

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

MANUAL DEL CURSO DE METODOLOGIA

Y APLICACION DE RADIOISOTOPOS

MAGNITUDES FISICAS

NOCIONES DE ELECTRICIDAD APLICADA

NORMA B. MESSI de BERNASCONI y CATALINA SIGNORETTA

BUENOS AIRES

- 1973 -

Reimpresión 1976

MAGNITUDES FISICAS

LONGITUD. SUPERFICIE. VOLUMEN

El patrón internacional de longitud es el metro. Actualmente éste está definido en base a una propiedad física de carácter óptico del átomo de Kriptón 86.

La centésima parte de esta distancia se llama centímetro y la milésima parte milímetro. También ha sido necesaria la definición del micrón (μ) que se usa para dimensiones pequeñas y que equivale a la milésima parte del milímetro.

Las unidades de longitud surgieron como consecuencia de la necesidad de comparar en una dimensión, objetos de distinto tamaño. De la misma manera, para comparar objetos referidos a dos y tres dimensiones se hicieron necesarias las unidades de superficie y de volumen respectivamente. Por geometría elemental se sabe que las unidades del área de una figura están dadas por el producto de dos unidades de longitud. Así se tiene el m^2 y el cm^2 . Las unidades de volumen de un cuerpo provienen del producto de una unidad de superficie y otra de longitud, teniendo de esta manera el m^3 y el cm^3 .

TIEMPO

La medida del tiempo es esencialmente un proceso de contar. Un fenómeno cualquiera que se repita periódicamente puede usarse como medida de tiempo; la medida consiste en contar las repeticiones de ese fenómeno. La unidad de tiempo del Sistema Internacional de Unidades es el segundo. A partir del año 1967 se ha adoptado como patrón del segundo una cantidad proporcional a la duración de un fenómeno físico óptico característico del átomo de ^{133}Cs .

VELOCIDAD MEDIA

La velocidad media de un cuerpo es la rapidez con que cambia de posición al transcurrir el tiempo. Está expresada por la distancia recorrida en la unidad de tiempo.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}} \quad (1)$$

La magnitud se expresa en unidades de distancia dividida por unidades de tiempo como por ejemplo: m/s.

ACELERACION

La aceleración de un cuerpo es la rapidez con que cambia su velocidad al transcurrir el tiempo.

Si en un instante t_1 una partícula se está moviendo con la velocidad v_1 y un instante después t_2 se mueve con la velocidad v_2 , la aceleración media $\bar{a}$ es la variación de velocidad dividida por el tiempo transcurrido, esto es:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

La magnitud de la aceleración se expresa en unidades de velocidad dividida por unidades de tiempo, como por ejemplo: m/s².

FUERZA

Fuerza es toda acción externa que modifica el estado de movimiento de un cuerpo, es decir que le confiere una aceleración ya que se produce una variación en su velocidad.

Se puede comprobar experimentalmente que cuanto mayor sea la fuerza aplicada, mayor será la aceleración adquirida por el cuerpo, sobre el cual se aplicó la acción. Esto se expresa diciendo que la fuerza es proporcional a la aceleración o sea:

$$F \propto a \quad (3)$$

MASA

Por experiencias simples se puede comprobar que una misma fuerza aplicada a diferentes cuerpos producirá distintas aceleraciones. Así se observa que una fuerza dada producirá mayor aceleración a una pelota de goma que a un automóvil.

La propiedad de un cuerpo que determina el efecto de una fuerza aplicada sobre él se llama masa.

De esto se deduce que la constante de proporcionalidad entre fuerza y aceleración (expresión 3) es la propiedad que se acaba de definir. Por lo tanto se tiene:

$$F = m \cdot a \quad (4)$$

Patrones de masa

Sistema de unidades de fuerza

El patrón de masa, llamado kilogramo masa, es un cilindro de platino que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas en París. A la milésima parte de la masa de este patrón se la llama gramo. El kilogramo se toma como la unidad de masa en el sistema m.k.s. El gramo masa se toma como la unidad de masa en el sistema c.g.s.

