



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO



LABORATORIO DE FÍSICA

FISICA EXPERIMENTAL

PROF. ANGEL MORALES GONZALEZ

ALEATORIEDAD EN LA CANTIDAD FÍSICA (MINIMOS CUADRADOS)

OBJETIVOS:

Al finalizar el experimento el alumno:

Visualizará la aleatoriedad de la variable dependiente como una Población.

Visualizará la dispersión sobre la Línea de Mejor ajuste como otra Población

Calculará las Varianzas (σ^2) de cada una de las dos poblaciones

Aplicará el criterio para determinar la relación lineal entre variables.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

En esta práctica, se abordará el tema de la determinación de la Ley Física y su comprobación cuando se ha detectado o se considera una aleatoriedad en la cantidad física dependiente y una aleatoriedad insignificante o nula en la cantidad física independiente. Esto quiere decir, que es posible detectar valores diferentes de la cantidad física dependiente para un valor fijo de la cantidad física independiente. Ante esta situación, al reproducir el fenómeno por una sola vez y determinar la Ley Física utilizando el procedimiento establecido en prácticas anteriores, es probable que se presenten coincidencias que provoquen que esta ley física no represente adecuadamente el comportamiento real del fenómeno. Para evitar lo más posible estos resultados fortuitos, es conveniente reproducir varias veces el experimento y conjuntar la información de todos ellos para determinar la ley física. El procedimiento estadístico para determinar la ley física en tales casos es el tema de esta práctica que se desarrollará en orden siguiente: En esta práctica se expone lo relacionado con el análisis de varianza, su propósito y sus limitaciones, así como el criterio utilizado para definir la ley física de tipo lineal. En la siguiente práctica se expone una variante cuando el criterio de aceptación no se cumple y de esta forma poder determinar Leyes Físicas de tipo No Lineal.

ANÁLISIS DE VARIANZA.

La varianza (σ^2) es un concepto que pertenece a la teoría de la probabilidad, que representa en términos generales, la aleatoriedad de una variable. Esta varianza es uno de los parámetros más utilizados, junto con el parámetro llamado valor esperado (o valor medio μ), para representar el comportamiento de una variable aleatoria. De tal forma que si se desea comparar el comportamiento de dos procesos o eventos aleatorios con el propósito de demostrar su semejanza o sus diferencias, se puede lograr comparando los valores de sus valores esperados o los valores de sus varianzas. El comparar dos eventos aleatorios es una práctica muy común en la formulación de hipótesis estadísticas. Estas hipótesis estadísticas son afirmaciones o conjeturas acerca de una o más poblaciones o eventos, así por ejemplo, se formulan

hipótesis respecto a la igualdad entre los valores medios o valores de las varianzas de las dos poblaciones. Es decir, se desea saber si las varianzas de dos poblaciones son iguales $(H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2)$ o son diferentes. $(H_0 : \sigma_1^2 \leq \sigma_2^2)$

Debido a que el tamaño de las poblaciones son, en muchos casos infinitas, se procede a estudiar sólo una parte de estas poblaciones (se extrae una muestra) y con el resultado de estos estudios se procede a emitir un juicio sobre la veracidad o falsedad de la hipótesis planteada. Pero estos juicios están expuestos a errores con una probabilidad α , porque no se estudió toda la población, entonces se dice que el juicio de validez o falsedad de la hipótesis tiene un Nivel de Confianza del 100 $(1-\alpha)\%$, lo que equivale a decir que se está en la posición de aceptar una hipótesis como verdadera cuando ésta en realidad es falsa con una probabilidad α .

Por ejemplo, considere dos eventos aleatorios, sea el primero de ellos el evento de la medición de la cantidad física dependiente en un proceso experimental, este evento presenta una aleatoriedad que es posible cuantificar por medio de su varianza. Sea el segundo evento aleatorio el que considere la aleatoriedad que presenta la cantidad física dependiente respecto a la línea de mejor ajuste ($Y = m \cdot X + b^*$), la cual se puede cuantificar calculando su varianza

Es importante demostrar que estos dos eventos tienen varianzas semejantes porque con esto se demuestra que la aleatoriedad en la línea de mejor ajuste es adecuada, ya que su aleatoriedad se puede explicar por la aleatoriedad en la medición de la cantidad física dependiente.

Por estar fuera del alcance de estas notas, no se expondrá en todos sus detalles la prueba de Hipótesis que plantea la igualación de dos varianzas, pero si se aplicaran sus resultados para demostrar estadísticamente que existe una relación lineal entre dos variables.

Supóngase que se tienen dos conjuntos de observaciones (n_1, n_2). Si se establece la hipótesis que las varianzas de los conjuntos son idénticas entonces la relación de sus varianzas es una variable aleatoria con una función $(H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2)$ de distribución de Fisher (f_1, f_2). Donde f_1 son los grados de libertad del numerador y f_2 son los grados $F = \sigma_2^2 / \sigma_1^2$ de libertad de denominador.

VARIANZA EN LA LÍNEA DE MEJOR AJUSTE (σ_{Ly}^2)

Cuando se determina la línea de mejor ajuste para un conjunto de datos experimentales y se traza esta línea sobre la gráfica de dispersión, se observa que la línea de mejor ajuste no pasa sobre todos los puntos experimentales, es decir, se observa una aleatoriedad de los puntos experimentales alrededor de la línea de mejor ajuste. Para cuantificar esta aleatoriedad de la cantidad física dependiente, se utiliza el concepto de Varianza en la línea, σ_{Ly}^2 que es una forma de cuantificar la varianza en la línea de mejor ajuste.

La magnitud de la varianza en la línea, indica la cercanía de los valores experimentales de la cantidad física dependiente con las ordenadas definidas por la línea recta ajustada. Un valor pequeño de esta dispersión indica una gran representatividad y en caso contrario un valor grande indica una pobre representatividad de la línea ajustada. Los términos pobre y gran representatividad son términos subjetivos que es necesario sustituir por términos más adecuados, los cuales están contenidos en el criterio de aceptación que se expone más adelante.

CÁLCULO DE LA DISPERSIÓN EN LA LÍNEA (σ_{Ly}^2)

- Determine la línea de mejor ajuste $Y = m \cdot X + b^*$.
- Determine los valores ajustados de las ordenadas $\hat{Y}_i = m \cdot X_i + b^*$ para $i = 1, \dots, n$.
- Calcule $(Y_i - \hat{Y}_i)^2$ para $i = 1, \dots, n$

d) Calcule
$$\sigma_{Ly}^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

VARIANZA EN LA CANTIDAD FÍSICA DEPENDIENTE (σ_Y^2).

La varianza en la cantidad física dependiente se evalúa por medio de la varianza en la medición de la cantidad física dependiente, para esto es necesario repetir el proceso de medición, en este caso se propone repetir el proceso cinco veces ($k = 5$). Con este procedimiento, se tienen cinco tablas de resultados y cada tabla contiene n parejas de valores ($n = 15$) como muestra la tabla I.1.

n	X _i	Y _i (1)	Y _i (2)	Y _i (3)	Y _i (4)	Y _i (5)	\bar{Y}_i	$\sigma_{Y_i}^2$
1	X ₁	Y ₁ (1)	Y ₁ (2)	Y ₁ (3)	Y ₁ (4)	Y ₁ (5)	\bar{Y}_1	$\sigma_{Y_1}^2$
2	X ₂	Y ₂ (1)	Y ₂ (2)	Y ₂ (3)	Y ₂ (4)	Y ₂ (5)	\bar{Y}_2	$\sigma_{Y_2}^2$
3	X ₃	Y ₃ (1)	Y ₃ (2)	Y ₃ (3)	Y ₃ (4)	Y ₃ (5)	\bar{Y}_3	$\sigma_{Y_3}^2$
:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
n	X _n	Y _n (1)	Y _n (2)	Y _n (3)	Y _n (4)	Y _n (5)	\bar{Y}_n	$\sigma_{Y_n}^2$

Tabla I.1. Tabla de valores originales.

La varianza en la medición de la cantidad física dependiente (σ_Y^2), será la varianza promedio en los quince puntos.

$$\sigma_Y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_{Y_i}^2$$

Donde: $\sigma_{Y_i}^2$ es la varianza en el renglón i-esimo.

En la evaluación de las varianzas y de su comparación, se basa el criterio para determinar la validez de una relación lineal. Una de las varianzas es la referente a la aleatoriedad encontrada en la línea de mejor ajuste, la cual se cuantifica por medio de la Varianza en la Línea (σ_{Ly}^2)

La otra varianza es la referente a la medición de la cantidad física dependiente la cual se cuantifica por medio de la Varianza promedio de la Ordenada (σ_Y^2). Se acepta estadísticamente, que existe una relación lineal entre las cantidades físicas si la Varianza en la Línea (σ_{Ly}^2) es comparable con la Varianza en la medición de la cantidad física dependiente (σ_Y^2)

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Se acepta que existe una relación lineal entre las variables involucradas, dada por la línea de mejor ajuste, si se cumple la desigualdad:

$$\sigma_{Ly}^2 \leq (I.A.) * \sigma_Y^2$$

donde I.A. = Índice de Aceptación

En caso contrario **NO** se acepta que existe una relación lineal entre las variables.

El valor del índice de aceptación define la diferencia máxima aceptada entre las dos varianzas y su valor depende del nivel de confianza definido, por ejemplo, para un nivel de confianza $100(1 - \alpha)\% = 95\%$, se consultan las tablas estadísticas de la distribución de Fisher con $\alpha=0.05$ ($F_{0.05}$) con parámetros $f_1 = n-2 = 13$ y $f_2 = n(k-1) = 60$ con $n = 15$ y $k = 5$, se obtiene un **Índice de Aceptación** de 1.887. Este mismo índice se puede encontrar en la tabla contenida en el Apéndice **A** de este instructivo, de tal forma que el criterio de aceptación queda:

$$\sigma_{L_y}^2 \leq (1.887) * \sigma_Y^2 \quad 1$$

MATERIAL UTILIZADO

Riel de colchón de aire.

