58

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DISEÑO DE PRACTICAS DE ESTATICA PARA EL LABORATORIO DE FISICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

MARCIA ELISA LAGO FERNANDEZ

MEXICO, D. F. 1990

INDICE

CAPITULO 1

I N T R O D U C C I O N

El propósito de esta Tesis es ayudar a realizar Física Práctica, para hacer el trabajo de Laboratorio más útil y provechoso.

El trabajo de Laboratorio puede servir para:

1) Reafirmar, verificar y confirmar los conocimientos teóricos de la Física.
2) Proporcionar familiaridad con los aparatos.
3) Proporcionar entrenamiento para efectuar experimentos.

Las prácticas se diseñaran de manera que al alumno se le planteen situaciones y se le formulen una serie de interrogantes que lo induzcan tanto a analizar los resultados como a investigar más sobre el tema, haciendo énfasis especial en tratar todos los temas en la forma más sencilla posible.

CAPITULO 2

G E N E R A L I D A D E S

2.1 Magnitudes Físicas

En Física se manejan dos clases de magnitudes:

escalares y vectoriales

Las magnitudes escalares quedan definidas al especificar su tamaño, también llamado módulo ó magnitud y se representan por un número seguido de su unidad; por ejemplo longitud, masa, volúmen, temperatura, densidad, etc. en las que no existe indeterminación alguna por precisar.

Las magnitudes vectoriales ó simplemente vectores, son aquellas cuya determinación exige el conocimiento de un módulo, una dirección y un sentido y además se suman de acuerdo con la ley del paralelogramo.

Ejemplos de magnitudes vectoriales son, el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la fuerza etc.

Gráficamente, un vector se representa por un segmento orientado OP (fig. 2.1); la longitud del segmento es el módulo del vector, la dirección del segmento es la correspondiente del vector y la flecha indica el sentido del vector. El punto O se llama origen o punto de aplicación y P el extremo del vector. La recta en que se apoya el segmento se llama directriz o línea de acción del vector.

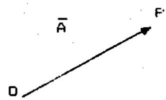


Figura 2.1

Notación polar. Por lo dicho anteriormente, un vector se caracteriza mediante dos números, el primero corresponde a la magnitud y el segundo se refiere a la dirección y sentido, por convención se puede representar un vector de la siguiente manera:

$$\bar{A} = (A , \theta)$$

El paréntesis indica que se trata de los elementos de un vector, el primer dato dentro del paréntesis se refiere a la magnitud, y el segundo que es el ángulo teta (θ) da la dirección y sentido.

El negativo de un vector $\bar{A}$ es otro vector $-\bar{A}$ que tiene la misma magnitud pero sentido contrario.

Si trazamos $\bar{A}$ y $-\bar{A}$ con un origen común se puede verificar que tienen las misma directriz pero difieren entre si en 180 grados, es decir si $\bar{A} = (4\ u , 56^\circ)$ entonces $-\bar{A} = (4\ u , 236^\circ)$ ya que $56^\circ + 180^\circ = 236^\circ$

Producto de un escalar por un vector.

Es conveniente expresar la suma $\bar{P} + \bar{P}$ como $2\bar{P}$, la suma $\bar{P} + \bar{P} + \bar{P}$ como $3\bar{P}$ y en general representar la suma de n vectores iguales a $\bar{P}$ por el producto $n\bar{P}$. Definiremos el producto $n\bar{P}$ de un entero positivo n y un vector $\bar{P}$, como un vector que tiene la misma dirección de $\bar{P}$ y la magnitud $n\bar{P}$.

Cuando un vector se multiplica ó divide por un escalar, lo que se consigue es aumentar o disminuir el vector (según que el escalar sea mayor o menor que uno), la dirección y el sentido se conservan si el escalar es positivo.

Extendiendo esta definición para que incluya todos los escalares y recordando la definición de un vector negativo, definimos el producto de $k\overline{P}$ de un escalar k y un vector $\overline{P}$ como un vector que tiene la misma dirección de $\overline{P}$ (si k es positivo), o dirección opuesta a la de $\overline{P}$ (si k es negativo) y la magnitud igual al producto de $\overline{P}$ por el valor absoluto de k.

