y lo soltamos en el campo gravitatorio que deseamos medir. Determinamos su aceleración gravitatoria en un punto en particular, y la ecuación 1 nos dice entonces que la aceleración F/m_0 es igual en magnitud y en dirección) al campo gravitatorio g en ese punto.

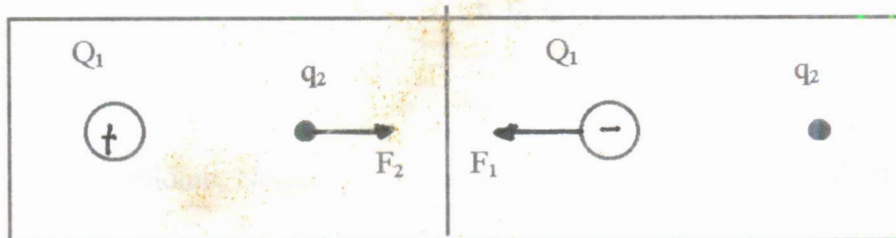
En este procedimiento especificamos que es un cuerpo de prueba de masa muy pequeño para estar seguros de que el cuerpo de prueba no perturba la distribución de masa del cuerpo gravitatorio y no cambia, por lo tanto, el campo que estamos tratando de medir. Por ejemplo, la Luna provoca mareas que cambian la distribución de la masa de la Tierra y, en consecuencia, su campo gravitatorio.

La descripción anterior de campo gravitatorio puede traspasarce directamente a la electrostática. la Ley de Coulomb para la fuerza entre cargas nos anima a pensar en términos de la acción a distancia, representada como carga \rightarrow carga.

Introduciendo el Campo como un intermediario entre las cargas, podemos representar a la interacción como carga \rightarrow campo \rightarrow carga. Esto es la primera carga establece un campo electrostático y la segunda carga interactúa con el campo electrostático de la primera carga. Nuestro problema de determinar la interacción entre las cargas se reduce por tanto a dos problemas por separado: (1) Determinar, por medición o por cálculo, el campo electrostático establecido por la primera carga en cada punto del espacio, y (2); Calcular la fuerza que el campo ejerce sobre la segunda carga situada en un punto particular del espacio.

En analogía con la ecuación (1) para el campo gravitatorio, definimos el campo electrostático E asociado con un cierto conjunto de cargas en términos de la fuerza ejercida sobre una carga de prueba positiva q_0 en un punto en particular o bien .

$$E = F / q_0.$$



Esta definición suministra una prueba para la existencia de un campo electrostático. Simplemente se coloca una carga en el punto en cuestión. Si se observa una fuerza eléctrica, en ese punto existe un campo electrostático.

“Se dice que un campo electrostático existe en un punto de una región del espacio en la que una carga electrostática experimenta una fuerza eléctrica”.

4.9 CAMPO ELECTROSTATICO DE CARGAS PUNTUALES

El campo electrostático en cualquier punto del espacio se puede medir, con base a la ecuación $E = F / q_0$. Para casos simples en las que interviene una de varias cargas puntuales, podemos calcular lo que será E. Por ejemplo, el campo electrostático a una distancia r de una carga puntual única Q tendrá como magnitud

$$E = K q Q / r^2$$

$$E = K Q / r^2 \quad \text{o bien} \quad E = Q / 4\pi\epsilon_0 r^2.$$

Esta relación para el campo electrostático debido a una carga puntual única también se llama, además de

$$F = K q_1 q_2 / r^2$$

Ley de Coulomb. Notese que E es independiente de q; esto es, sólo depende de la carga Q que produce el campo, y no del valor de la carga de prueba q.

Una vez que se conoce el campo electrostático en algún punto es posible calcular, a partir de la ecuación deducida anteriormente, la fuerza sobre cualquier partícula cargada que se coloque en ese punto.

Considérese una carga puntual q ubicada a una distancia r de una carga de prueba q_0 . Según la Ley de Coulomb, la fuerza sobre esta carga de prueba es:

$$F = K q_1 q_2 / r^2$$

Como el campo electrostático en la posición de la carga de prueba se define como:

$E = F / q_0$, se tiene que el campo electrostático debido a la carga q en la posición de q_0 es:

$$E = K q Q / r^2$$

$$E = K Q / r^2$$

Si queremos determinar el valor del campo debido a un grupo de cargas puntuales, primero se calcula el campo electrostático en un punto P en forma individual para cada carga y después sumándolos vectorialmente.

El campo electrostático total en un punto debido a un grupo de cargas, es igual a la suma vectorial de los campos electrostáticos de todas las cargas.

4.10 CAMPOS ELECTRICOS DE UN SISTEMA DE PARTICULAS.

Consideremos el campo electrostático alrededor de dos cargas iguales, una positiva y otra negativa. El campo electrostático será muy parecido en torno a cada una de

las cargas, salvo que estará dirigido hacia la carga negativa y hacia afuera de la carga positiva. Debemos examinar varios puntos para convencernos que una carga de prueba positiva en realidad experimentará una fuerza en las direcciones indicadas por las líneas de fuerza.

Para hallar E para un grupo de N cargas puntuales el procedimiento es el siguiente:

1. Calculamos E para cada carga i en el punto dado como si esta fuera la única carga presente.
2. Sumamos vectorialmente estos campos calculados por separado para hallar el campo resultante E en el punto.

La suma es una suma vectorial, considerando todas las cargas, es un ejemplo de la aplicación del principio de superposición, en el cual afirma, en este contexto, que en un punto dado, los campos electrostáticos debidos a distribuciones de carga separadas, simplemente se suman (vectorialmente) o se superponen de manera independiente este principio no se cumple cuando las magnitudes de los campos son extremadamente grandes, pero son válidos para las situaciones que nosotros estudiaremos.

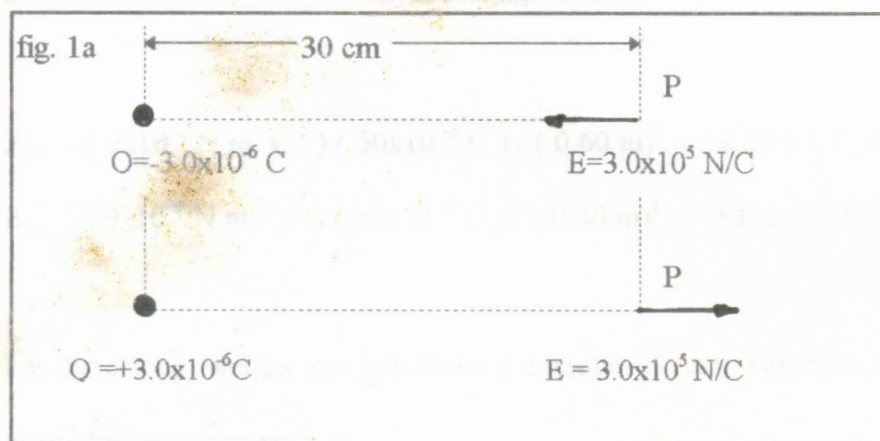
4.10.1 RESOLUCION DE PROBLEMAS ACERCA DE CAMPO ELECTROSTATICO

Ejemplo # 1. Calcular la magnitud y dirección del Campo electrostático en un punto P a 30 cm a la derecha de una carga puntual $Q = - 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$.