Compresor de aire.

Deslizador con acrílico.

Cinta registradora.

Generador de descargas eléctricas.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Movimiento rectilíneo de un móvil sobre un plano inclinado.

1. Considere el dispositivo formado por un riel de colchón de aire en posición inclinada y un deslizador que pueda desplazarse a lo largo de todo el riel. (Figura 1).
2. Formule una hipótesis referente al tipo de movimiento que desarrolla el deslizador.

Hipótesis:

3. Desarrolle el proceso de experimentación en sus seis pasos para verificar la hipótesis planteada, mediante el orden siguiente:
 - a) Considere las cantidades físicas directas del fenómeno: **Desplazamiento del deslizador sobre el riel y el tiempo.**
 - b) Considere al tiempo como la cantidad física independiente (X). Y como cantidad física dependiente (Y) al desplazamiento del deslizador. Verifique el buen funcionamiento del generador de descargas.

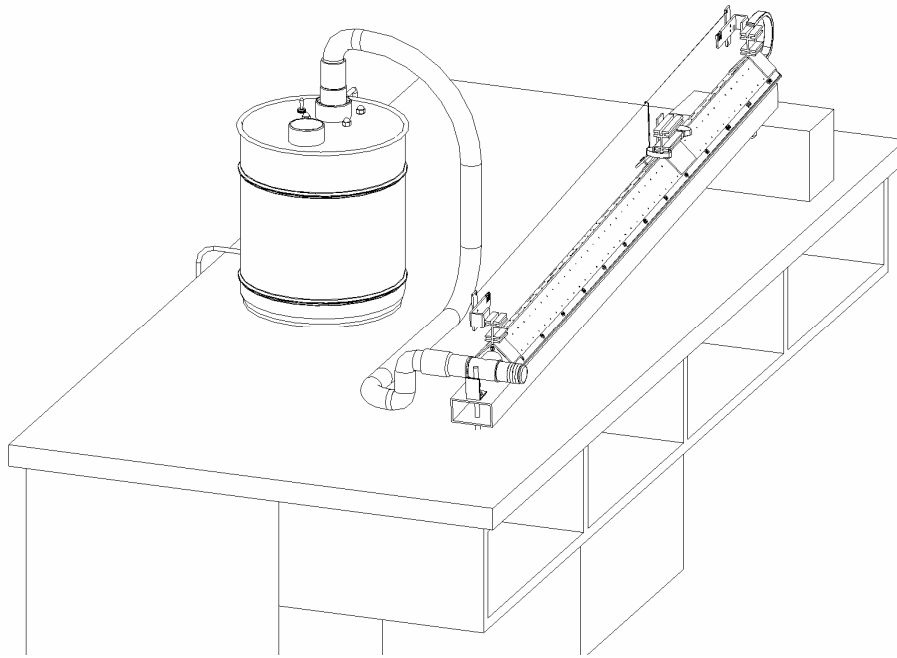


Figura 1. Movimiento de un móvil sobre un plano inclinado

Reproduzca el fenómeno registrando las posiciones en la cinta registradora. El registro de posiciones debe ser desde que el deslizador inicia su movimiento. Anote sus mediciones en una tabla de resultados.

c1. Conjunte las mediciones propias y de los otros grupos de trabajo ($k = 5$) en la tabla 2.

c2. Calcule los Valores Promedio de las Y 's para cada **i-renglón** de la tabla 2.

Por ejemplo:

Para el 1-renglón
$$\bar{Y}_1 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_1$$

Anote los resultados en la tabla 2.

c3. Calcule la dispersión en cada **i-renglón** ($\text{Disp}(Y_i)$).

Para el 1-renglón:
$$\sigma_{Y_1}^2 = \frac{1}{5-1} \sum_{j=1}^5 (Y_1(j) - Y_1)^2$$

En forma análoga efectúe los cálculos restantes, anote sus resultados en la tabla 2.

n	X_i	$Y_i(1)$	$Y_i(1)$	$Y_i(1)$	$Y_i(1)$	$Y_i(1)$	\bar{Y}_i	Disp(Y_i)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Tabla 2. Tabla de valores originales.

c4. Calcule el promedio general de las dispersiones en Y (Disp (Y)).

$$\sigma_Y^2 = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} \sigma_{Y_i}^2$$

4. Construya la gráfica de dispersión con las parejas de valores (X_i, \bar{Y}_i)
5. Interpretación analítica. - Con las parejas de valores (X_i, \bar{Y}_i) , determine la línea de mejor ajuste $Y = m \cdot X + b$.
 - a) Calcule los valores ajustados $\hat{Y}_i = m \cdot X_i + b$. Anote sus resultados en la tabla 3.
 - b) Calcule $(\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2$ para $i = 1, \dots, n$. Anote sus resultados en la tabla 3.

n	X_i		$\hat{Y}_i = m \cdot X_i + b^*$	$(\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Tabla 3. Tabla de valores calculados.

c) Calcule
$$\sigma_{Ly}^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2$$

CARACTERÍSTICAS Y USO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA

OBJETIVOS:

EL ALUMNO:

Identificará la cantidad eléctrica que mide un instrumento de medición.

Describirá las características de un instrumento de medición eléctrica.

Efectuará mediciones eléctricas de intensidad de corriente, voltaje y resistencia.

INTRODUCCIÓN TEORICA

Para poder utilizar adecuadamente un instrumento de medición eléctrica, es esencial conocer los principios básicos de construcción y de funcionamiento, debe considerarse además que el tipo, precisión y exactitud de la medición a efectuar, dependen en cierta medida de los fines para los cuales los datos van a ser utilizados.

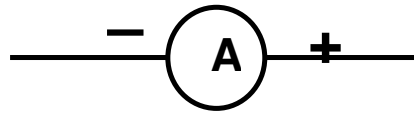
Medir significa comparar una magnitud desconocida con otra considerada como referencia (cantidad patrón o unidad). Las mediciones se pueden efectuar de muy diversas formas, pudiendo llegar a un mismo resultado a través de varios métodos, la elección del método depende además de los conocimientos, también de las posibilidades, así como de las necesidades. Por esta última razón en el laboratorio, donde la solución del problema depende de los resultados obtenidos, es importante conocer y dominar el uso correcto de los instrumentos de medición.

En la mayoría de los casos los instrumentos de medición eléctricos, el mecanismo que transforma la magnitud a medir en el desplazamiento de una aguja indicadora (instrumento analógico) o en un dígito (instrumento digital) es un detector primario de corriente y las mediciones de voltaje y resistencia, se efectúan por medio de arreglos internos de elementos eléctricos, los cuales permiten además obtener diversos rangos de medida.

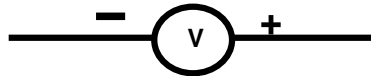
Estableciendo una analogía, la corriente eléctrica puede considerarse como un fluido que se desplaza por un conductor en forma semejante al desplazamiento del agua dentro de una tubería.

El instrumento utilizado para medir la intensidad de corriente eléctrica se le llama AMPERIMETRO y usualmente utilizamos la representación simbólica donde el signo + 0 indican la polaridad del instrumento, para este caso lo que se mide es la cantidad de fluido eléctrico que pasa por una sección transversal del conductor en la unidad de tiempo. En consecuencia el instrumento de medida deberá conectarse de tal forma

que el fluido pase por él. Figura 1



Para medir voltaje (o diferencia de potencial) entre dos puntos de un circuito usamos un voltímetro, el símbolo usual para representar un voltímetro es V y los signos $+$ y $-$ indican la polaridad del instrumento.



Para este tipo de medición no es necesario que el fluido eléctrico pase a través del instrumento, ya que medir diferencia de potencial equivale a medir diferencia de presión entre dos puntos del tubo que conduce el agua, es decir estaríamos midiendo una caída de presión del fluido, esto se ilustra en la figura 2. A esta forma de conectar el instrumento de medida se le llama conexión en paralelo.

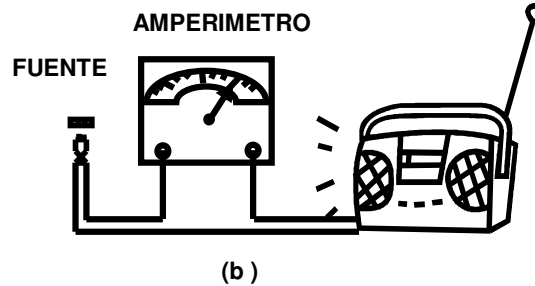
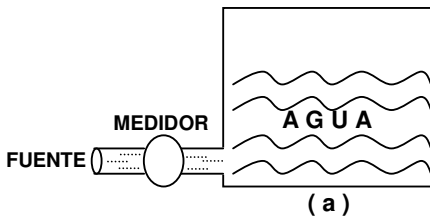


FIGURA 1. Medición de agua en una tubería y medición de corriente eléctrica

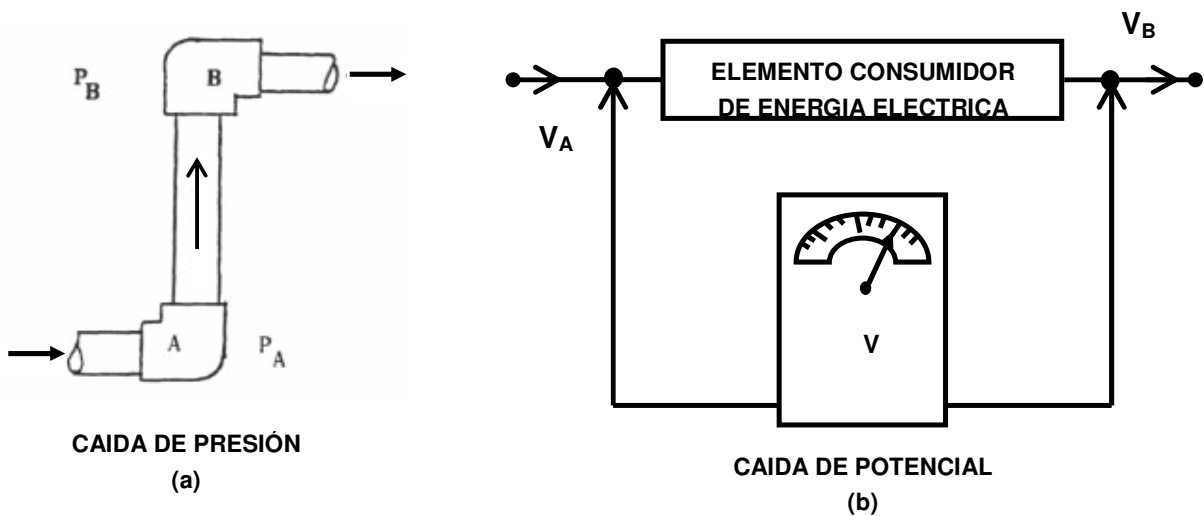


FIGURA 2. Medición de la caída de presión en una tubería y medición de diferencia de potencia en un conductor.