En el sistema m.k.s. la unidad de fuerza es la fuerza que produce a una masa de un kilogramo una aceleración de 1 m/s^2 ; esta unidad se llama newton que se abrevia nt.

$$F \text{ (nt)} = m \text{ (kg)} \cdot a \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \quad (5)$$

En el sistema c.g.s. la unidad de fuerza es aquella fuerza que aplicada a una masa de un gramo le produce una aceleración de 1 cm/s^2 ; esta unidad se llama dina.

$$F \text{ (dinas)} = m \text{ (g)} \cdot a \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right) \quad (6)$$

Ya que $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$ y $1 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ cm/s}^2$, se deduce que:

$$1 \text{ nt} = 10^5 \text{ dinas.} \quad (7)$$

Peso y masa

El peso de un cuerpo es la fuerza gravitacional que sobre él ejerce la tierra. Siendo el peso una fuerza, la magnitud del mismo se expresa en unidades de fuerza.

Cuando un cuerpo de masa m se deja caer libremente, su aceleración es la aceleración de la gravedad " g " y la fuerza que actúa en él, es su peso w . Aplicando la expresión (4) se tiene:

$$W = m \cdot g \quad (8)$$

Si la aceleración de la gravedad de un lugar es de $9,80 \text{ m/s}^2$ y la masa del cuerpo es un kilogramo masa, el peso del mismo en el sistema técnico será de un kilogramo fuerza que se escribe kgr.

DENSIDAD Y PESO ESPECIFICO

La densidad de un cuerpo (gas, líquido o sólido) es la relación entre su masa y su volumen:

$$\delta = \frac{m}{V} \quad (9)$$

De la expresión (9) se deduce la magnitud de esta propiedad de los cuerpos.

En el sistema m.k.s. tenemos:

$$[\delta] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

y en el sistema c.g.s.:

$$[\delta] = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

El peso específico de un cuerpo es el cociente entre su peso y su volumen, o sea:

$$\rho = \frac{W}{V} \quad (10)$$

Sus unidades son en el sistema m.k.s.:

$$[\rho] = \frac{\text{N}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2}$$

en el c.g.s.:

$$[\rho] = \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}^2}$$

y en el tónico:

$$[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

TRABAJO

Si se considera un cuerpo cualquiera, se observa que si éste recibe la acción de una fuerza constante se desplaza en una línea recta en la misma dirección de la fuerza. En tal situación definimos el trabajo hecho por la fuerza sobre el cuerpo, como

el producto de la magnitud de la fuerza F por la distancia d que se mueve el cuerpo.

$$T = F \cdot d \quad (11)$$

La unidad de trabajo, es el trabajo hecho por una fuerza unidad al mover un cuerpo una distancia unidad en la dirección de la fuerza. En el sistema m.k.s. la unidad de trabajo es:

$$[T] = \text{newton} \cdot \text{m} = 1 \text{ joule} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

En el sistema c.g.s. la unidad de trabajo es el ergio:

$$[T] = \text{dina} \cdot \text{cm} = 1 \text{ ergio} = \frac{\text{g} \cdot \text{cm}^2}{\text{s}^2}$$

ENERGÍA CINÉTICA

Llamamos energía cinética de un cuerpo, a la mitad del producto de la masa del cuerpo por el cuadrado de su velocidad. Si representamos la energía cinética por el símbolo K entonces:

$$K = 1/2 m v^2 \quad (12)$$

El trabajo hecho sobre una partícula por una fuerza es siempre igual al cambio de energía cinética de la partícula:

$$T \text{ (de la fuerza resultante)} = K - K_0 \quad (13)$$

Siendo:

K : energía cinética en el estado final

K_0 : energía cinética en el estado inicial.

De esto se ve que las unidades de energía son las mismas que las de trabajo.

POTENCIA

Hasta ahora no se ha considerado el tiempo empleado para hacer el trabajo.

Al levantar un cuerpo desde una altura dada se realiza el mismo trabajo ya sea empleando un segundo o un año para ello. Ahora bien, la rapidez con que se hace el trabajo es a menudo más importante que el trabajo total ejecutado.