Solución: La magnitud del Campo electrostático es:

$$E = K \frac{Q}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (3.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.30 \text{ m})^2} = 3.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

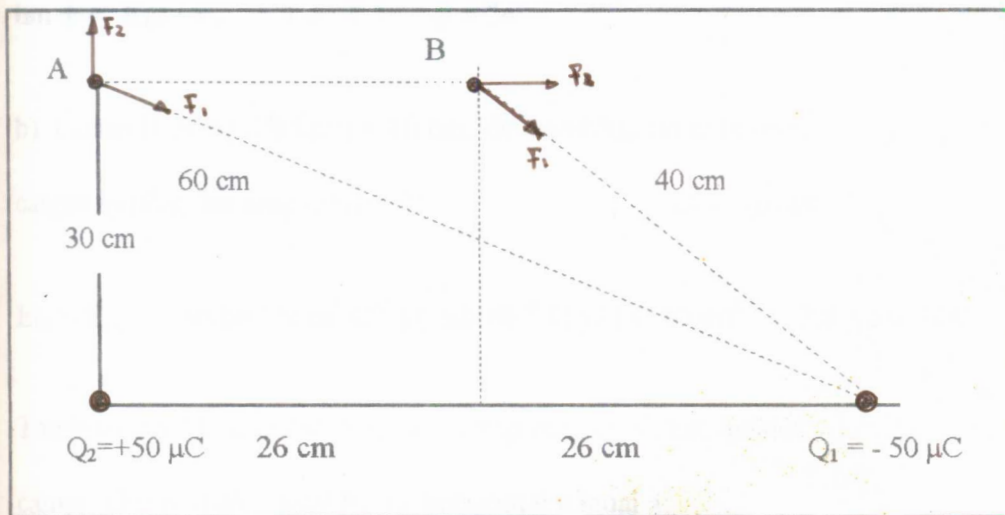
La dirección del campo electrostático es hacia la carga Q como se ve en la figura 1a, ya que definimos la dirección como la de la fuerza sobre una carga positiva de prueba. Si Q hubiera sido positiva, el campo electrostático hubiera apuntado alejándose como en la figura 1b.



Si el campo electrostático se debe a más de una carga, los campos individuales (sean E_1

E_2 , etc.) debidos a cada una se suman vectorialmente para obtener el campo total en cualquier punto; se aplica el principio de superposición para los campos electrostáticos:

Ejemplo # 2 Calcular el campo electrostático total (a) en el punto A y (b) en el punto B, según indica la figura 2a, debido a las cargas Q_1 y Q_2 .



Solución.- El campo electrostático en A es la suma vectorial de los campos E_{A1} debido a Q_1 , y E_{A2} debido a Q_2 , cuyas magnitudes son:

$$E_{A1} = (9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (50 \times 10^{-6} \text{ C}) / (0.60 \text{ m})^2 = 1.25 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_{A2} = (9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (50 \times 10^{-6} \text{ C}) / (0.30 \text{ m})^2 = 5.6 \times 10^6 \text{ N/C}$$

Las direcciones son las que se indican, y entonces el campo electrostático total en A, E_A tiene los componentes:

$$E_{Ax} = E_{A1} \cos 30^\circ = 1.1 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_{Ay} = E_{A2} - E_{A1} \sin 30^\circ = 4.4 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\text{La magnitud de } E_A = \sqrt{(1.1)^2 + (4.4)^2} \times (10^6) \text{ N/C}$$

y la dirección de E_A es ϕ (según el diagrama), que está dada por:

$$\tan \phi = E_{Ay} / E_{Ax} = 4.4 / 1.1 \quad \phi = 76^\circ$$

b) Como B es equidistante (40 cm, de acuerdo con el teorema de Pitágoras) a las dos cargas iguales, las magnitudes de E_{B1} y E_{B2} son iguales esto es:

$$E_{B1} = E_{B2} = (9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}) (50 \times 10^{-6} \text{ C}) / (0.40 \text{ m})^2 = 2.8 \times 10^6 \text{ N/C}$$

También debido a la simetría, los componentes Y son iguales y opuestos. Entonces el campo electrostático total E_B es horizontal e igual a:

$$E_B = E_{B1} \cos \theta + E_{B2} \cos \theta = 2 E_{B1} \cos \theta;$$

De acuerdo con el diagrama: $\cos \theta = 26 \text{ cm} / 40 \text{ cm} = 0.65$ Entonces:

$$E_B = 2 E_{B1} \cos \theta = 2 (2.8 \times 10^6 \text{ N/C}) (0.65) = 3.6 \times 10^6 \text{ N/C}$$

La dirección de E_B es a lo largo de la dirección del eje +X.

Ejemplo # 3 El campo electrostático entre dos placas paralelas vale $E = 1.5 \times 10^6 \text{ N/C}$.

La distancia entre ellas es de $8 \times 10^{-3} \text{ m}$. Si un electrón parte del reposo de la placa negativa hacia la positiva como indica la figura. Calcular:

a. La aceleración del electrón.

B. La velocidad del electrón al llegar a la placa positiva.

E

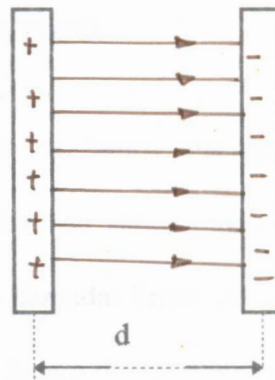
Solución Conocemos:

$$E = 1.5 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg (masa del electrón)}$$

$$d = 8 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

$$Q_e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C (carga del electrón)}$$



Como la carga del electrón es negativa queda sometida a una fuerza F hacia la izquierda. Como el campo es uniforme la fuerza F es constante y tiene un valor de:

$$F = Q_e \times E = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} (1.5 \times 10^6 \text{ N/C})$$

$$F = 2.4 \times 10^{-13} \text{ N.}$$

La fuerza F produce una aceleración (a) constante igual a:

$$a = F / m = 2.4 \times 10^{-13} \text{ N} / 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$$

$$a = 2.63 \times 10^{17} \text{ m/s}^2$$

b. Al llegar a la placa positiva. El electrón recorre una distancia de $8 \times 10^{-3} \text{ m}$. Entonces su velocidad será:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2 a d} = \sqrt{0 + 2 (2.63 \times 10^{17} \text{ m/s}^2)(8 \times 10^{-3} \text{ m.})}$$

$$v = 6.48 \times 10^7 \text{ m/s}$$

10.11 LINEAS DE CAMPO ELECTROSTATICO.

Para "visualizar" el campo electrostático, trazamos una serie de líneas para indicar la dirección del campo electrostático en varios puntos del espacio. Esas líneas de campo electrostático, o a veces llamadas líneas de fuerza, se trazan de tal manera que indican la dirección de la fuerza debida al campo dado sobre una carga positiva de prueba.

Las reglas para trazar las líneas de campo electrostático de cualquier distribución de carga son las siguientes:

1. Las líneas deben partir de cargas positivas y terminar en las cargas negativas, o bien en el infinito en el caso de un exceso de carga.
2. El número de líneas que partan de la carga positiva o lleguen a la negativa es proporcional a la magnitud de la carga.
3. Dos líneas de campo no pueden cruzarse.