Siguiendo la analogía "agua-intensidad de corriente", la resistencia eléctrica del elemento de un circuito puede ser comparada con la resistencia que presentan las paredes internas de un tubo al paso del agua que circula por el.



FIGURA 3

EQUIPO Y MATERIAL UTILIZADO

1 variador de voltaje de CD con rango de 0 a 25 volts o una fuente regulada.

2 instrumentos universales de bobina móvil

2 carátulas: 0-30 volts en CD y 0 -1A en CD.

1 conjunto de resistencias: 100, 180 y 100 ohm (o otros valores semejantes).

6 cables de conexión caimán-banana.

6 cables de conexión caimán caimán.

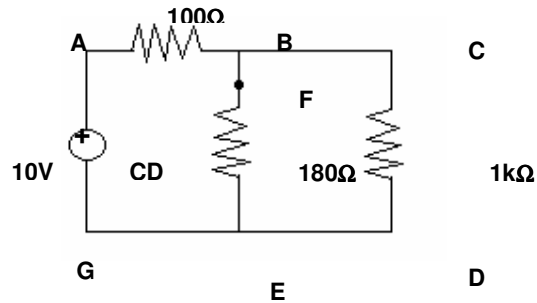
1 proyector de acetatos.

1 pantalla portátil.

UN JUEGO DE TRANSPARENCIA DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN MAS USUALES.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Utilizando un proyector de acetatos, proyecte sobre la pantalla las transparencias de las carátulas que corresponden a los instrumentos de medición mas usual explicando con detalle el significado de cada uno de los símbolos que aparecen en ellas. Recuerde que la carátula de cada instrumento es como la cara de un humano, ella es su identificación.
2. Forme el circuito que indica la figura, procurando que el arreglo de elementos tome la forma de la figura.



Utilizando el instrumento apropiado, efectúe las mediciones indicadas a continuación.

Mida los voltajes entre los puntos: AB, BC, BE y CD.

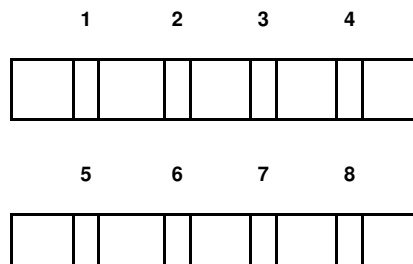
Mida la intensidad de corriente en los puntos: A, F, C, D y G.

Mida la resistencia de cada uno de los resistores de que dispone, así como también la resistencia de un cable.

Considere la toma de voltaje de su mesa de trabajo, mida los voltajes de ellas. Si tiene dudas por favor pregunte.

CUESTIONARIO

1. Dibuje el diagrama de un circuito y sobre este (usando el correspondiente símbolo) represente una medición de voltaje, intensidad de corriente y una de resistencia.
2. ¿Es correcta la indicación para la medición de resistencia efectuada al final de la pregunta anterior? Explique su respuesta.
3. Indique los pasos necesarios que debe seguir para efectuar una medición de Voltaje, intensidad de corriente y de resistencia. ¿son idénticos estos pasos para las 3 cantidades?
4. Explique que pasa si conectamos el amperímetro en paralelo para medir una intensidad de corriente.
5. Explique que pasa si colocamos en serie un voltímetro para medir voltaje.
6. Explique que pasa si colocamos un ohmetro directamente en el circuito para medir resistencia.
7. Usando el código de colores para resistencias indique el valor de cada una de las resistencias mostradas en la figura.



- | | |
|--------------|--------------|
| (1) Rojo | (5) Rojo |
| (2) Negro | (6) Amarillo |
| (3) Azul | (7) Verde |
| (4) Plateado | (8) Dorado |

ELECTRIZACIÓN DE LOS CUERPOS

OBJETIVO: El alumno:

Aprenderá a cargar eléctricamente los cuerpos, distinguiendo cada uno de los procedimientos que existen para electrizarlos: frotamiento, contacto e inducción.

Comprenderá el principio de la ley de conservación de la carga.

Analizará la atracción y repulsión entre cuerpos cargados.

Dado un cuerpo cargado eléctricamente, identificará el signo de su carga.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA:

La materia en su estado natural es eléctricamente neutra, es decir contiene cantidades iguales de "electricidad positiva" y "negativa".

Cuando se frota una barra de vidrio con un paño de seda hay una transferencia neta de "algo" entre ambos objetos. Lo que se transfiere se conoce como electricidad o carga eléctrica y en el frotamiento, los objetos se electrizan o cargan eléctricamente, alterándose de esta forma la neutralidad eléctrica en ellos.

Como sabemos, los electrones pueden pasar de un cuerpo a otro cuando se ponen dos sustancias en contacto muy estrecho; es por ello que al frotar dos cuerpos, se pueden transferir muchos electrones de un objeto a otro. Cuando esto sucede, uno de los cuerpos tendrá un exceso de electrones, mientras que el otro sufrirá deficiencias de ellos. Así el primer objeto se habrá cargado negativamente, mientras que el otro estará cargado positivamente.

Una propiedad muy importante en relación a los procesos de carga eléctrica, es que esta carga siempre se conserva, por tanto en toda interacción o reacción, los valores iniciales y finales de la carga total deben ser los mismos. De donde se concluye que la carga eléctrica total antes de la interacción es igual a la que existe al final de la misma; esto resume en el enunciado: "la carga no se crea ni se destruye". Este hecho se ilustra pictóricamente en la siguiente figura 1.



Figura 1. Generación de cargas eléctricas.

Las cargas eléctricas pueden ser transferidas de un objeto a otro durante el proceso de frotamiento, pero también existen otros medios de efectuar esta transferencia. Los objetos que se hallan cargados influyen sobre otros objetos no cargados, esta influencia puede ser manifestada de dos formas: por inducción y por contacto.

Entre las sustancias que se cargan más fácilmente al frotarlos se encuentran: vidrio, ámbar, baquelita, ceras, franelas, seda, etc... Estas sustancias presentan el comportamiento de los aislantes eléctricos típicos.

Las sustancias metálicas son siempre buenos conductores de la electricidad.

EQUIPO Y MATERIAL.

Péndulo electrostático.

Electroscopio.

Esfera metálica con base aislante.

Paño de seda.

Barra de vidrio.

Barra de poliésterino.

Barra de acrílico.

Barra de baquelita.

Esfera maciza con hilo aislante.

Gancho soporte para barras.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Electrización por frotamiento:

Suspenda una barra de vidrio (sin frotar) en el péndulo electrostático utilizando el gancho soporte para barras, tal y como se muestra en la figura 2.

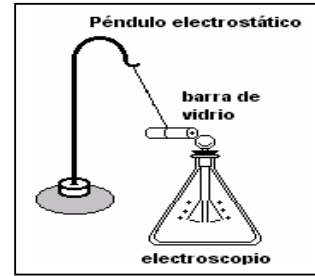
- a.1) A continuación vaya desarrollando el procedimiento indicado y escriba sobre las líneas sus observaciones y/o sus inferencias.



Figura 2. Péndulo electrostática

a.2) Observe que sucede al aproximarle la barra de acrílico y anote sus observaciones:

b.2) El procedimiento seguido en los incisos (b) y (b.1) muestra que el electroscopio es:



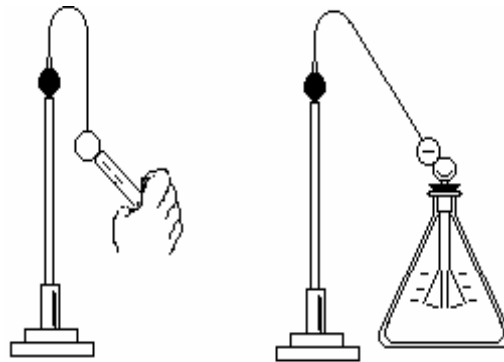
un dispositivo electrostático muy útil en la detección de

Electrización por contacto:

La carga eléctrica que ha adquirido un cuerpo puede ser transferida a otro cuerpo si se pone en contacto con él, a este procedimiento se le llama “electrización por contacto”.

Las cargas positivas significan escasez de electrones y por tanto, siempre atraen electrones; las cargas negativas en cambio. Significan exceso de electrones y siempre rechazan a los electrones.

a) Tome una barra de acrílico, cargada previamente por frotamiento, póngala en contacto con la esfera maciza, estando esta suspendida por medio del hilo aislante de plástica. Enseguida póngala en contacto con la esférica del electroscopio. Repita este último paso pero ahora utilizando la esfera hueca. Escriba sus observaciones e inferencias:



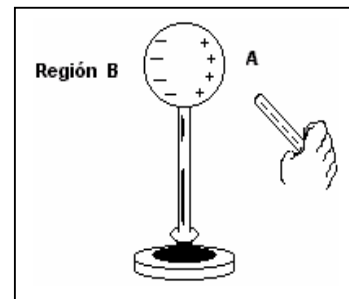
Repita el experimento con la barra de vidrio y anote sus observaciones:

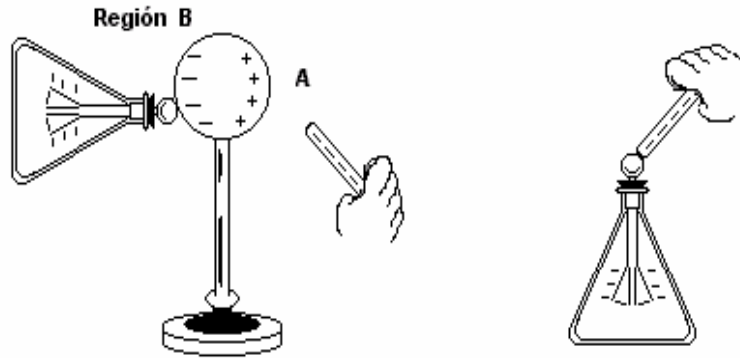
¿Qué conclusión puede obtener de lo observado en ambos incisos?