Clasificación de vectores.

a. Libres
b. Deslizantes
c. Fijos

Se llaman vectores libres aquellos que no varian la magnitud que representan, cuando se representan por un vector equipolente.

Vectores equipolentes son aquellos vectores que tienen el mismo módulo, la misma dirección y el mismo sentido. Si además tienen el mismo origen o punto de aplicación son iguales.

Se llaman vectores deslizantes aquellos vectores que no modifican la magnitud que representan cuando se deslizan a lo largo de su linea de acción.

Vectores ligados o fijos a un punto, son aquellos que si modifican la magnitud que representan cuando se cambia su punto de aplicación.

Para ejemplificar esta clasificación de vectores podemos referirnos a las figuras 2.2a, 2.2b, y 2.2c respectivamente.

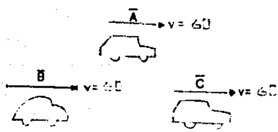


fig. 2.2a

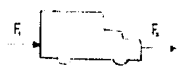


fig. 2.2b

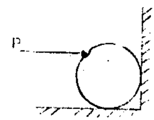


fig. 2.2c

En la fig.2.2a se muestran distintos carros que circulan en una autopista con la misma rapidez. Los carros A, B y C tienen la misma velocidad (magnitud, dirección y sentido) por lo tanto son vectores equipolentes.

En la fig. 2.2b se muestra un carrito al que se le aplica una fuerza $\bar{F}_1$ el mismo efecto se produce si se le aplica la fuerza $\bar{F}_2$, siendo $\bar{F}_1$ y F_2 de la misma magnitud dirección y sentido, con diferente punto de aplicación pero en la misma directriz (linea de acción), esto representa un ejemplo de vectores deslizantes.

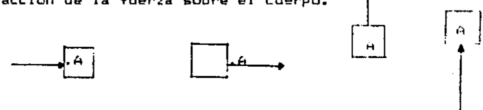
En la fig. 2.2c se muestra un globo apoyado sobre una pared y un piso, y se el aplica una fuerza $\bar{P}$. Esta fuerza deforma al globo en cierto punto y no puede producirse la misma deformación aplicándola en otro punto del globo. Esto es un ejemplo de un vector fijo.

2.2ESTATICA

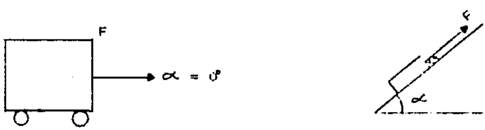
La estática estudia las fuerzas en <u>equilibrio</u>.

Las fuerzas son magnitudes vectoriales cuyas características son las siguientes:

1a. <u>Punto de aplicación</u> (A), es el lugar donde se ejerce la acción de la fuerza sobre el cuerpo.



2a. <u>Dirección</u>, está dada por el ángulo (∝) que forma la recta sobre la cual la fuerza trata de desplazar al cuerpo y la dirección positiva de la horizontal.



3a. <u>Magnitud.</u> La longitud del segmento representa la cantidad de unidades de fuerza que obran sobre el cuerpo (a escala).

4a. <u>Sentido</u>, se considera positivo hacia la derecha o si la F es ascendente y negativo en caso contrario.

($\xrightarrow{+}$ $\xleftarrow{-}$ $+\uparrow$ $\downarrow -$)

Se puede definir a las fuerzas como toda manifestación de energía capaz de modificar un movimiento.

Las fuerzas desde el punto de vista de la estática se dividen en:

coplanares

no coplanares

Son coplanares las que se encuentran en el mismo plano y no coplanares aquellas que se encuentran en planos distintos.

El aparato que sirve para medir fuerzas, se le llama dinamómetro o balanza de resorte.