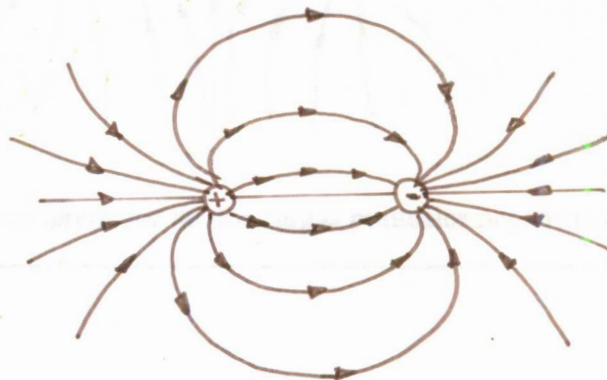
Las líneas de campo electrostático tienen las siguientes propiedades:

Las líneas de campo indican la dirección del campo electrostático; el campo apunta en dirección tangente a las líneas de campo en un punto cualquiera.

Las líneas se trazan de modo que la magnitud del campo E , sea proporcional al número de líneas que cruzan el área unitaria perpendicular a las líneas. Mientras más cercanas están las líneas, más intenso será el campo.

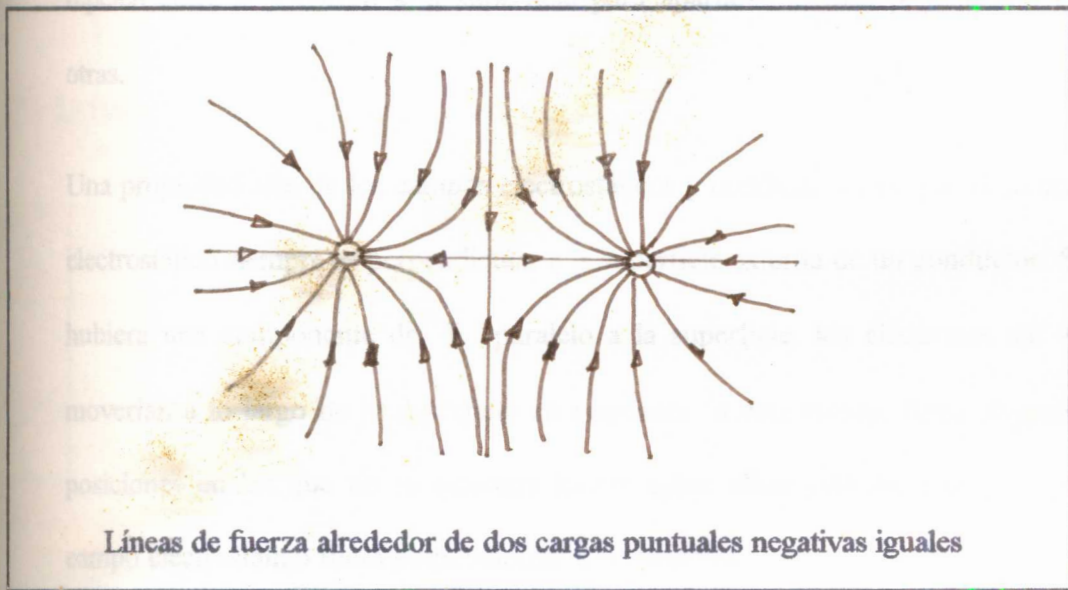
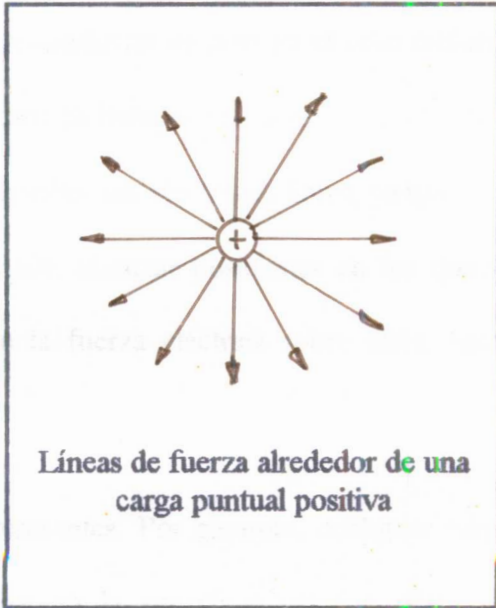
Las líneas de campo electrostático comienzan en cargas positivas y terminan en cargas negativas; y el número que comienza o termina es proporcional a la magnitud de la carga.

Es importante hacer notar que las líneas de campo no son objetos materiales. Estas sólo se utilizan para dar una descripción cualitativa del campo electrostático. Un problema que presenta este modelo es el hecho que siempre se traza un número finito de líneas desde cada carga, lo que puede hacer pensar que el campo está cuantizado y que sólo actuará en cierta dirección. De hecho el campo es continuo, existe en todo punto. Otro problema con este modelo es el peligro de adquirir una impresión equivocada al estar usando una representación bidimensional de las líneas de campo para describir una situación tridimensional.



Líneas de fuerza alrededor de dos cargas puntuales positiva y negativa

4.2 CAMPO ELÉCTrico



4.12 CAMPOS ELECTROSTATICOS EN CONDUCTORES.

El campo electrostático dentro de un buen conductor es cero en el caso estático, esto es, cuando las cargas están en reposo. Si hubiera un campo electrostático dentro de un conductor, habría una fuerza sobre sus electrones libres, ya que.

$F = q E$. Los electrones se moverán hasta alcanzar posiciones en las que el campo electrostático, y por consiguiente la fuerza eléctrica sobre ellos, fuera cero.

Esta lógica tiene unas consecuencias interesantes. Por ejemplo, cualquier carga neta en un buen conductor se distribuye en la superficie exterior. Para un conductor con carga negativa, podemos imaginar que las cargas negativas se repelen entre sí y corren a la superficie para apartarse lo más posible una de otras.

Una propiedad afín de los campos electrostáticos y conductores es que el campo electrostático siempre es perpendicular a la superficie externa de un conductor. Si hubiera una componente de E paralelo a la superficie, los electrones allí se moverían a lo largo de la superficie en respuesta a esta fuerza, hasta alcanzar posiciones en las que no se ejerciera fuerza sobre ellos; esto es, hasta que el campo electrostático fuera perpendicular a la superficie.

Estas propiedades sólo son propias de los conductores. Dentro de un aislador, que no tiene electrones libres, puede existir un campo electrostático. Y el campo

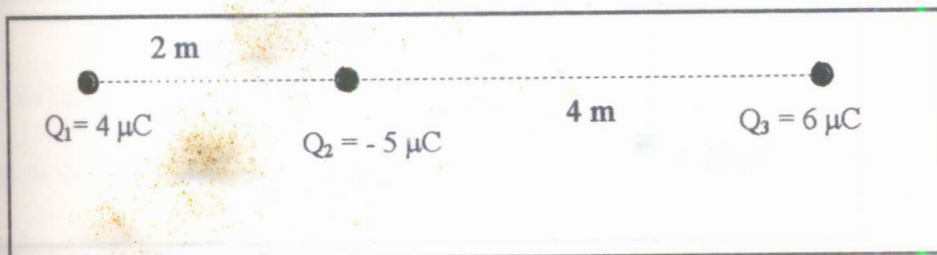
electrostático fuera de la superficie del aislador no necesariamente hace un ángulo de 90° con la superficie.