Electrización por inducción:

Una característica distintiva de los materiales conductores es la de permitir mayor libertad de movimiento a los electrones libres (es decir que se encuentran en la última capa del átomo), que en los materiales llamados aisladores. Esta propiedad puede utilizarse para electrizar los cuerpos por un método de electrización llamado “electrización por procedimiento experimental”.

- a) Tome una barra de acrílico previamente cargada por frotamiento y aproxímela a unos 3cm de la esfera metálica con base aislante, como muestra la figura, evitando el contacto.
- b) Ahora tome el electroscopio y póngalo en contacto con la región B de la esfera metálica sin retirar la barra de las proximidades de la misma figura y anote sus observaciones:





- c) Sin retirar la barra de las proximidades de la esfera, retire el electroscopio, después póngalo en contacto con la misma barra cargada anotando sus observaciones:

Lo anterior indica:

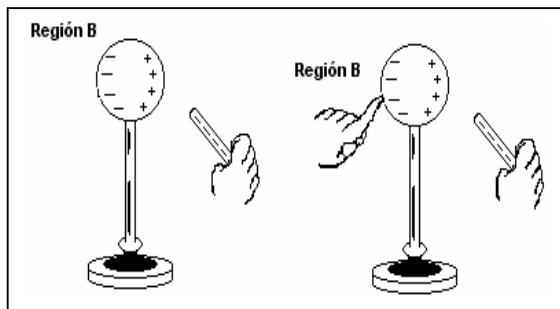
que la carga de la barra es: _____

que la carga que aparece en la región B es: _____

que la esfera ha quedado cargada después de retirar el electroscopio con cargas: _____

que a esta forma de cargar un cuerpo se le llama: _____

En forma semejante al caso anterior, también podemos inducir carga negativa o positiva en la esfera metálica, repitiendo el experimento anterior con cualquiera de las barras, y optamos por hacer contacto en la esfera metálica con un dedo de la otra mano, con lo cual se obtiene la misma transferencia de carga eléctrica inducida.



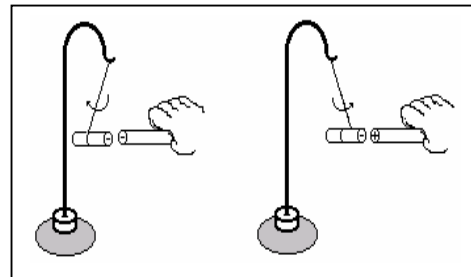
Este último método normalmente hace más visibles los efectos del proceso de inducción.

Existencia de dos tipos de carga eléctrica.

Se puede demostrar que el frotar cuerpos de diferentes materiales, se obtienen dos claves de cargas y que cargas similares o del mismo signo se repelen y cargas diferentes o de signos diferentes se atraen, tal como ha sido establecido en los anales del tema. Esto puede mostrarse a través del siguiente procedimiento:

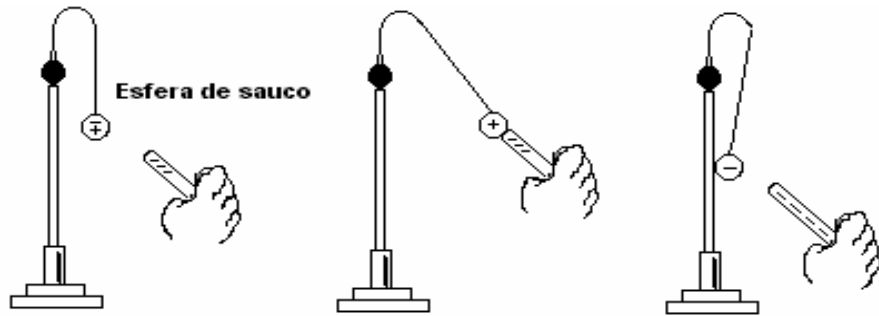
- *Suspenda una barra de acrílico (previamente frotada con lana), del péndulo electrostático, por medio del gancho para barras; a continuación frote otra barra de poliestireno (u otro material) con lana y acerque las dos partes frotadas de ambas barras, anote sus observaciones:*

- *Frote una barra de vidrio y acérquela a la parte frotada previamente de la barra de poliestireno suspendida del péndulo electrostático, escriba sus observaciones y conclusiones:*



Es un hecho experimental comprobado, que una barra de vidrio después de ser frotada con un paño de cualquier material, adquiere una carga eléctrica positiva. En consecuencia esta carga positiva en la barra de vidrio puede tomarse como un “patrón” que nos permita conocer la clase de carga que ha adquirido un objeto cualquiera al frotarse, simplemente observando si existe atracción o repulsión entre el objeto y la barra de vidrio, como se observó anteriormente.

También puede utilizarse como procedimiento detector, una esfera de médula de sauco cargada (por contacto) previamente con una barra de vidrio y suspendida del péndulo electrostático, como se indica en las siguientes figuras:



Procedimiento experimental:

Utilizando cualquiera de los dos métodos de identificación de carga antes descritos, investigue el signo de la carga de los siguientes cuerpos y anote sus comentarios:

La barra de poliestireno frotada con lana se carga: _____

El peine frotado en el pelo se carga: _____

La barra de vidrio frotada con seda se carga: _____

Conclusiones:

Cuestionario.

1. ¿Cómo interpreta el principio de la conservación de la carga eléctrica, cuando interacción dos cuerpos al ser frotados?
2. ¿Qué sucede cuando se toca una barra electrizada para descargarla? Explique detalladamente usando figuras.
3. Describa al electroscope y explique como funciona.
4. Si la esfera metálica hueca que usa en los experimentos estuviese construida con material aislante, ¿se podría cargar usando el método de electrización por inducción?
5. De los diferentes cuerpos utilizados en los experimentos, ¿cuáles son malos conductores y cuáles son buenos conductores y porqué?
6. De lo observado en su experimento de que existen dos tipos de carga, ¿a qué ley cualitativa nos conduce? Explique.
7. Con los materiales e instrumentos usados en la práctica, ¿cómo se podría comprobar si un cuerpo es conductor o aislador por medio de un experimento?
8. Una barra de vidrio está cargada positivamente:
9. si atrae a un objeto ¿se puede aseverar que el objeto está cargado negativamente?
10. si repele al objeto, ¿se puede aseverar que el objeto está cargado positivamente?
11. Se afirma que una barra aislada tiene carga eléctrica, ¿cómo podría verificarlo y determinar el signo de esa carga utilizando los instrumentos y materiales con que se cuenta?
12. Explique qué sucede cuando se transfiere carga positiva, por contacto, a una esfera metálica descargada, con una barra cargada positivamente; y qué sucede cuando se transfiere carga negativa por contacto, a una esfera metálica descargada, con una barra cargada negativamente.
13. Si acerca una barra de poliestireno cargada a una esfera metálica sin hacer contacto, describa por medio de un dibujo, la distribución de cargas que se tienen ahora en la barra y en la esfera metálica.
14. Explique la diferencia, si existe, entre inducción de carga y carga por inducción.

CAMPO ELECTRICO Y POTENCIAL ELECTRICO

OBJETIVOS:

El alumno, dado un cuerpo electrizado será capaz de:

Detectar la existencia de campo eléctrico.

Analizar el efecto que este campo ejerce sobre un material colocado dentro de él.

Obtener una descripción gráfica del campo eléctrico para diferentes arreglos de electrodos.

Medir el potencial electrostático en puntos cercanos a la superficie de un conductor esférico.

Determinar la relación entre el potencial electrostático y la distancia al centro de la configuración de carga.

Determinar una relación entre la magnitud de la intensidad del campo eléctrico en un punto y la distancia de este punto al centro de la configuración de la carga.

INTRODUCCION TEORICA.

Se ha visto en experimentos como al frotar una barra de vidrio adquiere la propiedad de atraer pequeños pedacitos de papel u otro objeto que haya sido frotado previamente; un aspecto relevante de esta interacción (*fuerza*) es que esta se lleva a cabo sin que haya contacto entre los objetos en cuestión, es decir a través del espacio, a esta interacción se le conoce como interacción a distancia, ya que no es necesario que los objetos se toquen. Ahora, para que un objeto sienta la presencia de otro sin que se toquen, es necesario que ambos tengan las mismas propiedades, esto es, en el caso gravitacional, masa; en el caso electrostático, carga eléctrica.

Así que, tomando como referencia cualquiera de los objetos de estudio, este modificará el espacio a su alrededor a este espacio rodeante que ha sido modificado se le conoce como "campo"; en el caso gravitacional se le llama "campo gravitacional" y en el electrostático "campo eléctrico". Ahora cuando un *objeto prueba* entra en el campo de *objeto referencia* o generador, entonces éste último sentirá la presencia del otro, mediante una atracción o una repulsión.