Se define potencia como la rapidez con que se hace el trabajo. Está expresada por el trabajo total realizado dividido por el tiempo empleado

$$P = \frac{T}{t} \quad (14)$$

En el sistema m.k.s. la unidad de potencia es 1 joule - segundo, que se llama 1 Watt.

$$[P] = \frac{T}{t} = \frac{\text{joule}}{s} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{s^3} = 1 \text{ Watt}$$

En el sistema c.g.s. tenemos:

$$[P] = \frac{T}{t} = \frac{\text{ergio}}{s} = \frac{\text{g} \cdot \text{cm}^2}{s^3}$$

PRESION

Si se hace actuar una fuerza dada sobre la superficie de un cuerpo, se llama presión a la magnitud de la fuerza dividida por el área sobre la cual ejerce su acción. Así se tiene:

$$P = \frac{F}{S} \quad (15)$$

La unidad de presión para el sistema m.k.s. no tiene nombre propio y está dada por:

$$[P] = \frac{F}{S} = \frac{\text{nt}}{s^2} = \frac{\text{kg}}{s^2 \cdot \text{m}}$$

En el sistema c.g.s. se llama baria.

$$[P] = \frac{F}{S} = \frac{\text{dina}}{s^2} = \frac{\text{g}}{s^2 \cdot \text{cm}} = 1 \text{ baria}$$

LONGITUD Y FRECUENCIA DE ONDA

El fenómeno del movimiento ondulatorio se presenta en casi todas las ramas de la física. Todos estamos familiarizados con las ondas en el agua, ya que son de observación fácil. Hay ondas sonoras, ondas luminosas, ondas de radio y otras ondas

electromagnéticas. De hecho, una formulación de la mecánica de los átomos y de las partículas elementales se llama mecánica ondulatoria.

La forma de las ondas se repite periódicamente.

Si los movimientos de las partículas que transportan la onda son perpendiculares a la dirección de propagación de la misma se tiene entonces una onda transversal, por ejemplo cuando una cuerda horizontal sometida a tensión se pone a oscilar para arriba y para abajo en un extremo, avanza por la cuerda una onda transversal; la perturbación se mueve a lo largo de la cuerda, pero las partículas de la misma vibran perpendicularmente a la dirección de propagación de la perturbación (fig. 1).

Se han definido parámetros que caracterizan un determinado fenómeno ondulatorio. Esto es, longitud de onda, período y frecuencia. En la fig. 2 se ha señalado el parámetro longitud de onda λ .

Longitud de onda

Representa la distancia entre dos amplitudes máximas consecutivas. Se simboliza con λ .

Período

Es el tiempo necesario para que la onda avance una distancia igual a una longitud de onda λ , o sea produzca una vibración, de modo que

$$\lambda = v \cdot T \quad (16)$$

donde:

v : magnitud de la velocidad de la onda.

T : período.

Frecuencia

Se la suele indicar con la letra ν y es el número de vibraciones por unidad de tiempo. Por consiguiente, la frecuencia es simplemente el recíproco del período, o sea:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (17)$$

Relacionando esta expresión con la (16) se obtiene:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \quad (18)$$

En el caso de tratarse de ondas electromagnéticas la velocidad que interviene es la velocidad de la luz c y por lo tanto la relación (18) queda:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (19)$$

NOCIONES DE ELECTRICIDAD

INTRODUCCION

Se ha podido comprobar que muchos cuerpos tales como el ambar, el vidrio, el azufre, la ebonita, el lazo, después de ser frotados con un paño, adquieren la propiedad de atraer cuerpos livianos.

Se dice entonces que han sido electrizados por frotamiento. Se acepta que ha aparecido en ellos una cantidad de electricidad o una cierta carga eléctrica.

Carga eléctrica

La carga eléctrica es una propiedad que se atribuye a la materia para explicar el hecho de que ciertas partículas se atraen o repelen entre sí.

Hay dos tipos de carga:

- a) Carga negativa portada por los electrones.
- b) Carga positiva portada por los protones o átomos que han perdido electrones.

Ley de coulomb

Se ha observado que cargas distintas se atraen entre sí y cargas iguales se repelen, con una fuerza que es proporcional al producto de las mismas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Esto queda expresado matemáticamente en la siguiente relación:

$$F = k \frac{q \cdot q'}{d^2} \quad (20)$$

siendo:

F : intensidad de la fuerza de atracción o repulsión.

k : constante que depende del medio que rodea las cargas y del sistema de unidades (en el vacío y usando unidades del sistema c.g.s. la constante vale 1).

q y q' : cargas eléctricas.

d : distancia que separa ambas cargas.