<u>Unidades de fuerza</u>

En el Sistema Internacional de Unidades (S.I.) establecido el 25 de abril de 1972, es el sistema que será de uso universal, las unidades básicas son las de Longitud (L), Masa (M) y Tiempo (T), se han denominado el metro (m.) el kilogramo (kg.) y el segundo (s.). La unidad de fuerza es el Newton (N) es una unidad derivada. Se define como la fuerza que proporciona una aceleración de 1 m / s² a una masa de 1 kg.

$$N = 1 \text{ kg. m} / s^2$$

En otros sistemas que aún se utilizan se emplean unidades de fuerza como:

a) dina = 1 gr cm / s^2 b) lb ft / s^2 = Pn (Poundal)

c) g_f d) kg_f e) lb_f

2.2.1 SISTEMAS DE FUERZAS

Sistema de fuerzas. Es el conjunto de dos o más fuerzas que simultaneamente actúan sobre un mismo cuerpo.

A cada una de las fuerzas que forman el sistema se le llama componente y a la fuerza única capaz de sustituir a todas las componentes con el mismo efecto se le llama resultante.

Las fuerzas coplanares que se encuentran formando distintos sistemas son :

a) colineales

b) concurrentes

c) paralelas

a) Fuerzas colineales son aquellas que tienen la misma linea de acción.
b) Fuerzas concurrentes son aquellas en las que sus lineas de acción concurren en un punto.
c) Fuerzas paralelas son aquellas en las que sus lineas de acción son paralelas entre si.

Para obtener la resultante de un sistema de fuerzas colineales bastará llevar acabo la suma algebraica de las componentes.

Cuando dos fuerzas tienen la misma magnitud y sentido contrario, la resultante es igual a cero y el cuerpo permanece en "equilibrio".

La fuerza que contraresta a la "resultante" se llama "equilibrante" y tiene como características ser de la misma magnitud y sentido contrario.

Si un cuerpo está en equilibrio, la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él deberá valer cero. Si las fuerzas que actúan sobre un cuerpo tienen una resultante diferente de cero, el cuerpo podrá estar en equilibrio si se le añade una fuerza igual y opuesta a la resultante. Esta fuerza viene a representar a la "equilibrante", mencionada anteriormente.

Se dice que un cuerpo está en equilibrio si no tiene aceleración. (equilibrio dinámico), tal cuerpo puede estar moviéndose con velocidad uniforme en línea recta (movimiento de traslación) ó tener una velocidad angular uniforme (movimiento de rotación), en ambos casos la aceleración lineal y la aceleración angular son nulas. La resultante de todas las fuerzas y la resultante de todos los momentos que obran en ese cuerpo son nulos.

El equilibrio se considera "estático" cuando el cuerpo se encuentra en reposo.

Estudiaremos las condiciones de reposo de partículas o de cuerpos rígidos en términos de los cuatro conceptos básicos empleados en Mecánica que son: espacio, tiempo, masa y fuerza. Estos conceptos no pueden ser definidos y deben ser aceptados en base a nuestra intuición y experiencia y utilizados como un marco de referencia mental en el estudio de la Mecánica.

Por partícula se entiende una cantidad muy pequeña de materia, la cual se supone que ocupa un solo punto en el espacio.

Un cuerpo rígido esta formado por un gran número de partículas que ocupan posiciones fijas entre si. Los resultados obtenidos para una partícula pueden emplearse directamente en un gran número de situaciones relacionadas con las condiciones de reposo (o de movimiento) de cuerpos reales.

El estudio de la Estática de las partículas se fundamenta en:

a) La ley del paralelogramo para la suma.

b) En la primera ley de Newton.

Para el estudio de la Estática de los cuerpos rígidos se introduce:

c) El principio de trasmisibilidad (fuerzas colineales) y

d) La tercera ley de Newton en el análisis de las fuerzas ejercidas por los diferentes elementos que forman una estructura.

Por lo tanto; la primera y la tercera de las leyes de Newton, la ley del paralelogramo para la suma y el principio de trasmisibilidad darán las bases necesarias para el estudio de la Estática en su totalidad.

Metodo para la solución de un problema.