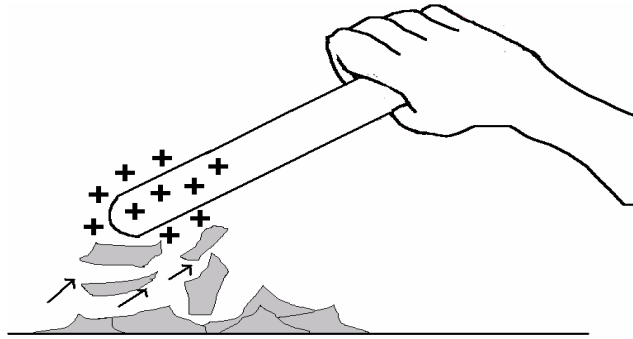


Figura 1. Campo eléctrico

Así se puede definir cualitativamente a ese algo que rodea aun objeto electrizado como un campo eléctrico (fig. 1), a la magnitud de este campo eléctrico lo denotaremos por **E**. Ahora el concepto de campo, es un concepto matemático, el cual se define a base de ciertas propiedades que tiene el campo. Así que el campo eléctrico **E** es un campo vectorial, por lo que para estudiarlo se tienen que medir su magnitud (*tamaño*), dirección y sentido; pero esto no es posible; así que para estudiarlo debemos hacer una medición indirecta mediante el concepto de diferencia de potencial.

La diferencia de potencial (ΔV) en términos prácticos se conoce como voltaje y es medido mediante un voltímetro, y la relación entre la magnitud de **E** y ΔV es una relación directamente proporcional. Esta función se define en términos del trabajo realizado al desplazar una carga pequeña y positiva dentro de un campo eléctrico. Para encontrar una relación explícita entre **E** y **V** como lo requiere el procedimiento experimental se hace lo siguiente:

Se consideran dos puntos muy cercanos dentro del campo; debido a su cercanía, el campo eléctrico en ambos no será muy diferente, así se puede tomar a **E** (*campo promedio*) como el valor del campo en el centro del intervalo, de acuerdo a esto, la diferencia de potencial entre dos puntos será aproximadamente:

$$\Delta V = E \Delta r \dots\dots\dots (1)$$

Donde **E** es la magnitud del campo eléctrico en el centro del intervalo. La relación anterior permite determinar el campo eléctrico midiendo la diferencia de potencial entre dos puntos cercanos.

Otra forma de cuantificar aproximadamente **E** la ideó M. Faraday, es una forma gráfica de visualizar este campo a través de sus llamadas “ líneas de fuerza”, líneas que deben dibujarse de acuerdo a los siguientes lineamientos considerando una carga positiva pequeña colocada en el punto (*o puntos*) donde se van a dibujar éstas:

1. La dirección de la tangente a una línea de fuerza debe coincidir con la dirección de la fuerza que genera el campo en ese punto.
2. La cantidad de líneas por unidad de área (*densidad*) debe ser proporcional a la

magnitud del campo en una región determinada.

3. El sentido de estas líneas queda determinado por el sentido de la fuerza que experimenta la carga colocada en cada punto.

Se debe tomar en cuenta que estas líneas de fuerza son solo una conceptualización gráfica que permite una visualización sencilla del campo eléctrico.

Una forma experimental de “materializar” estas líneas se puede llevar a cabo por el efecto de inducción que ejerce este mismo campo sobre un material conductor o bien el efecto de polarización que ejerce este mismo campo sobre un material dieléctrico, cuando ellos se “sumergen” en el campo eléctrico. Estos efectos se ilustran en la figura 2.

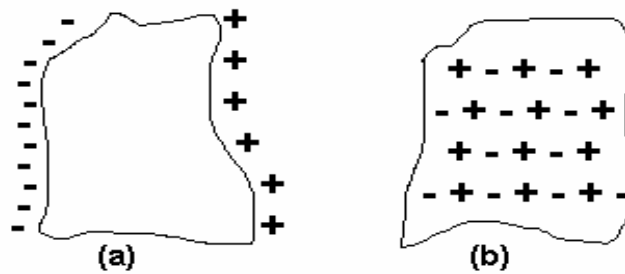


Figura 2. Efecto de un campo eléctrico uniforme sobre una material conductor (a) y un dieléctrico (b).

Es obvio que a pesar de que la carga que aparece en ambos casos es de magnitud, habrá un par de fuerzas y una fuerza neta actuando sobre el objeto que se encuentra dentro del campo, el efecto de estas fuerzas será; i).

Una rotación del objeto alrededor de su centro de masa, y i) una probable traslación del objeto hacia la acumulación de carga y la viscosidad del medio. Si se tienen muchos objetos (por ejemplo Aserrín, figura 3) sumergidos dentro del campo eléctrico el efecto i) formará las líneas de fuerza.

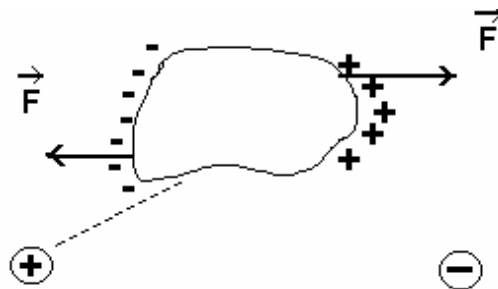


Figura 3. Rotación y traslación de la partícula de aserrín por efecto del campo eléctrico.

Ahora como el campo eléctrico ya es posible encontrarlo, entonces se puede definir un flujo eléctrico Φ_E , es decir una cantidad de líneas que atraviesan una superficie,

$$\Phi_E = \int \mathbf{E} \cdot \mathbf{A} \cos \theta = E A \cos \theta$$

donde θ es el ángulo que hacen el vector de área y el vector de campo eléctrico.

Cuando el flujo eléctrico se multiplica por la constante electrostática ϵ_0 , se tiene la carga eléctrica, entonces, $\epsilon_0 \Phi_E = Q$, cuando la superficie es cerrada y ésta encierra una carga, se tiene la Ley de Gauss. Aquí a la superficie se le conoce como *superficie gaussiana* o *superficie envolvente* y la carga es la carga encerrada.

Equipo y Material a utilizar:

Un generador electrostático.

Un voltímetro electrostático.

Una esfera conductora hueca.

Una sonda eléctrica con cable.

Un péndulo electrostático.

Un electroscopio (o electrómetro).

Una vela.

Una cuba electrostática, aceite de ricino y aserrín.

Un proyector.

4 juegos de electrodos.

4 cables caimán-caimán. (1m)

4 cables banana-caimán. (1m)

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

1ª parte. “Detección del campo eléctrico indirectamente”. (Ver figura página siguiente).

P1.1. Conecte la esfera hueca a la terminal positiva del generador electrostático.

P1.2. Active el generador eléctrico a su máximo.

P1.3. Con el electroscopio verifique que la esfera hueca este electrizada.

P1.4. Acerque el péndulo electrostático a la esfera hueca, sin que la esfera de esta toque la esfera hueca. Tome nota del efecto que se produce en el péndulo electrostático.

P1.5. Repita la instrucción anterior en puntos radialmente simétricos a la esfera hueca. Para esto coloque la esfera hueca sobre la cartulina.

P1.6. Acerque nuevamente el péndulo electrostático a la esfera hueca, pero esta vez

que la esferita del péndulo toque la esfera hueca. A continuación separe el péndulo de tal forma que la esferita quede entre 8 y 10 cm de la superficie de la esfera hueca; observe y tome nota del efecto que produce.

P1.7. Coloque el péndulo a una distancia donde se aprecia claramente el efecto observado en (P1.4). A continuación desactive el generador (*no lo descargue*). Observe y anote el comportamiento de la esferita del péndulo electrostático.

2ª parte. “Materialización de las líneas de fuerza”.

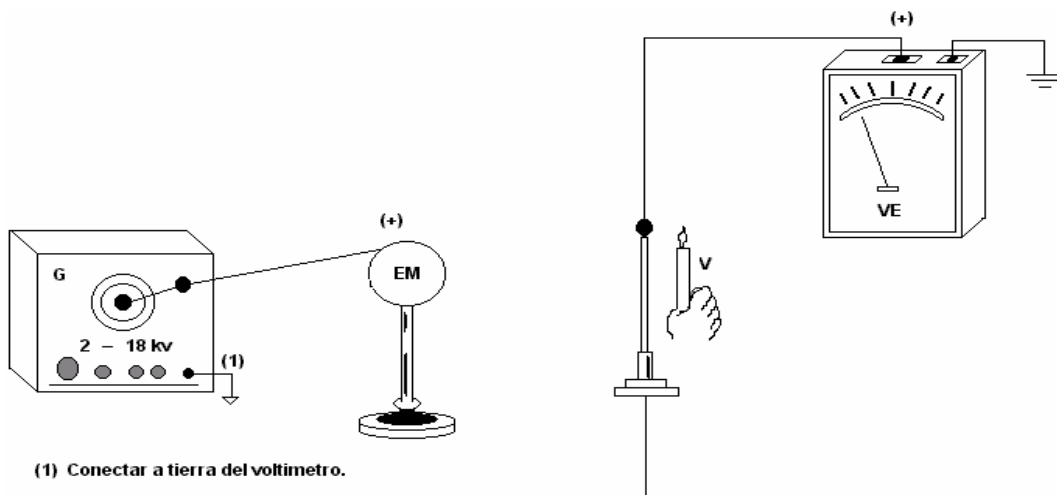
P2.1. Asiente el recipiente sobre el proyector, coloque dos electrodos semejantes en el recipiente, uno frente al otro separados unos 5 cm y conecte estos a las terminales del generador.

P2.2. Vierta un poco de aceite en la región entre los electrodos a continuación disperse uniformemente un poco de aserrín sobre el aceite y active el generador electrostático.

P2.3. Enfoque el proyector y observando cuidadosamente analice la configuración e intensidad del campo eléctrico (*de acuerdo a la correspondencia: mayor densidad de líneas mayor magnitud de campo eléctrico y viceversa*) en las diferentes regiones que caracterizan el arreglo de electrodos.

En una hoja aparte, anote sus observaciones.

P.2.4. Repita el procedimiento anterior para cada uno de los pares (*juegos*) de electrodos de que dispone, ponga especial atención en el arreglo de electrodos circulares concéntricos.