4.13 PROBLEMAS DE APLICACION

- 1.- La masa de una moneda de cobre es de 3 gr. y contiene alrededor de 3×10^{22} átomos de cobre. Supongase que la separación de las dos monedas es de 2.0 m. y sus cargas q son iguales. a) ¿Cuál debe ser la magnitud de q si la fuerza de repulsión sobre una de ellos debido a otra es igual al peso de una moneda? b) ¿Cuántos electrones deben removerse de una moneda para producir esta carga? c) ¿Cuál es el número de átomos que en tal caso han perdido electrones?

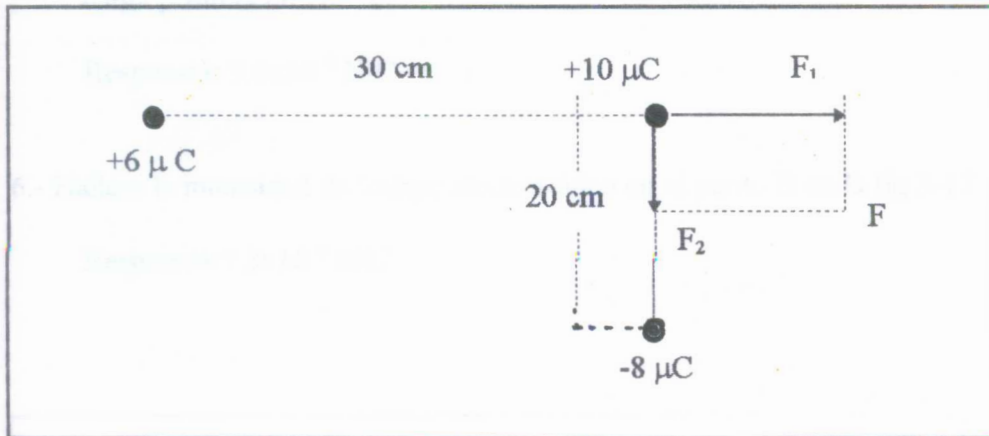
Respuesta: a) $q = 3.6 \times 10^{-6}$ C. b) 2.3×10^{13} electrones c) 7.7×10^{10} . FIG 3-10

- 2.- Hallese la fuerza sobre la carga central en la fig 3-11

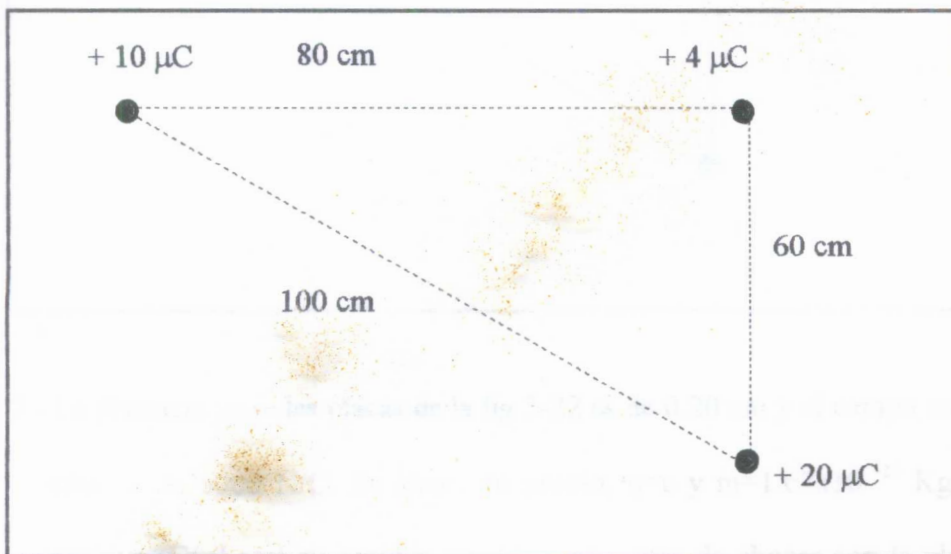


Respuesta: 0.0281 N.

3.- Hallese la fuerza resultante sobre la carga de $+10 \mu\text{C}$. de la fig 3-12



Respuesta: 3.4 N . a 65°



4.- Hallese la fuerza sobre la carga de $+20 \mu\text{C}$. en la fig 3-13

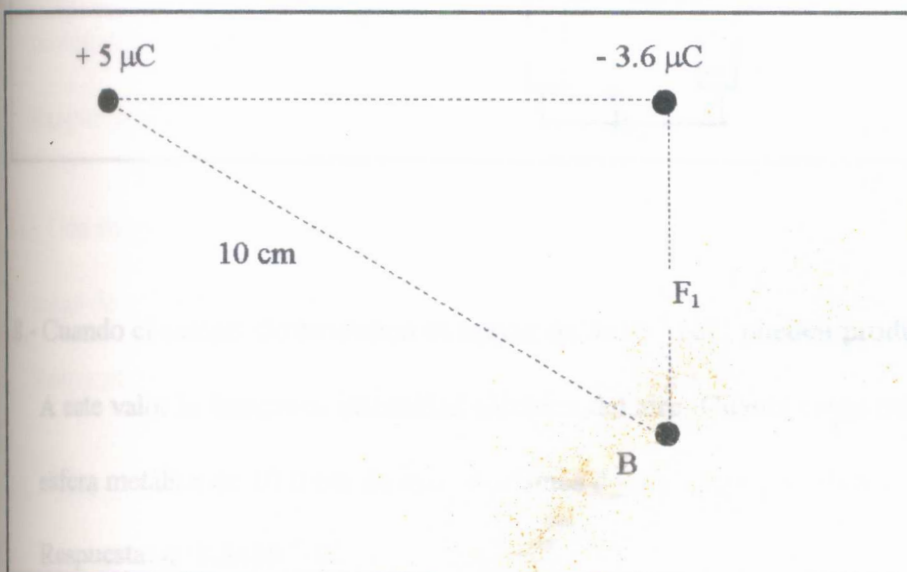
Respuesta: 3.4 N . a 65°

5.- Hallese la intensidad de campo electrostático a una distancia de 50 cm de una carga positiva de 10^{-4} C.

Respuesta: 3.6×10^6 N/C

6.- Hallese la intensidad de campo electrostático en el punto B en la fig 3-17

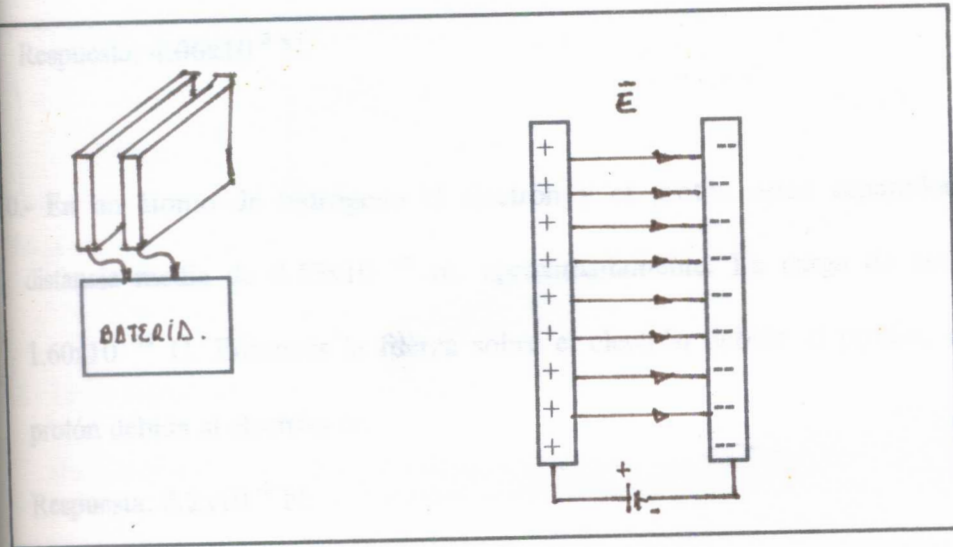
Respuesta: 7.3×10^6 N/C



7.- La distancia entre las placas de la fig 3-22 es de 0.20 cm y el campo constante entre ellas es de 6000 N/C. Se libera un protón, $q=e$ y $m=1.67 \times 10^{-27}$ Kg, de la placa positiva. ¿Cuál será su rapidez precisamente antes de chocar con la placa negativa?