La solución de un problema deberá estar basada en los principios fundamentales o en los teoremas derivados, deben seguirse las reglas y después de obtener la respuesta ésta deberá ser comprobada.

El planteamiento de un problema debe ser claro y preciso, deberá contener los datos necesarios e indicar que información se requiere, se debe incluir un dibujo que muestre todas las cantidades involucradas, deberán hacerse diagramas separados para todos los cuerpos que intervienen en el problema, indicando con precisión las fuerzas que actúan sobre cada uno. Estos diagramas se conocen como diagramas de cuerpo libre.

Se usarán los principios fundamentales para escribir las ecuaciones que expresan las condiciones de "equilibrio" (reposo) del cuerpo considerado, procediendo entonces a resolver el problema, observando estrictamente las reglas comunes del álgebra y anotando detalladamente los diferentes pasos que se han realizado.

Después de que la respuesta ha sido obtenida, debe comprobarse cuidadosamente.

2.2.2. <u>SISTEMA DE FUERZAS COPLANARES CONCURRENTES.</u>

La resultante de un sistema de fuerzas concurrentes se obtiene por métodos:

a) gráficos

b) analítico

c) por componentes

Gráficos: paralelogramo, triángulo y polígono.

Por el método trigonométrico si son 2 fuerzas.

Si son 2 ó más se utiliza el metodo de las componentes.

Los métodos gráficos son a escala.

<u>Método del Paralelogramo</u> (fig. 2.3) La suma de dos vectores $\bar{P}$ y $\bar{Q}$ se obtiene fijando los dos vectores al mismo punto de aplicación A y construyendo un paralelogramo con $\bar{P}$ y $\bar{Q}$ como dos lados contiguos del paralelogramo.

La diagonal que pasa por A representa la suma de los vectores $\bar{P}$ y $\bar{Q}$, suma que se representa por $\bar{P} + \bar{Q}$. El hecho de que se emplee el signo + para representar tanto a la suma vectorial como a la escalar no debe producir confusión si se distinguen siempre con cuidado las cantidades vectoriales y escalares.

Debemos observar que en general la magnitud del vector $\bar{P} + \bar{Q}$ no es igual a la suma $P + Q$ de las magnitudes de los vectores $\bar{P}$ y $\bar{Q}$.

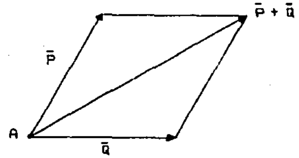


fig. 2.3

Como el paralelogramo construido con los vectores $\bar{P}$ y $\bar{Q}$ no depende del orden en que se tomen $\bar{P}$ y $\bar{Q}$, concluimos que la suma de dos vectores es conmutativa:

$$\bar{P} + \bar{Q} = \bar{Q} + \bar{P}$$

De la ley del paralelogramo se puede obtener un segundo método para determinar la suma de dos vectores, el método se conoce como la regla del triángulo y consiste en lo siguiente:

Consideremos nuevamente la fig. 2.3 donde se ha obtenido la suma de los vectores $\bar{P}$ y $\bar{Q}$ por la ley del paralelogramo, como el lado opuesto a $\bar{Q}$ tiene la misma magnitud y dirección, podríamos dibujar solamente medio paralelogramo o bién, la suma de los vectores puede obtenerse colocando el origen de $\bar{Q}$ en el extremo de $\bar{P}$ y luego uniendo el origen de $\bar{P}$ con el extremo de $\bar{Q}$ (fig. 2.4)

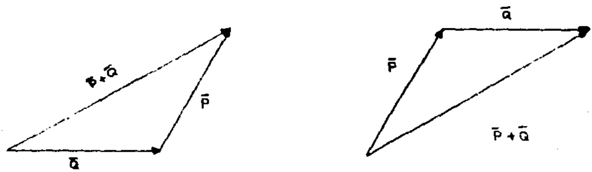


fig. 2.4

<u>Resta de vectores</u>. Si recordamos la definición de negativo de un vector para obtener la resta $\bar{P} - \bar{Q}$, basta con sumarle a $\bar{P}$ el negativo de $\bar{Q}$ (fig. 2.5)