ARREGLO EXPERIMENTAL

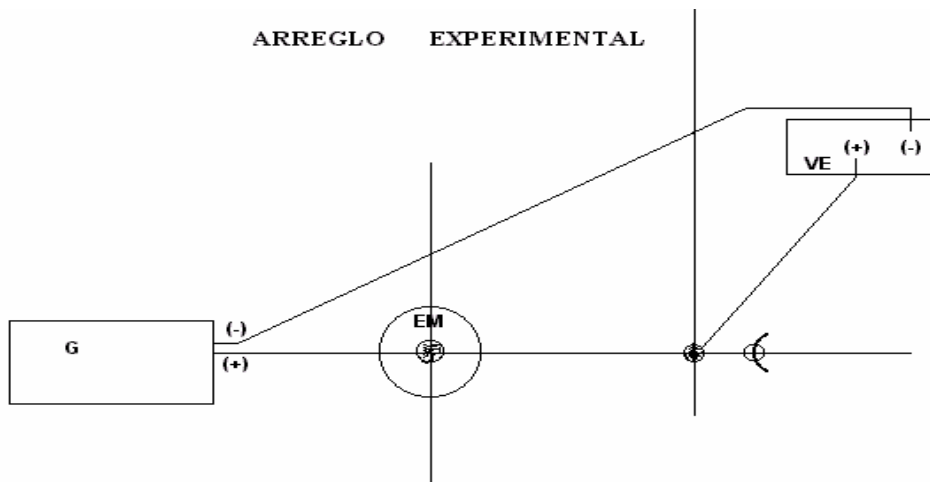


DIAGRAMA DEL ARREGLO EXPERIMENTAL

3ª parte. Comportamiento del campo eléctrico en las cercanías de un conductor esférico electrizado.

P3.1. Conecte la terminal positiva del generador electrostático (**GE**) a la esfera hueca (**EH**). Conecte la terminal positiva del voltímetro electrostático (**VE**) a la sonda (**Z**) y su terminal negativa (*tierra*) a la terminal negativa del generador. Vea la figura y el diagrama anexos.

P3.2. Active el generador a su máximo y espere a que se estabilice. Para verificar que está estabilizado bastará colocar la sonda a unos 18 cm de la esfera hueca, la estabilización de la aguja del voltímetro electrostático indicará que la carga en la esfera hueca es constante, es decir, la pérdida de carga en la esfera hueca es aproximadamente igual a su ganancia.

P3.3. Una vez estabilizado el generador coloque la sonda a 30 cm del centro de la esfera hueca en la línea que forma la esfera hueca y el generador de la banda (*ver diagrama*).

P3.4. Pase en dos ocasiones la flama de la vela (**V**) a 3 cm de la sonda (*ver diagrama*), procurando que esta operación la efectúe una sola persona, ya que la intervención de otra modificará la cantidad que se está midiendo. Observe y tome nota del comportamiento de la aguja indicadora del voltímetro electrostático.

P3.5. Vaya acercando la sonda a la esfera hueca, a intervalos de 2 cm repitiendo en cada paso la instrucción (P3.4.). Tome nota de los valores de la distancia que guarda la posición de la sonda con el centro de la esfera hueca y del potencial que indica el voltímetro electrostático.

V									
r									

OBSERVACIONES. Es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Las distintas manejadas en este procedimiento deben ser ajustadas de acuerdo a las condiciones ambientales.
- Al efectuar la instrucción (P3.4.) se elimina la carga indicada a la sonda al pasar la flama cerca de ella, con esto la sonda adquiere aproximadamente los valores de potencial correspondientes a los puntos en que es colocada.
- Se debe procurar que la persona que efectuará la instrucción (P3.4.) no cambie mucho su posición y que otra tome nota de las lecturas que indica el voltímetro.
- En la instrucción (P3.5.) al acercamiento máximo de sonda a la superficie de la esfera hueca (□15cm) se determina cuando la aguja del voltímetro rebasa su lectura máxima (7.5 kv).

GUIA DE ANALISIS.

1ª Parte.

- G1.1.** En el punto (P1.4) describa el efecto observado y explique lo más detallado posible las causas que lo originan; mencione como es el efecto en puntos simétricos.
- G1.2.** Con las observaciones del punto (P1.6.) y las condiciones estáticas del péndulo; exprese la tensión en el hilo que sostiene a la esférica en términos de la carga del péndulo (q), la carga de la esfera hueca (Q), peso de la esferita (W) y ángulo de deflexión del péndulo (θ).
- G1.3.** Referente al punto (P1.7.) explique las causas que originan el fenómeno observado.

2ª Parte.

En una hoja aparte dibuje la configuración de las líneas de fuerza y el vector de intensidad de campo eléctrico en un punto cualesquiera de cada una de las diferentes regiones que presentan en el arreglo de electrodos rectangulares.
Repita la actividad anterior para cada uno de los distintos arreglos de electrodos.

3ª Parte.

Con las mediciones obtenidas en (P3.4. y P3.5.) del procedimiento:
Haga una gráfica de V vs $1/r$ y determine la ley física experimental.
Investigue en su libro de texto una expresión para el potencial generado por una carga puntual
Por comparación de la ley física experimental y la teórica, enuncie físicamente el significado de m y b .

- G.3.2.** Use los valores de V y r en dos puntos consecutivos y:
Con la expresión (1) determine la magnitud del campo eléctrico (E) en el centro del intervalo y el valor de r en ese punto (*valor medio*).
Grafique los valores obtenidos de E contra $1/r^2$ y determine la ley física.
Investigue en su libro una expresión para el campo eléctrico generado por una carga puntual.
Repita inciso (c) de (G3.1.).
Determine el flujo eléctrico sobre la superficie de la esfera hueca, asumiendo toda la carga concentrada en el centro de ésta.

CUESTIONARIO.

1. ¿A qué se llama efecto de acción a distancia?
2. ¿El campo eléctrico tiene alguna relación con este efecto de acción a

distancia?

3. ¿Qué cantidades físicas sería necesario medir para determinar magnitud del campo eléctrico utilizando las condiciones estáticas del péndulo, observadas en (P1.6.) del procedimiento?
4. Mencione los instrumentos y la forma en que mediría las cantidades mencionadas en el punto anterior.
5. Tomando la referencia al efecto observado en (P1.7.) de procedimiento, si se mide el tiempo que tarda en caer, el ángulo inicial y la masa de la esferita. ¿Se podrá determinar el ritmo de pérdida de carga del sistema péndulo-esfera hueca? De ser posible determínelo.
6. Si las líneas de fuerza son imaginarias entonces ¿qué es lo que se observa en la cuba electrostática? Explique su respuesta.
7. En el fenómeno de polarización, ¿hay desplazamiento de electrones?
8. Describa detalladamente el movimiento que efectúa el aserrín cuando se realizan los puntos (P2.2. y P2.3.) del experimento.
9. Discuta las siguientes posibilidades: a) usar agua en lugar de aceite y b) limadura de hierro en lugar de 2cm aserrín.
10. Con referencia al punto (P2.4.) del procedimiento, ¿a qué se debe que la intensidad del campo tenga el valor observado en el interior del aro más pequeño?
11. En el punto (P3.4.) del procedimiento, ¿a qué se debe el efecto observado en el sistema sonda-voltímetro antes de pasar la flama?, y ¿después de pasar la flama cerca de la sonda?
12. ¿Por qué al pasar la flama cerca de la sonda se elimina la carga inducida que había aparecido en esta?
13. En las mediciones de potencial efectuadas en el punto (P3.5.) del procedimiento, ¿influye el tamaño de la esferita metálica de la sonda en los valores obtenidos? Argumente su respuesta.
14. Discuta la validez del siguiente enunciado: “un conductor adquiere el potencial del punto donde se coloca”.
15. ¿Qué podría decir acerca de la utilidad de mediciones de potencial efectuadas a distancia menores de 15 cm, distancia marcada como de máximo acercamiento? En (iv) de las observaciones?
 - a) ¿qué suposiciones se deben establecer para que sea factible una comparación entre la ley física encontrada en (G3.1a) y la expresión investigada en (G.3.1b). Enumere esta y discuta cada una de ellas. b) en base al inciso anterior calcule la carga de la esfera.
16. ¿Qué suposiciones se deben hacer para que sea factible una comparación entre la ley física encontrada en (G3.2b) y la expresión investigada en (G3.2c); enumérelas y discuta cada una de ellas.

Capacitor de placas planas y paralelas

Objetivos del Experimento:

Durante el desarrollo de la práctica el alumno:

Aplicará los conocimientos adquiridos de electrización, campo eléctrico y ley de Gauss en el estudio del Capacitor.

Determinará y Evaluará las leyes físicas que rigen el comportamiento del capacitor.

Determinará las constantes de permitividad relativa del aire y de algún otro material.

Evaluará el experimento por comparación de los valores obtenidos contra valores calculados.

Cuantificará y analizará la variación de la capacitancia al variar la separación de sus placas.

INTRODUCCION TEORICA.

Una de las conclusiones más importantes de la ley de Gauss es la siguiente: “Tome un cuerpo amorfo, el cual tiene una carga eléctrica diferente de cero, distribuida sobre su superficie”. Ahora, para determinar la magnitud del campo eléctrico generado por ésta distribución de carga, se aplica la ley de Gauss; para ello envuelva el cuerpo amorfo con una superficie tal, que tenga la misma forma del cuerpo, asegurando de esta manera que el vector **E** y el vector son paralelos, por tanto

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = Q_{\text{ENCERRADA}}$$

pero la distribución de carga es una distribución superficial **s** por lo que,

$$Q_{\text{ENC}} = s A_{\text{CUERPO}}$$

así que,

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = s A_{\text{CUERPO}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \frac{A_{\text{CUERPO}}}{A_{\text{ENVOLVENTE}}}$$

cuando $A_{\text{ENV}} \gg A_{\text{CUERPO}}$ se acerca mucho en valor al área A_{CUERPO} , estos cuando queremos calcular el valor del campo eléctrico muy cerca del cuerpo amorfo entonces,

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \dots\dots\dots (1)$$

si o no cambia en el tiempo, es decir, el sistema está “aislado” del resto del universo (sistema cerrado), por tanto **E** muy cerca del generados se puede considerar constante. Esto es válido para cualquier tipo de cuerpo cargado.