Supóngase el vacío entre las placas.

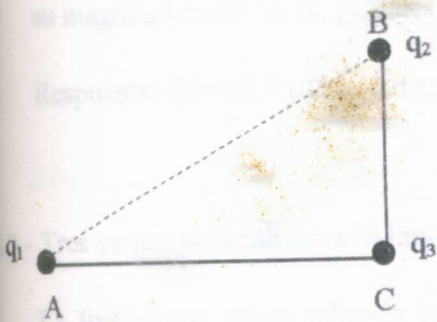
Respuesta: $v= 48\ 000$ m/s



8.- Cuando el campo electrostático es mayor de 3×10^6 N/C pueden producirse chispas.

A este valor le llamamos intensidad eléctrica del aire. Cuánta carga puede tener una esfera metálica de 10.0 cm de diámetro antes de que salga una chispa?

Respuesta: $q = 8.3 \times 10^{-7}$ C.



9.- Dada la distribución de cargas de la fig. 21.6, donde $q_1 = +1.5 \times 10^{-3}$ C,

$q_2 = -0.5 \times 10^{-3} \text{ C}$, $q_3 = 0.2 \times 10^{-3} \text{ C}$ y $AC = 1.2 \text{ m}$, $BC = 0.5 \text{ m}$, Hallar la fuerza resultante sobre la carga q_3 .

Respuesta: $4.06 \times 10^{-3} \text{ N}$.

10.- En un átomo de hidrógeno el electrón y el protón están separados por una distancia media de $0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$ aproximadamente. La carga de ambos es de $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$. Entonces la fuerza sobre el electrón debida al protón, o sobre el protón debida al electrón es.

Respuesta: $8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$.

11.- Una fuerza de 6.0 N hacia el este actúa sobre una carga Q cuando se coloca una carga de $+5.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ a 30 cm hacia el este de Q . Calcular la carga Q .

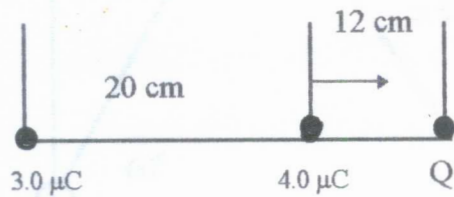
Respuesta: $Q = -12 \times 10^{-6} \text{ C}$.

12.- Dos esferas pequeñas tienen una carga total de $20 \times 10^{-6} \text{ C}$. Cuando están separadas una distancia de 30 cm , la fuerza que ejercen entre sí es de atracción y su magnitud es de 16 N . ¿Cuáles son las cargas que posee cada esfera?

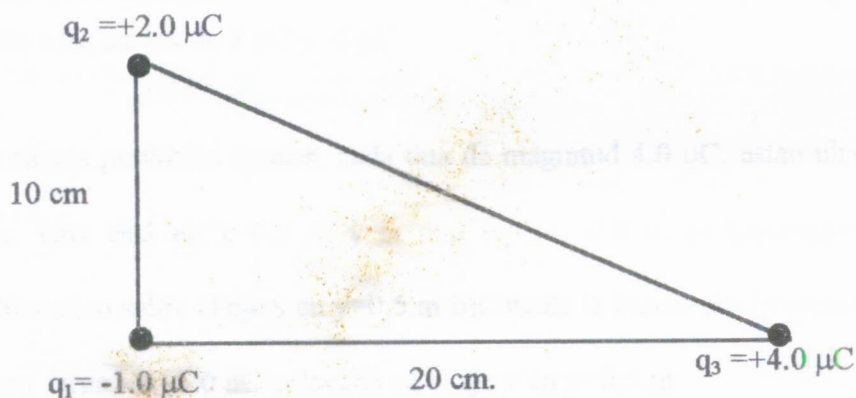
Respuesta: $Q_1 = 26.1 \mu\text{C}$ o $-6.1 \mu\text{C}$ $Q_2 = -6.1 \mu\text{C}$ o $26.1 \mu\text{C}$

13.- Tres cargas se localizan a lo largo de una línea recta como se ilustra en la fig 18.15. La fuerza que actúa sobre la carga de $+4.0 \mu\text{C}$ es 12.0 N , y se dirige hacia la derecha. ¿Cuál es la magnitud y el signo de la carga Q ?

Respuesta: $-5.9 \mu\text{C}$

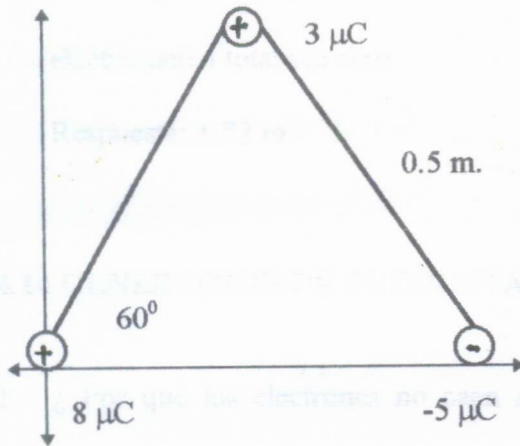


- 14.- En la figura 18.16 $q_1 = -1.0 \mu\text{C}$, $q_2 = 2.0 \mu\text{C}$ y $q_3 = 4.0 \mu\text{C}$ Encontrar las fuerzas electrostáticas sobre cada una de las tres cargas



- 15.- En los extremos de la hipotenusa de un triángulo rectángulo hay cargas de $90 \mu\text{C}$ y $200 \mu\text{C}$, si el cateto adyacente a la primera carga mide 3 cm y la hipotenusa mide 5 cm . Calcular el campo electrostático en el vértice del ángulo recto.