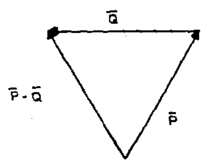


fig. 2.5

Consideremos ahora la suma de tres o más vectores. Por ejemplo la suma de los vectores $\bar{P}$, $\bar{Q}$ y $\bar{S}$ se obtendrá por definición sumando primero los vectores $\bar{P}$ y $\bar{Q}$ y luego el vector $\bar{S}$ al vector $\bar{P} + \bar{Q}$, por lo tanto:

$$\bar{P} + \bar{Q} + \bar{S} = (\bar{P} + \bar{Q}) + \bar{S}$$

En forma similar se obtendrá la suma de cuatro vectores sumando el cuarto vector a la suma de los tres primeros.

Se puede concluir que la suma de cualquier número de vectores puede obtenerse aplicando consecutivamente la ley del paralelogramo a pares sucesivos de vectores, hasta que todos los vectores dados se reemplazen por un solo vector.

Sin embargo la suma puede obtenerse muy facilmente con un método gráfico colocando sucesivamente el origen de uno de los vectores en el extremo del otro y finalmente uniendo el origen del primero con el extremo del último. Esta es la regla del polígono para la suma de vectores.

Como $\bar{P} + \bar{Q} + \bar{S} = (\bar{P} + \bar{Q}) + \bar{S} = \bar{P} + (\bar{Q} + \bar{S})$ la adición de vectores es asociativa.

La suma y resta analítica de vectores puede realizarse en un sistema de ejes coordenados empleando vectores unitarios ($\bar{i}$, $\bar{j}$) que representan vectores de magnitud igual a uno y con la dirección de los ejes x , y respectivamente, de tal manera que la suma y la resta de vectores es análoga a la suma y resta de dos números complejos, lo cual no es extraño, pues con frecuencia se representa un complejo por medio de un vector.

Sean los vectores $\bar{A} = (7 i , 3 j)$ y $\bar{B} = (4 i , 6 j)$

$\bar{A} + \vec{B} = (11\, i ,\ 9\, j)$ fig. 2.6

$\bar{A} - \vec{B} = (3\, i ,\ -3\, j)$ fig 2.7

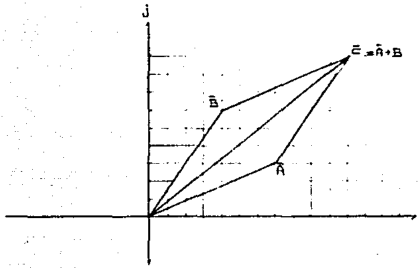


fig. 2.6

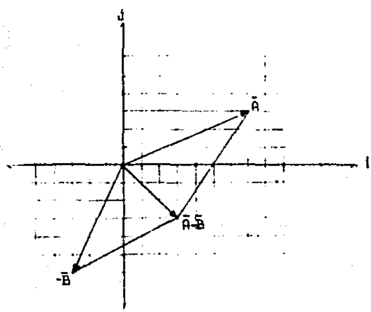


fig. 2.7

<u>Método trigonométrico</u> Este método es aplicable a la suma o resta de dos vectores por medio de la aplicación de dos leyes trigonométricas que son: la ley de los cosenos y la ley de los senos.

La ley de los cosenos nos permite calcular la magnitud de la suma (resta) mientras que la ley de los senos se utiliza para calcular la dirección de la misma.

Las expresiones matemáticas de estas leyes son:

Ley de los cosenos

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2\,AB\cos\gamma \qquad \text{ec. 2.2.1}$$

donde A y B son las magnitudes de los vectores y γ el ángulo formado por los dos vectores colocados uno a continuación del otro. (fig. 2.8).