Unidades: La unidad electrostática c.g.s. de carga que se indica l u.e.s (q) es tal que colocada en el vacío frente a otra igual a ella y a 1 cm de distancia la fuerza que aparece por ley de coulomb es de 1 dina (fig. 3).

La unidad práctica de carga eléctrica es el coulomb:

$$1 \text{ coulomb} = 3.10^9 \text{ u.e.s (q)}$$

Campo eléctrico

Se define como campo eléctrico de una carga al espacio formado por puntos tales, que si en ellos se coloca otra carga, aparece sobre la misma una fuerza dada por la ley de coulomb. Por lo tanto campo eléctrico es todo el espacio que rodea a la carga.

El campo eléctrico en un punto de ese espacio es la fuerza que aparece si en él se ubica la unidad positiva de carga eléctrica.

Aplicando la ley de coulomb tenemos:

$$E = k \frac{q \cdot 1}{d^2} \quad (21)$$

Siendo:

E : campo eléctrico.

Si en un punto del campo se conoce el valor de E es evidente que la fuerza que aparecerá al colocar una carga q será:

$$F = E \cdot q \quad (22)$$

La dirección del campo es la dirección con la cual una carga positiva se mueve en el mismo y a esta se denomina líneas de fuerza (fig. 4).

Las líneas de fuerza salen de las masas eléctricas positivas y llegan a las masas eléctricas negativas pues la masa eléctrica positiva utilizada para estudiar el campo es repelida por las cargas del mismo signo y atraída por las de distinto signo.

Trabajo eléctrico

Si una masa eléctrica q se coloca en un punto del campo queda sometida a la acción de una fuerza $F = E \cdot q$.

En un pequeño desplazamiento l de la carga, paralelo a las líneas de fuerza, realizará un trabajo cuya magnitud está dada por la siguiente expresión:

$$T = F \cdot l \quad (23)$$

donde:

T : trabajo eléctrico realizado por la carga.

F : fuerza eléctrica a la que está sometida la carga.

l : desplazamiento de la carga.

Diferencia de potencial

Se llama diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico al trabajo realizado al llevar desde uno de ellos hasta el otro la carga positiva unitaria. Si los puntos son A y B la diferencia de potencial la indicaremos V_{AB} .

Si la carga que se transporta no es $+1$ sino q el trabajo realizado será q veces el anterior.

$$T_{AB} = V_{AB} \cdot q \quad (24)$$

de donde se deduce que:

$$V_{AB} = \frac{T_{AB}}{q} \quad (25)$$

Unidades: En el sistema c.g.s. se tendrá una unidad electrostática c.g.s. de diferencia de potencial cuando al traslado de la unidad c.g.s. de carga corresponda un trabajo de 1 ergio.

$$1 \text{ u.e.s (v)} = \frac{1}{1 \text{ u.e.s (q)}}$$

En el sistema práctico la unidad de diferencia de potencial es el voltio. Entre dos puntos del campo eléctrico hay una diferencia de potencial de 1 voltio cuando al pasar 1 coulomb de un punto al otro el trabajo eléctrico es de 1 joule.

$$1 \text{ volt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}}$$

La relación entre las unidades de ambos sistemas se deduce de la siguiente manera:

$$1 \text{ volt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ u.e.s (q)}} = \frac{1 \text{ erg}}{300 \text{ u.e.s (q)}}$$

$$1 \text{ volt} = \frac{1}{300} \text{ u.e.s. (v)}$$

Potencial de un punto

Se llama potencial de un punto de un campo eléctrico o potencial de un punto de un conductor al trabajo de las fuerzas eléctricas que resulta al llevar la carga +1 desde ese punto hasta el infinito.

Al hablar de potencial en un punto se está expresando en realidad una diferencia de potenciales, el del punto y el de otro infinitamente alejado que tendrá potencial cero.

Como la tierra es un conductor cuyo potencial se puede considerar constante se la toma como referencia para medir potenciales.

Se ha convenido en darle valor cero a su potencial. Aceptando esto se puede definir el potencial de un punto de un campo eléctrico o de un punto de un conductor como el trabajo de las fuerzas eléctricas que se desarrollan al llevar la carga +1 desde ese punto a la tierra.

Capacidad eléctrica de un conductor

Antes de dar su definición veamos que son conductores y aisladores.