Respuesta: $1.4 \times 10^9 \text{ N/C}$

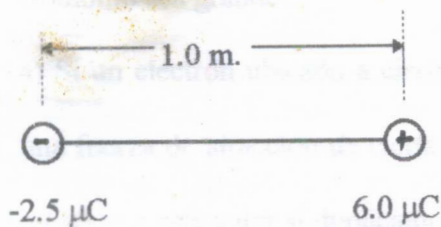


16.- Tres cargas están en los vértices de un triángulo equilátero, como en la fig 20.23

Calcule la intensidad del campo electrostático en la posición de la carga de $8 \mu\text{C}$ debido a las cargas de $3 \mu\text{C}$ y $-5 \mu\text{C}$

17.- Dos cargas puntuales iguales, cada una de magnitud $4.0 \mu\text{C}$, están ubicadas en el eje x. Una está en $x=0.8 \text{ m}$ y la otra en $x=-0.8 \text{ m}$ a) Determine el campo electrostático sobre el eje y en $y=0.5 \text{ m}$ b) Calcule la fuerza electrostática sobre una tercera carga, de -3.0 uC colocada en el eje y en $y=0.5 \text{ m}$

Respuesta: 4.3×10^4 ; -0.128 N



- 4.- En la fig 20.26, determine el punto (que no sea infinito) en el que el campo electrostático total sea cero

Respuesta: 1.82 m

4.14 GENERACION DE PREGUNTAS

1. ¿ Por qué los electrones no caen al núcleo por efecto de la atracción de los protones?
2. ¿ Por qué los protones del núcleo no se repelen unos a otros y no se salen volando en todas las direcciones?
3. ¿ Qué es lo que hace que el núcleo no se desintegre?
4. Tras la complejidad de los fenómenos electrostáticos hay una regla fundamental de la cual derivan casi todos los demás efectos ¿Cuál es esta regla fundamental?
5. Si pierdes electrones al arrastrar los pies sobre una alfombra ¿ Adquieres una carga positiva o negativa?
6. ¿Cuál es el significado más importante del hecho de que la constante G de la ley de Gravitación Universal de Newton sea pequeña y la constante K de la ley de Coulomb sea grande?.
7. a) Si un electrón ubicado a cierta distancia de una partícula cargada experimenta una fuerza de atracción de cierta magnitud ¿ Cómo será la magnitud de la fuerza respecto a este valor si duplicamos la distancia?
8. b) ¿ La partícula en este caso es positiva o negativa?

9. ¿ Se crea carga en el frotamiento de una barra de vidrio con un paño de seda? explique.
10. En la pregunta anterior ¿Cuál es la naturaleza de la carga de la seda?
11. Sobre una base aislante se encuentra una esfera metálica cargada. Describanse varios procedimientos para determinar la naturaleza de la carga de la esfera.
12. Durante la ejecución de un experimento en un laboratorio, se observa que dos cuerpos se atraen mutuamente ¿ Es esta una señal de que ambos cuerpos estan cargados? Explique.
13. Se sabe que dos cuerpos se repelen entre si, ¿ Es una prueba concluyente de que ambos cuerpos estan cargados? Explique.
14. Uno de los principios fundamentales de la fisica es el principio de conservación de la carga, que establece que la CANTIDAD TOTAL DE CARGA ELÉCTRICA EN EL UNIVERSO NO CAMBIA ¿ Pueden darse razones para aceptar esta ley?
15. Describese que pasa con la laminilla de un electroscopio cargado positivamente cuando; a) Se acerca más y más una barra con carga negativa sin que se llege a tocar la perilla; b) Cuando en lugar de una barra negativa se acerca una barra cargada positivamente.
16. Enumerense las unidades para cada uno de los parámetros que intervienen en la ley de Coulomb en el SI de unidades.
17. La Ley de Coulomb sólo es válida cuando la separación r entre las cargas es grande en comparación con los radios de las mismas ¿Cuál es la razón de esta limitación?

18. ¿Cuántos electrones serán necesarios para que una esfera metálica tenga una carga negativa de 1 C; 1 uC.
19. En algunos textos se llaman "líneas de fuerza" a las líneas del campo electrostático. Analicé lo aconsejable de esta expresión.
20. ¿ Puede existir un campo electrostático en una región del espacio en la cual una carga eléctrica no experimentará una fuerza? Explique.
21. ¿ Es necesario que una carga se coloque en un punto a fin de tener un campo electrostático en ese punto?
22. Analicé las similitudes entre los campos electrostáticos y gravitatorios. ¿ En qué aspectos son diferentes?
23. Justifique el siguiente postulado: La intensidad de campo electrostático sobre la superficie de cualquier conductor cargado debe estar dirigida perpendicularmente a la superficie.
24. Las líneas de campo electrostático nunca se intersecan. Explique.
25. Si usted carga un peine de bolsillo frotándole con una funda de seda ¿ cómo podría determinar si el peine adquirió carga positiva o negativa ?
26. ¿Por qué a veces, cuando una camisa o blusa se saca de la secadora de ropa, se pega a su cuerpo?
27. ¿Por qué un disco fonográfico atrae al polvo inmediatamente después de haberlo limpiado?
28. Explique por que la niebla o las gotitas de lluvia se tienden a formar alrededor de iones o electrones en el aire.

29. ¿Puede usted decir por que los camiones de transporte de fluidos inflamables arrastran una cadena por el piso? [Sugerencias: "Ha sentido alguna vez un ligero choque al salir de un automóvil?]
30. Una varilla de carga positiva se acerca a un trozo de papel neutro, al cual atrae. Trace un diagrama que muestre la separación de cargas y explique por que se presenta la atracción
31. ¿Por qué una regla de plástico que se ha frotado con un trapo tiene la capacidad de levantar pequeños trozos de papel? ¿Por qué es difícil hacerlo en un día húmedo?
32. Establezca la diferencia entre carga neta en un conductor y las "cargas libres" en el mismo.
33. Cuando carga un electroscopio, las dos hojas se repelen entre si y forman cierto ángulo. ¿Qué compensa la fuerza eléctrica de repulsión y hace que no se sigan separando más?
34. La forma de la ley de Coulomb es muy semejante a la ley de Newton de la gravitación universal. ¿Cuáles son las diferencias entre los dos?. Compare también la masa gravitacional y la carga eléctrica.
35. Normalmente no nos damos cuenta de la fuerza eléctrica o gravitacional entre dos objetos ordinarios. ¿Cuál es la razón en cada caso? De un ejemplo en el que nos demos cuenta de cada una, y por qué?
36. ¿Es la fuerza eléctrica una fuerza conservativa? ¿Por qué si, o por qué no?
37. Cuando una regla cargada atrae pequeños trozos de papel, a veces uno de ellos salta rápidamente después de tocar la regla. Explique por qué?

38. Explique por qué usamos cargas de prueba pequeñas para medir campos electrostáticos?
39. Cuando se determina un campo electrostático, se debe emplear una carga positiva de prueba; ¿podríamos usar también una carga negativa? Explique la respuesta.
40. Trace las líneas de campo electrostático que rodean a dos cargas eléctricas negativas a cierta distancia L .
41. ¿Por qué nunca se pueden cruzar las líneas de campo electrostático?

CAPITULO V

EXPERIENCIAS DEMOSTRATIVAS

5.1 EXPERIENCIA A

Materiales

Papel picado.

Una peinilla.

Franela (tela de algodón).

Ponga una pequeña cantidad de pedacitos de papel en el escritorio (mesa de trabajo). Frote la parte de atrás de una peinilla de plástico con un pedazo de tela de algodón (franela). Presione fuerte mientras frota. Acerque la peinilla a los pedacitos de papel.

¿Recoge la peinilla los pedacitos de papel?

5.2 EXPERIENCIA B

Materiales

Hoja de papel

lápiz de madera

Tome la hoja de papel y sosténgala en una pared llana, uniforme. Frote la hoja de papel 20 o 25 veces con el lado de un lápiz de madera.