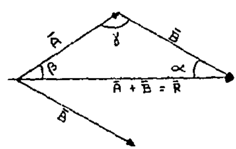


fig. 2.8

Ley de los senos

$$\frac{A}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{B}{\operatorname{sen}\beta} = \frac{R}{\operatorname{sen}\gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{es. 2.2.2}$$

Donde A , B y R representan las magnitudes de los vectores y α , β y γ los ángulos opuestos a cada vector respectivamente cuando se dibujan $\bar{A}$ y $\bar{B}$ uno a continuación del otro y $\bar{R}$ como el vector que representa la suma de $\bar{A}$ + $\bar{B}$ (fig. 2.8)

Descomposición de una fuerza.

En la misma forma en que una fuerza sustituye a 2 ó más, también dos fuerzas pueden sustituir una, por ejemplo en la fig. 2.9 la fuerza $\bar{F}$ puede ser sustituida por las fuerzas $\bar{F}a$ y $\bar{F}b$ o tambien se puede decir que la fuerza $\bar{F}$ se descompone en dos componentes $\bar{F}a$ y $\bar{F}b$.

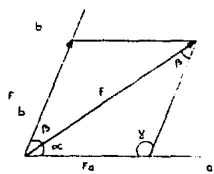


fig. 2.9

Las componentes $\bar{F}a$ y $\bar{F}b$ se obtienen por métodos gráfico o analítico.

En el método gráfico se dibujan los vectores a escala. En el método analítico se aplica la ley de los senos (ec. 2.2.2).

Componentes axiales ó rectangulares de una fuerza.

Una fuerza puede descomponerse por conveniencia en componentes rectangulares utilizando el sistema de ejes coordenados x y, para lo cual la fuerza $\bar{F}$ se dibuja en el sistema de ejes coordenados con su origen coincidiendo con el origen del sistema, por el extremo de ésta se trazan paralelas a los ejes y los puntos donde se cruzan con cada eje determinan el vector correspondiente a ese eje (fig. 2.10)

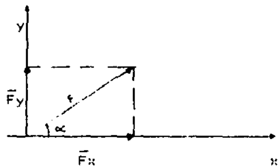


fig. 2.10

Las componentes pueden calcularse empleando las funciones trigonométricas seno y coseno:

$$\cos\alpha = \frac{\bar{F}x}{\bar{F}} \quad \therefore \quad \bar{F}x = \bar{F}\cos\alpha \qquad \text{ec. 2.2.3}$$

$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{\bar{F}y}{\bar{F}} \quad \therefore \quad \bar{F}y = \bar{F}\operatorname{sen}\alpha \qquad \text{ec. 2.2.4}$$

donde:

$\bar{F}x$ y $\bar{F}y$ son las componentes horizontal y vertical de la fuerza $\bar{F}$.

CONDICIONES DE EQUILIBRIO DE UN SISTEMA DE FUERZAS COPLANARES CONCURRENTES.

La condición que debe cumplir un sistema de fuerzas coplanares concurrentes es:

$$\sum \bar{F} = 0 \qquad \text{ec. 2.2.5}$$

De la ec. 2.2.5 se puede deducir que para un sistema de fuerzas formado por componentes rectangulares se cumple:

$$\Sigma \bar{F}x = 0 \qquad \text{ec. 2.2.6}$$

$$\Sigma \bar{F}y = 0 \qquad \text{ec. 2.2.7}$$

Para resolver un problema de este tipo de fuerzas se sigue el siguiente procedimiento:

1. Aislar el sistema
2. Se dibujan todas las fuerzas en un sistema de ejes coordenados x, y.
3. Se calculan las componentes horizontal y vertical de cada una de ellas con las ecuaciones 2.2.3 y 2.2.4
4. Se obtiene la suma de fuerzas sobre el eje de las xs ($\Sigma \bar{F}x$) y la suma de fuerzas sobre el eje de las ys ($\Sigma \bar{F}y$) por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\Sigma \bar{F}x = \bar{F}x_1 + \bar{F}x_2 + \bar{F}x_3 + \ldots\ldots \qquad \text{ec. 2.2.8}$$

$$\Sigma \bar{F}y = \bar{F}y_1 + \bar{F}y_2 + \bar{F}y_3 + \ldots\ldots \qquad \text{ec. 2.2.9}$$