Un conductor es todo material en el cual las cargas se pueden mover con facilidad en un campo eléctrico. En forma contraria aisladores son los materiales en los cuales las cargas se mueven con dificultad.

Cuando dos conductores de cualquier forma se conectan a través de una diferencia de potencial se acumula una carga en ambos. Por definición la capacidad eléctrica de un conductor es la razón entre la carga que posee y su potencial.

$$C = \frac{q}{V} \quad (28)$$

Unidades de capacidad: En el sistema electrostático c.g.s. tenemos:

$$1 \text{ u.e.s (c)} = \frac{1 \text{ u.e.s (q)}}{1 \text{ u.e.s (v)}}$$

En el sistema m.k.s. es el faradio o farad.

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}}$$

La equivalencia entre ambas unidades es:

$$1 \text{ farad} = \frac{\text{coulomb}}{1 \text{ volt}} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ u.e.s (q)}}{\frac{1}{300} \text{ u.e.s (v)}} = 9 \cdot 10^{11} \text{ u.e.s (c)}$$

Si se tiene un conductor aislado y cargado, su capacidad se puede calcular dividiendo la carga por el potencial; si luego se le acerca otros conductores sin llegar a tocarlo se comprueba que el potencial del mismo disminuye, y como la carga que posee permanece constante el valor de la capacidad aumenta. Esto quiere decir que la capacidad de un conductor varía al cambiar la posición relativa, con respecto a él, de otros conductores. Cuantos más conductores lo rodean, más capacidad tendrá, y todavía aumenta más la capacidad si los conductores que lo rodean se conectan a tierra.

En este fenómeno se basan los condensadores.

Condensadores: Un condensador consiste en dos conductores ubicados próximos entre sí, separados por una capa de material aislante o dieléctrico. Los dos conductores del condensador se llaman armaduras.

Si se carga una de las armaduras, sobre la otra aparecen por inducción cargas de signo distinto en la zona próxima, e igual en la más alejada.

La capacidad de un condensador está dada por el cociente de la carga de una de las armaduras por la diferencia de potencial entre las mismas:

$$C = \frac{q}{V_1 - V_2} \quad (27)$$

Si la armadura inducida se une a tierra, las cargas de igual signo a las del inductor, pasan a ella y el potencial baja a cero; en este caso la capacidad del condensador será la carga de una de las armaduras dividida por el potencial de la armadura inductora:

$$C = \frac{q}{V}$$

Los condensadores planos están formados por dos planos metálicos, aislados y próximos entre sí. (fig. 5).

Corriente eléctrica

Si se unen por medio de un conductor, otros dos conductores que se encuentran a distinto potencial, luego de esta vinculación el potencial tiende a igualarse en ambos y durante esta nivelación, por el conductor que sirve de unión pasan cargas eléctricas. Se dirá entonces que por él ha circulado una corriente eléctrica.

Si se quiere mantener la corriente eléctrica, habrá que mantener también los dos conductores a distinto potencial; esto se consigue, por ejemplo, uniendo los dos bornes de una pila con un conductor.

La intensidad de la corriente que circula está dada por el cociente de la carga que pasa por una sección del conductor por el tiempo que tarda en circular. O sea:

$$i = \frac{q}{t} \quad (28)$$

La corriente que no cambia su dirección se llama corriente continua y aquella que la cambia periódicamente recibe el nombre de corriente alterna.

Unidad de intensidad de corriente: En el sistema electrostático o.g.s.

$$1 \text{ u.e.s (i)} = \frac{1 \text{ u.e.s (q)}}{1 \text{ s}}$$

En el sistema m.k.s. la unidad se llama ampere o amperio.

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ s}}$$

La equivalencia entre ambos sistemas se obtiene de la siguiente manera:

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ s}} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ u.e.s (q)}}{1 \text{ s}} = 3 \cdot 10^9 \text{ u.e.s (i)}$$

quiere decir que por un conductor circula una corriente de un ampere, cuando por una sección del mismo, en un segundo, atraviesa un coulomb de carga eléctrica.

Resistencia. Ley de Ohm

La corriente que circula por un conductor es limitada por la resistencia del mismo.

La relación entre la diferencia de potencial, la corriente y la resistencia es expresada por la ley de Ohm:

$$i = \frac{V}{R} \quad (29)$$

donde:

i : intensidad de corriente

V : diferencia de potencial en Voltios

R : resistencia.