¿Parece pegarse la hoja de papel a la pared?

Nota. Es conveniente que la hoja sea de papel periodico.

5.3 EXPERIENCIA C

Materiales

Un lápiz de punta fina.

Un tubo de ensayo.

Ventosa de caucho.

Dos reglas de plástico numeradas.

Plastilina.

Franela (tela de algodón).

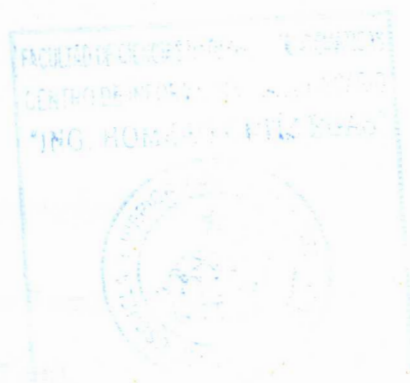
Ponga la parte no fina del lápiz en la ventosa, presione la ventosa en la superficie llana (mesa).

Ubique el tubo de ensayo sobre la punta fina del lápiz, el mismo que debiera moverse libremente en la punta del lápiz.

Ponga una pequeña cantidad de plastilina en la parte superior del tubo de ensayo.

Frote la primera regla con la franela fuertemente. Coloque esta regla sobre el tubo de ensayo y presione de tal manera que la plastilina la mantenga fija.

Proceda luego a frotar la segunda regla con la franela, acerque la primera regla pero sin topar la una con la otra.



¿Qué es lo que sucede?

Trabaje con los materiales anteriores (experimento c), pero esta vez acerque la franela al extremo de la primera regla, sin tocar la una con la otra.

¿Qué efecto produce la franela en la regla?

5.4 EXPERINCIA E

Materiales

Clip metálico.

Papel aluminio cinta delgada.

Lamina rectangular de plástico (20 cm por 7 cm).

Lamina cuadrada de plástico (7 cm por 7 cm).

Lámina de plástico (hoja).

Dobla la cinta de papel aluminio en la mitad, luego inserte en el extremo inferior del clip metálico.

Realice un orificio en el centro de la lámina de plástico cuadrada y pase por este orificio el papel de aluminio con el clip metálico en la forma indicada anteriormente.

Frote la hoja plástica con la franela y tope la parte superior del clip metálico.

Es conveniente 2 o 3 rozamientos fuertes entre la hoja plástica y el tope superior del clip metálico.

¿Qué ve Ud?

Ud acaba de construir un instrumento muy sensitivo a la presencia de cargas electricas. Este instrumento se llama ELECTROSCOPIO

Al acercar otro objeto, pero sin topar el clip metálico, si este tiene carga positiva, las tiras de la cinta se juntaran y si la carga es negativa, las tiras de la cinta se separaran todavia más.

5.5 EXPERIENCIA F

Materiales

Hoja de plástico(experiencia E).

Plato de aluminio liviano.

Ventosa con el lápiz.

Franela.

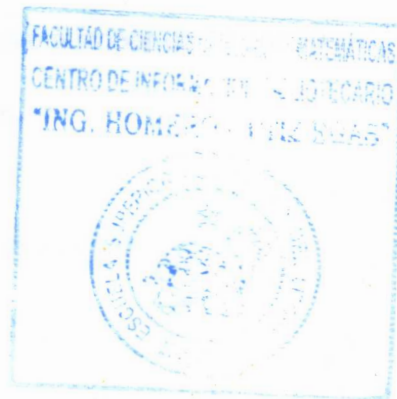
Papel picado.

Presione la ventosa con el lápiz firmemente en el centro de la parte interior del plato de aluminio.

Ponga la hoja plástica sobre el escritorio. Frote la hoja 25 o 30 veces con la franela fuertemente. Notese que el plástico parece pegarse al escritorio.

Ponga el plato de aluminio sobre la hoja plástica, presione en la parte interior del plato con los dedos y luego ponga el papel picado dentro del mismo. Tomando el lápiz retire el plato de aluminio.

¿ Qué obseva Ud ?



5.6 EXPERIENCIA G

¿QUE ES LA CARGA?

5.6.1 OBJETIVO

Ver y sentir los efectos del proceso de cargar electrostáticamente.

5.6.2 MATERIALES

Un bloque de espuma plástica aislante o icopor de 30 por 30 cm.

Un recipiente de aluminio de 22 cm.

Un vaso plástico.

Una pajilla plástica (sorbete).

Piel.

Cinta transparente.

Hilo.

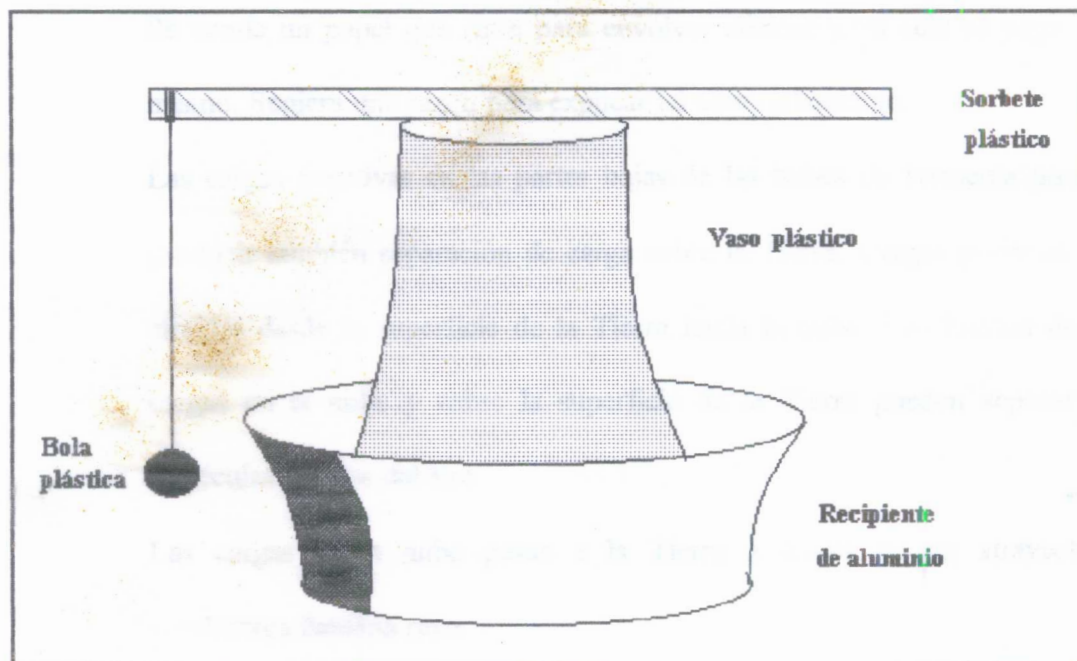
Bola plástica o un pedazo pequeño de espuma plástica de empaque

Grafito líquido.

5.6.3 PROCEDIMIENTO

- 1.- Pinte la bola plástica (o la espuma de empaque) con grafito y dejela secar
- 2.- Asegure con cinta pegante el vaso invertido en el fondo del recipiente de aluminio.
- 3.- Asegure la pajilla en la parte superior del vaso y suspenda de el la bolita, como se muestra en la figura.
- 4.- Frote la espuma con la piel, y luego quite la piel.