5. Si $\Sigma \bar{F}x \neq 0$ y $\Sigma \bar{F}y \neq 0$ se calcula la $\bar{R}$ aplicando el teorema de Pitágoras:

$$\bar{R}^2 = \Sigma \bar{F}x^2 + \Sigma \bar{F}y^2$$

$$\therefore \quad \bar{R} = \sqrt{\Sigma \bar{F}x^2 + \Sigma \bar{F}y^2} \qquad \text{ec. 2.2.10}$$

$$\Sigma \bar{F}x = \bar{R}x \quad y \quad \Sigma \bar{F}y = \bar{R}y$$

$\bar{R}x$ y $\bar{R}y$ son las componentes horizontal y vertical de la $\bar{R}$. Con los signos de las $\Sigma \bar{F}x$ y $\Sigma \bar{F}y$ se tendrá su posición en el cuadrante correspondiente. Su dirección (θ) se obtiene calculando previamente el ángulo $\propto$ (formado de $\Sigma \bar{F}x$ a $\bar{R}$ fig. 2.11), con la función trigonométrica:

$$\tan \propto = \frac{\Sigma Fy}{\Sigma Fx}$$

$$\therefore \quad \propto = \tan^{-1} \frac{\Sigma Fy}{\Sigma Fx} \qquad \text{ec. 2.2.11}$$

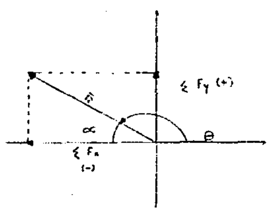


fig. 2.11

El ángulo θ se calcula dependiendo del cuadrante en que se localize la $\bar{R}$. En este caso $\theta = 180^\circ - \propto$.

6. Para que el sistema se encuentre en equilibrio bastará añadir una fuerza (igual colineal y de sentido contrario a la resultante obtenida) que es la equilibrante.

Ejemplo: Investigar si el siguiente sistema de fuerzas (fig 2.12) está en equilibrio, si la respuesta es negativa añadir al sistema la fuerza que lo equilibre.

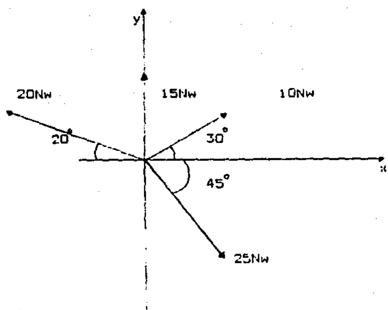


fig. 2.12

Cálculo de componentes:

$Fx_1 = 8.66Nw$

$Fx_2 = 0$

$Fx_3 = -18.79Nw$

$$Fx_4 = 17.67 \text{ Nw}$$

$$\Sigma Fx = 7.54 \text{ Nw}$$

$$Fy_1 = 5 \text{ Nw}$$

$$Fy_2 = 15 \text{ Nw}$$

$$Fy_3 = 6.84 \text{ Nw}$$

$$Fy_4 = -17.67 \text{ Nw}$$

$$\Sigma Fy = 9.16 \text{ Nw}$$

(Los cálculos anteriores pueden realizarse fácilmente por medio de una calculadora científica, utilizando la "función" P ⟶ R) .

Como ΣFx y ΣFy son positivas, la resultante se encuentra en el primer cuadrante: por lo tanto la equilibrante en el 3° .

Cálculo de $\bar{R}$:

$$|R| = |E| = \sqrt{(7.54 \text{ Nw})^2 + (9.16 \text{ Nw})^2}$$

$$|R| = |E| = 11.86 \text{ Nw}$$

$$\tan \alpha = \frac{9.16 \text{Nw}}{7.54 \text{ Nw}} = 1.21$$

$$\alpha = \tan^{-1} (1.21)$$

$\alpha = 50^{\circ}\ 30$

(Este cálculo también puede llevarse a cabo facilmente en una calculadora por medio de la "función" $R \rightarrow P$).