Los objetivos fundamentales de esta práctica están dirigidos al estudio de un dispositivo llamado capacitor. Físicamente se define el capacitor como dos cuerpos conductores de forma arbitraria cargados con cargas iguales, pero de signo opuesto (fig. 1).

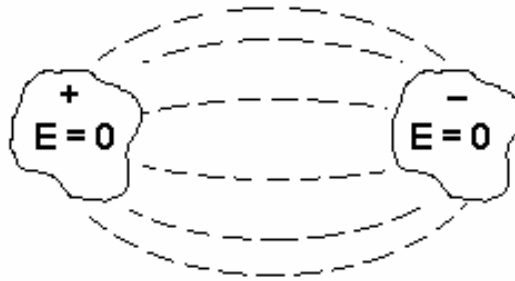


Figura 1. Un capacitor.

Ahora un capacitor de placas paralelas es un par de cuerpos planos con área S , ambos cargados con la misma cantidad de carga eléctrica, pero con signos contrarios, cuando este par de placas se colocan paralelamente, con sus caras viéndose entre sí, separados entre ellos una distancia d se tiene un capacitor de placas paralelas.

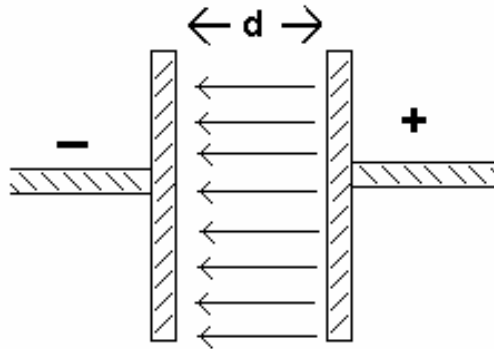


Figura 2. Capacitor de placas paralelas.

Usando el principio de superposición, se puede demostrar que el campo eléctrico de un capacitor de placas paralelas está confinado al interior de las placas y además se puede considerar constante. Ahora este campo está dado en términos de las líneas de campo, y estas líneas almacenan energía eléctrica por lo que la propiedad intrínseca de un capacitor, en general es almacenar energía en términos de líneas de campo eléctrico, a esta propiedad se le conoce como capacitancia.

Esta capacitancia depende de dos parámetros: el área superficial de las placas S y la distancia d entre las placas.

Cuando S crece entonces la capacitancia crece, pues se pueden almacenar mayor cantidad de líneas, manteniendo d constante. Cuando d se hace más pequeño manteniendo el área y la carga constante, entonces las líneas se "cortan" en varios o unos fragmentos, haciendo que la densidad de líneas aumente y por tanto la

capacitancia crece.

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \dots\dots\dots (2)$$

Por tanto,

Ahora, la diferencia de potencial entre las placas, por definición es,

$$\Delta V = - \int \mathbf{E} \cdot d\vec{l}$$

lo cual se puede reducir a,

$$\Delta V = Ed$$

donde **d** es la distancia entre las placas y

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0},$$

por lo que

$$\Delta V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

pero

donde **Q** es la carga en alguna de las placas y **A** es el área de las placas, así que

$$\Delta V = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}, \text{ pero } C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

entonces,

$$\frac{\Delta V}{Q} = \frac{d}{\epsilon_0 A} = \frac{1}{C}$$

así que,

$$\Delta V = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (4)$$

$$(\text{Coul}) \text{ m}^2$$

$$[C] = \frac{V \cdot m}{m} = \frac{\text{Coul m}^2}{V \text{ m}^2} = \frac{\text{Coul}}{V}$$

Las unidades de la capacitancia son:

Se le denomina a la unidad *coul/volt = Faradio* y se le denota por la letra **f**. Por la

magnitud del **faradio** se utiliza más comúnmente el microfaradio (μf) equivalente a una millonésima parte del faradio ($\mu f = 10^{-6} f$). Es conveniente hacer notar que la capacitancia de este dispositivo es independiente de la carga eléctrica que tenga el capacitor en algún momento, solo depende directamente del área de las placas rectangulares e inversamente proporcional a la distancia entre las placas colocadas paralelamente.

También es importante notar que la capacidad de este dispositivo para almacenar carga es limitada, es decir, que no es posible cargar los conductores indefinidamente y mantener válida la relación entre Carga y Diferencia de potencial. El límite se alcanza cuando las cargas negativas se pueden mover, a través de aires que separa a las dos placas y cancelar las cargas positivas de la otra placa, a este efecto se le conoce como **Rompimiento de Dieléctrico**. Este efecto de rompimiento se puede retardar si se coloca un material dieléctrico entre las placas, provocando con ello un aumento en la capacidad del capacitor.

Ante una carga constante del capacitor, la presencia del dieléctrico provoca que el campo eléctrico entre las placas disminuya y como consecuencia la diferencia de potencial también disminuye, de tal forma que para que se cumplan la ec. (1) se requiere que aumente la capacidad **C**.

MATERIAL A UTILIZAR.

- Capacitor Experimental de placas planas y paralelas.
- Multímetro digital.
- Dos cables de conexión para medición de capacidad.
- Diez placas de acrílico
- Un flexómetro.
- Paño de lana.
- Voltímetro electrostático.
- Punta de prueba.

PROCEDIMIENTO.

Primeramente analizaremos las posibles relaciones entre voltaje y distancia y en forma paralela entre carga y voltaje; posteriormente nos ocuparemos de la forma en que se afecta el espacio (*campo*) entre las placas ante la presencia de materiales distintos al aire, entre sus placas, y por último el cambio de la capacitancia con la distancia entre las placas.

Para la primera parte conecte el voltímetro eléctrico a la terminal positiva, localizada al control del aparato en el interior de la funda plástica, a la terminal hembra positiva del capacitor localizada en la placa que se encuentra unida al cuerpo del capacitor por un cilindro de plástico. Así mismo, conecte cualquiera de las terminales negativas del voltímetro a la terminal de la otra placa del capacitor.

Libere el tornillo inferior de control de la perilla con objeto de poder manipular la abertura de separación entre las placas sin necesidad de usar la perilla de control.

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Primer Experimento:

1. Abra las placas a una distancia de 7 cm midiendo la distancia con la escala y vernier situadas en la parte superior del capacitor, y “cargue” el capacitor.
2. Frote la barra de poliesterino con el paño y toque la parte interior de la placa positiva con la barra procurando que este contacto lo haga toda la zona frotada de la barra.
3. Repita el paso 2 hasta que el voltímetro registre 7.5 kv; a partir de este valor disminuya la distancia de separación de 0.5 cm.
4. Anote para cada valor de separación el valor del potencial correspondiente a cada separación hasta obtener una tabulación de al menos 10 pares de mediciones.
5. En caso de que el potencial no se mantenga estable, es decir, que la carga se pierda rápidamente por la humedad en el medio ambiente, cargue nuevamente el capacitor al último valor medido y continúe con el experimento.
6. Una vez terminado éste, retorne el capacitor a una distancia de separación de 7.0 cm y cárguelo, como antes descárguelo con ligeros toques de la punta de prueba hasta obtener un valor de 7.0.
7. Efectúe otro conjunto de mediciones, disminuyendo la distancia de separación como antes.

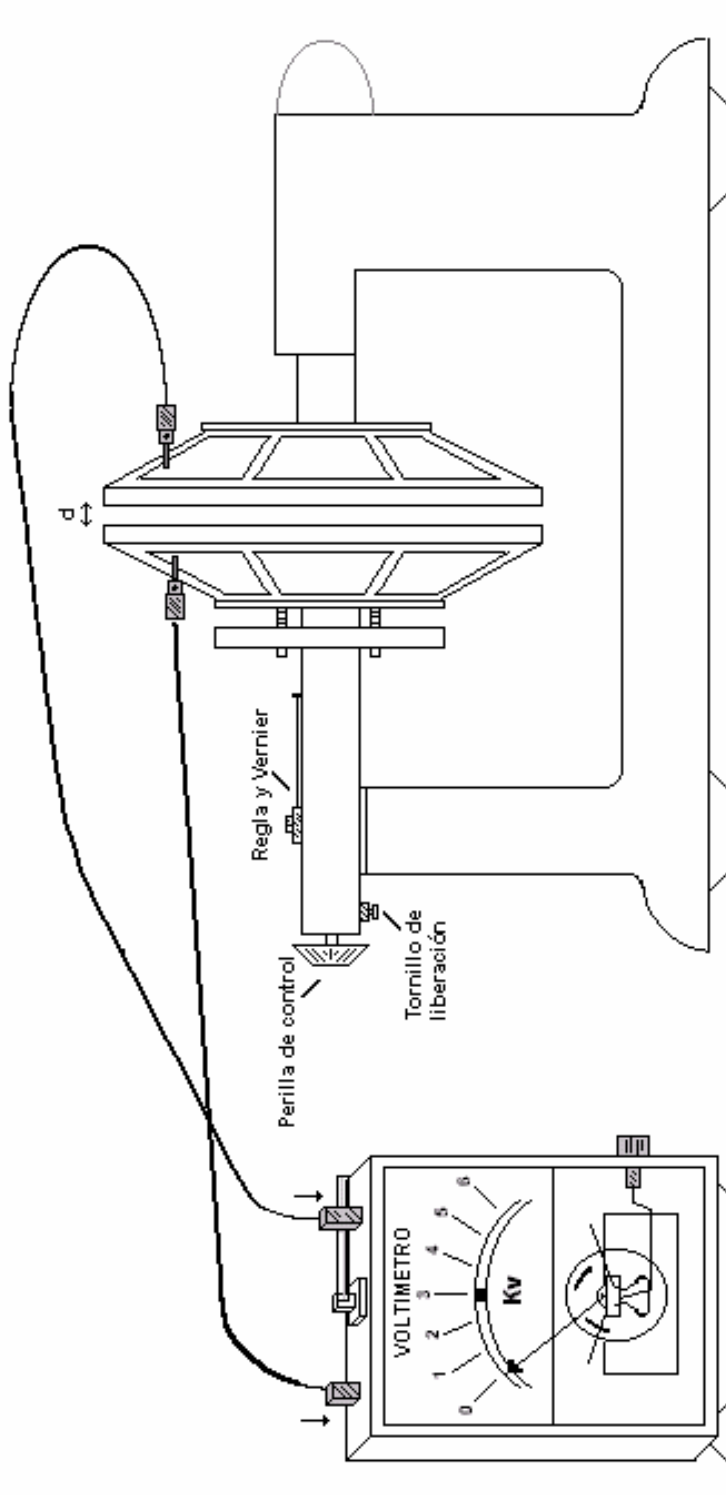


Diagrama del aparato para el estudio del comportamiento físico de dos cuerpos electrizados con cargas de diferente signo, separados por una distancia "d".