- 5.- Levante el recipiente, agarrando el vaso plástico.
- 6.- Lentamente baje el recipiente hasta unos 3 cm por encima de la espuma y, luego lentamente aléjelo.
- 7.- Coloque directamente el recipiente sobre el bloque de espuma y levántelo.
- 8.- Aproxime su dedo a la bolita hasta que la toque.
- 9.- Quite la pajilla, el hilo y la bola.
- 10.- Coloque el recipiente sobre la espuma y toque el borde del recipiente con su dedo. Remueva el recipiente del bloque de espuma y toque la bola de nuevo con su dedo.
- 11.- Repita varias veces el paso 10 sin recargar el bloque de espuma.



5.6.4 OBSERVACIONES Y DATOS

- 1.- Cuando el recipiente se aproximaba al bloque ¿ podía sentir la fuerza entre el recipiente neutro y la espuma cargada? Descríbalo.
- 2.- ¿Cuál es la razón de emplear la bola en el hilo?
- 3.- Establezca una hipótesis que explique el movimiento de la bola hacia adelante y hacia atrás en el paso 8.
- 4.-¿ Da la sensación de que el bloque de espuma "se le acabe la carga" en el paso 11?

5.6.5 APLICACIONES

Se vende un papel que sirve para envolver alimentos, el cual se pega a si mismo. Sugiera una razón para explicar tal comportamiento.

Las cargas negativas en las partes bajas de las nubes de tormenta pueden producir también separación de carga sobre la Tierra. Cargas positivas son atraídas desde la superficie de la Tierra hacia la nube. Las fuerzas de las cargas en la nube y sobre la superficie de la Tierra pueden separar las moléculas neutras del aire.

Las cargas de la nube pasan a la Tierra a través de un atrayectoria conductora llamada rayo.

5.7 EXPERIENCIA H

5.7.1 PRIMERA LEY DE LA ELECTROSTATICA

Es una ley cualitativa: "Los cuerpos cargados con el mismo signo se repelen, cargados con signo contrario se atraen"

5.7.2 MATERIALES

2 Péndulos con bolitas de corcho con hilos de seda (la seda no transmite la electricidad).

1 barra de vidrio.

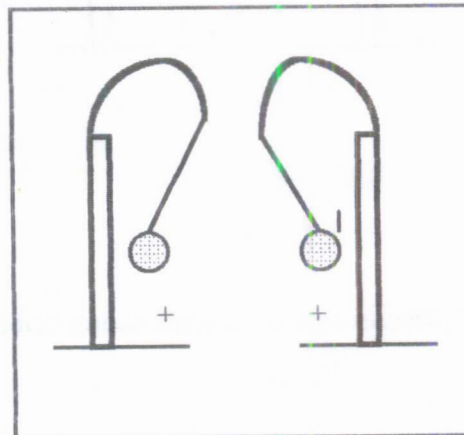
1 barra de resina o plástico.

1 paño de seda.

1 paño de lana.

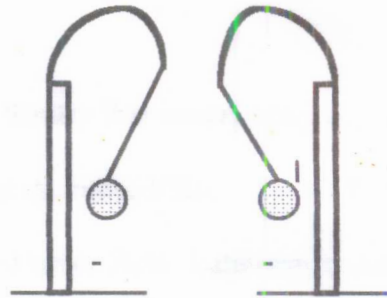
5.7.3 PROCEDIMIENTO

1.- Se frota la barra de vidrio con el paño de seda y se toca con la barra frotada a las dos esferitas del péndulo; como el vidrio esta deficitario en electrones, es decir está cargado positivamente, al tocar cada una de las esferitas le

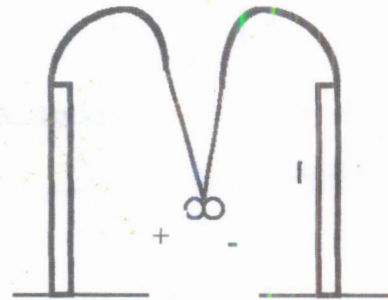


sustraer sus electrones periféricos y a su vez cada esfera, como consecuencia, queda cargada positivamente; consecuencia: las esferitas se rechazan.

2.- Se frota la barra de resina (plástico) con el paño de lana, y se tocan las dos esferitas del péndulo; como la barra de resina esta cargada de electrones, al tocar las esferas fluyen los electrones de la resina a las esferas y estas se cargan negativamente; consecuencia: se rechazan.



3.- Se frota la barra de vidrio con la seda y la de resina con la lana, se tocan las esferitas del péndulo con el vidrio y la otra con la resina, las esferitas se cargan una positiva y la otra negativamente, consecuencia: se atraen.



5.7.4 CONCLUSIONES

- a. Al frotar una barra de vidrio con seda, el vidrio queda cargado positivamente y el paño de seda negativamente.
- b. Al frotar una barra de ebonita o (plástico), con un paño, el plástico queda cargado negativamente y el paño de lana positivamente.

- 1.-Explica físicamente lo sucedido en las anteriores afirmaciones.
- 2.- ¿ Cuántas clases de carga eléctrica hay ? ¿ Cuáles son ?

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alonso Marcelo, Finn Edward J. FISICA. Addison-Wesley Iberoamericana
- 2.- Alvarenga Alvarez Beatriz, Máximo Ribeiro da Luz Antonio. FISICA GENERAL CON EXPERIMENTOS SENCILLOS. Harla, Harper-Row Latinoamericana, Mexico.
- 3.- Bueche F. FUNDAMENTOS DE FISICA 2, tercera edición en español. Mc Graw-Hill.
- 4.- Blackwood Oswald H, Kelly Willian C., Bell Raymond M. FISICA GENERAL. Compañía editorial Continental, S.A de C.V. México.
- 5.- .Blatt Frank J. FUNDAMENTOS DE FISICA, tercera edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- 6.- Gofñi Galarza. FISICA GENERAL
- 7.- Giancoli Douglas C. FISICA PRINCIPIOS CON APLICACIONES, tercera edición en español. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- 8.- Halliday David, Resnick Robert, Krane Kenneth S.. FISICA VOLUMEN 2, versión ampliada, tercera edición en español
- 9.- Hewit Paul G. FISICA CONCEPTUAL, Segunda edición. Addison-Wesley Iberoamericana.
- 10.- Luces Noboa Mario, Alban Jaramillo Abel. DEFINICION DE OBJETIVOS EN EL CURRICULUM. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- 11.- Moncada Piedra Guillermo Enrique. FISICA II CONCEPTOS BASICOS. Mc Graw-Hill.
- 12.- Paz Mario, Silva Luis. APUNTES DE ELECTRICIDAD. Universidad Central del Ecuador.
- 13.- Poveda Elva. PEDAGOGIA DE LA EVALUACION. Colección Pedagógica # 1.
- 14.- Serway Raymond A.. FISICA TOMO II, tercera edición revisada. Mc Graw-Hill.
- 15.- Tippens Paul E.. FISICA 2. Mc Graw-Hill.
- 16.- Villegas M., Ramirez R. INVESTIGUEMOS 11. Editorial Voluntad.
- 17.- Zitzewitz Paul W., Neft Robert F., Davids Mark
FISICA II PRINCIPIOS Y PROBLEMAS. Mc Graw-Hill.