La resistencia de un conductor está relacionada con su longitud y su área de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (30)$$

donde:

- ρ : constante de proporcionalidad llamada resistividad del material.
 L : longitud del conductor.
 A : área transversal del conductor.

Unidades de resistencia: En el sistema electrostático c.g.s.

$$1 \text{ u.e.s (R)} = \frac{1 \text{ u.e.s (V)}}{1 \text{ u.e.s (I)}}$$

La unidad práctica, que es la más utilizada, es el ohm que se simboliza con

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampere}}$$

Obtenemos la relación entre ambos sistemas de la siguiente manera:

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampere}} = \frac{\frac{1}{300} \text{ u.e.s (V)}}{3 \cdot 10^9 \text{ u.e.s (I)}} = 1,11 \cdot 10^{-12} \text{ u.e.s (R)}$$

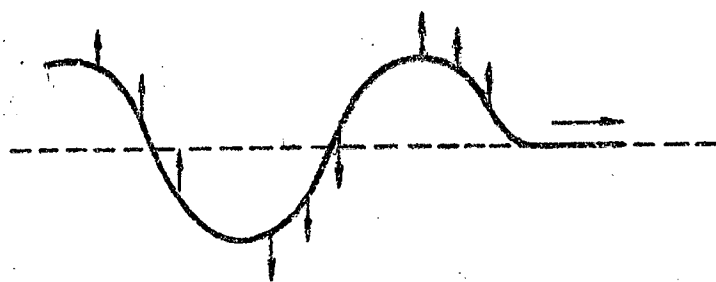


Fig. 1 En una onda transversal las partículas del medio (cuerda) vibran perpendicularmente a la dirección en que se propaga la onda.

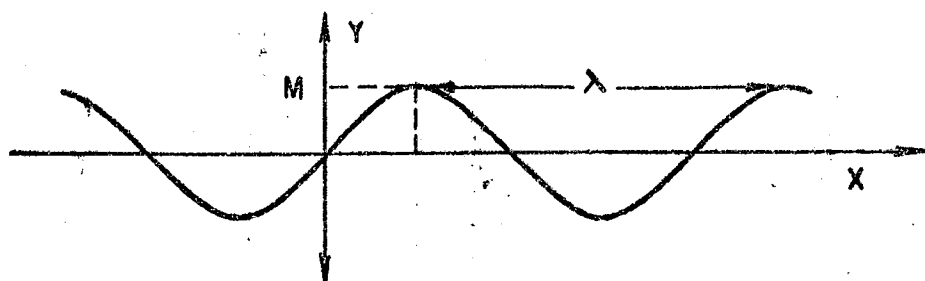


Fig. 2 Representación gráfica de una onda transversal. En ella se ha representado el parámetro λ longitud de onda. M : amplitud máxima.

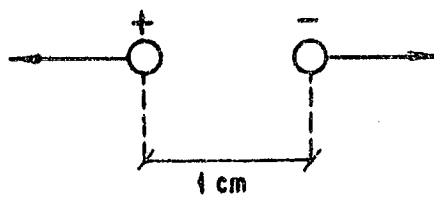


Fig. 3 Definición de unidad electrostática de c.g.s. de cantidad de electricidad.

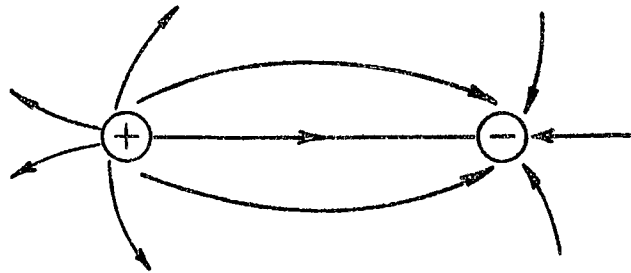


Fig. 4 Líneas de fuerza de un campo eléctrico.

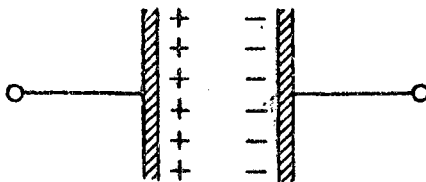


Fig. 5 Condensador plano