8. Repita lo anterior disminuyendo la carga para obtener lecturas iniciales de voltaje que varíen de 0.5 en 0.5 kv haciendo esto hasta concluir un total de al menos diez tabulaciones.

9. Anote sus datos en las siguientes tablas.

i	d (cm)	V¹ (kv)	V² (kv)	V³ (kv)	V⁴ (kv)	V⁵ (kv)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

i	d (cm)	V⁶ (kv)	V⁷ (kv)	V⁸ (kv)	V⁹ (kv)	V¹⁰ (kv)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Segundo Experimento:

1. Abra el capacitor ya conectado al voltímetro en la forma indicada anteriormente, a la distancia necesaria para poder introducir y contener las seis placas de acrílico.
2. Hecho lo anterior, cargue el capacitor con la barra frotada haciendo contacto en la superficie exterior de la placa positiva hasta obtener un valor de 2.5 kv en el voltímetro.
3. Anote el valor de la separación de las placas.
4. Retire todas las placas y anote el valor de la lectura en el voltímetro.
5. Hecho lo anterior, retire una placa de acrílico y cierre el capacitor anotando las lecturas de separación.
6. Repita lo anterior hasta la última placa de acrílico y anote sus mediciones en la tabla siguiente.

Mediciones de Voltaje - Distancia con:

Dieléctrico de Acrílico

i	d (cm)	V (kv)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Dieléctrico Aire

i	d (cm)	V (kv)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

7. Abra el capacitor a la distancia del ancho de los acrílicos y cárguelo hasta el valor anotado anteriormente.
8. Disminuya la distancia en valores adecuados para obtener al menos 10 mediciones de voltaje.
9. Anote sus resultados en la tabla anterior correspondiente.
10. Finalmente, mida el diámetro de las placas del capacitor y conserve ese

dato para su uso posterior.

2a. OPCIÓN:

1. Ensamble el circuito mostrado en la figura.

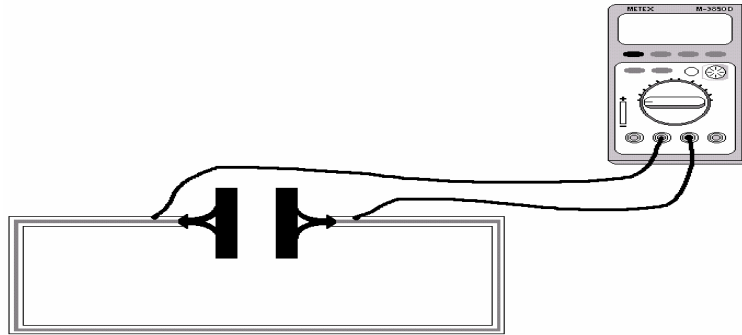


Figura 3. Medición de capacitancia.

2. Mida la capacitancia del dispositivo al ir aumentando la distancia de separación de las placas como muestra la tabla.
3. Repita el procedimiento anterior en dos ocasiones más y anote sus medidas en la tabla

n	Distancia (cm)	Capacitancia ()	Capacitancia ()	Capacitancia ()
1	1.0			
2	1.5			
3	2.0			
4	2.5			
5	3.0			
6	3.5			
7	4.0			
8	4.5			
9	5.0			
10	5.5			

Tabla 1. Datos de capacitancia para diversas distancias de separación

ANALISIS DE DATOS.

1. Grafique los datos de la tabla, considerando las distancias en el eje de las abscisas (*eje horizontal*) y la capacitancia promedio en el eje de las ordenadas (*eje vertical*).
2. Determine los parámetros de la Línea de Mejor Ajuste.
 3. Ordenada al Origen (**b**) = _____
 4. Pendiente (**m**) = _____
5. Mediante un análisis Dimensional determine las unidades de cada uno de los parámetros de la Línea de Mejor Ajuste.
 6. [**b**] = _____
 7. [**m**] = _____
8. En caso de que sea posible, especifique la existencia de una relación lineal (*Ley Física*) entre la capacitancia **C** y la distancia **d** mediante el análisis de varianza. En caso contrario, realice una transformación de alguna de las variables (**Z = 1/d**) y repita el procedimiento de los incisos 2, 3 y 4 hasta determinar una relación lineal entre variables transformadas y como consecuencia una Ley Física utilizando la inversa de la transformación utilizada.
9. Efectúe una comparación entre la Ley Física anterior y la Expresión teórica ec. (1) y determine el valor de la permitividad del aire ($\epsilon_{0(\text{EXP})}$) considerando conocida el área de las placas.
10. Calcule el error en el experimento utilizando el valor experimental de la permitividad del aire calculado anteriormente y el valor generalmente aceptado ($\epsilon_{0(\text{TEO})}$).

2ª parte):

1. Ensamble una vez más el circuito mostrado en la figura 3.
2. Introduzca una placa de dieléctrico y acerque las placas del capacitor hasta que ajusten a éste. Mida la separación de las placas d y anótelas en la tabla siguiente:

SEPARACION d (cm)	CAPACITANCIA C_d (μf)

TABLA 2. Valores de capacitancia con dieléctrico

Encienda el multímetro y mida la capacitancia del capacitor C_d , anotando el valor en la tabla.

Siga introduciendo las placas de acrílico disponibles y mida la distancia de separación de las placas, la capacidad con acrílico. Anote sus mediciones en la tabla.

PARA ELABORAR UN REPORTE ESCRITO DE LABORATORIO

1. GENERALES:

- Número y nombre del experimento.
- Salón, día y hora.
- Fecha de realización del experimento.
- Fecha de entrega del reporte.
- Nombre de los compañeros de equipo.
- Nombre de los profesores.

2. OBJETIVOS:

Escribe los objetivos que consideres más importantes, y que se logran a través de la realización de la práctica.

3. INTRODUCCION TEORICA:

Efectúa un resumen de la teoría que consideres necesaria para explicar los fenómenos realizados.

4. EQUIPO Y MATERIAL UTILIZADO:

Procura dar especificaciones sobre el equipo, tales como: nombre, marca y rango de los instrumentos, etc...

5. PROCEDIMIENTO SEGUIDO:

Indica el procedimiento seguido al efectuar la práctica, explicando las razones por las cuales hayas diferido con el indicado, menciona el rango en que fueron utilizados los instrumentos.

6. DATOS:

Presente todos los datos originales en forma tabular donde sea necesario. Rotula las columnas incluyendo sus Unidades. Incluye en esta columna tanto los datos usados como los descartados y da la razón por la cual fueron descartados.

7. GRAFICAS:

Grafica tus datos en papel milimétrico (o en impresión de PC), rotulando los ejes incluyendo unidades; dibuja curvas continuas a través de los puntos que representan las curvas ajustadas, cuando las haya. Si utilizas una sola hoja de gráfica para representar dos curvas, represéntalas con líneas distintas, interrumpidas y llenas, o distínguelas por color.

8. CALCULOS:

Deriva las fórmulas utilizadas, los resultados deben ser presentados en forma tabular. No en operaciones aritméticas extensas.

9. COMPARACION:

Compara tus resultados con los correspondientes a la bibliografía o valores conocidos y esperados. Si tus resultados difieren con esto, discute sobre las posibles razones que hayan influido.

10. ERRORES:

Estima el error de los números usados en tus cálculos, utiliza consistencia de datos o precisión en los instrumentos de medidas. Menciona las fuentes de error.

11. PREGUNTAS:

Responde todas las preguntas que aparezcan en el instructivo y las que te presente el Profesor durante el desarrollo de la práctica.

12. SUGERENCIAS:

Presenta alguna sugerencia de la manera en que pudieran obtenerse mejores resultados con otro procedimiento.

13. REFERENCIAS:

Efectúa una lista al final del reporte de aquellas referencias sobre cualquier información que hayas utilizado durante el desarrollo del reporte tales como: valores

aceptados, fórmulas, material de texto, etc... dando el nombre completo del libro o revista y los autores del mismo.

REFERENCIAS:

Física general, Tomo I y II, R. Resnick – D. Halliday, Ed. C.E.C.S.A

Física para estudiantes de ciencias e ingeniería, Tomo II, Frederick Bueche, Ed. McGraw Hill.

Física general y experimental, Volumen I y II, Goldember, Ed. Interamericana.

Campos y ondas, Vol. II, Marcelo alonso y Edward J. Finn, Ed. Fondo educativo interamericano.

Tratamiento estadístico de datos experimentales, Hug d. Yong, Ed. McGraw Hill.

Teoría de errores de mediciones, Felix Cernusechi y Francisco I. Gredo, Ed. Universidad de Buenos Aires.

Electric Circuits, Joseph A. Edminister, Schaums Outline Series.

Electronics designers Handbook, Robert W. Landee, Donovan C. Davis, Albert P. Albrecht, Mc. Graw Hill Sook Company.

Electronics, Jacos Millman Ph. D., Samuel Seely Ph, D., McGraw Hill Kogacusha.