Por lo tanto, para que el sistema se encuentre en equilibrio bastará añadirle una fuerza de 11.86 Nw con una dirección:

$= 230^{\circ}\ 30$ (fig. 2.13).

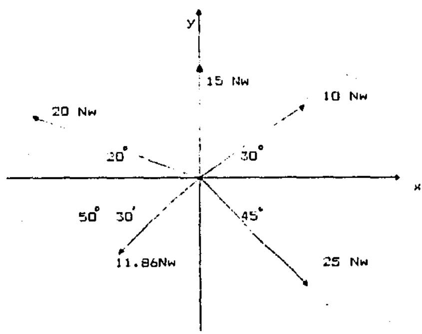


fig. 2.13

Comprobación:

$$\Sigma Fx = 8.66\ Nw - 18.79\ Nw - 7.54\ Nw + 17.67\ Nw$$

$$\Sigma Fx = 26.33\ Nw - 26.33\ Nw = 0$$

$$\Sigma Fy = 5\ Nw + 15\ Nw + 6.84\ Nw - 9.15\ Nw - 17.68\ Nw$$

$$\Sigma Fy = 26.84\ Nw - 26.83\ Nw = 0$$

Problemas que involucran el equilibrio de una partícula.

Diagrama de cuerpo libre.

Los métodos anteriores se aplican a sistemas de fuerzas que actúan sobre una partícula; sin embargo, un gran número de problemas sobre estructuras reales pueden reducirse a problemas que conciernen al equilibrio de una partícula. Esto se hace seleccionando una partícula significativa en una estructura y haciendo un diagrama separado que muestre la partícula y todas las fuerzas que actúan sobre ella. Tal diagrama se denomina "Diagrama de cuerpo libre".

Equilibrio de cuerpos sometidos a tres fuerzas concurrentes.

Un cuerpo se halla en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas cuando la fuerza resultante sea cero ó bien si queremos que el cuerpo esté en equilibrio, $\bar{R} = 0$.

Como ejemplo se considera una lámpara de 50 Nw de peso que se encuentra suspendida en las condiciones que muestra el esquema.

Las tensiones T_1 y T_2 de los cables que la sostienen son : (fig. 2.14 y fig. 2.15)

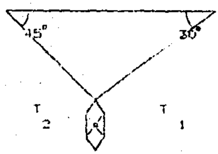


fig. 2.14

Diagrama de cuerpo libre

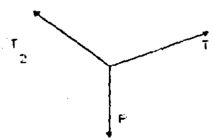


fig.2.15

Al dibujar las fuerzas una a continuación de la otra si el sistema está en equilibrio, deberá formarse un triángulo el cual se resuelve por Ley de los senos o de los cosenos, según la ó las incógnitas. Para tres fuerzas en equilibrio. este método resulta ser más sencillo que el analítico o de las componentes.

Cuando una partícula está en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas, el problema siempre puede resolverse usando un triángulo de fuerzas.

Cuando una partícula está en equilibrio bajo la acción de más de tres fuerzas, el problema puede resolverse gráficamente dibujando un polígono de fuerzas, o si se desea una solución analítica se deberá de resolver la ecuación de equilibrio: $\Sigma F = 0$

Esta ecuación tendrá solución si no existen más de dos incógnitas, similarmente el triángulo de fuerzas usado en el caso de equilibrio bajo la acción de tres fuerzas puede resolverse para dos incógnitas.

Los tipos más comunes de problemas son aquellos en los cuales, las dos incógnitas representan:

a) A las dos componentes.

b) A la magnitud y dirección de una fuerza.

2.2.3 CUERPOS RIGIDOS.

SISTEMAS EQUIVALENTES DE FUERZAS

Fuezas externas e internas

En algunos casos se pueden considerar los cuerpos como si se tratara de partículas; sin embargo, no siempre es posible. En general un cuerpo debe tratarse como una combinación de un gran número de partículas. El tamaño del cuerpo debe tenerse en cuenta, así como el hecho de que las fuerzas actúan sobre partículas distintas y por tanto tienen puntos de aplicación diferentes.

La mayoría de los cuerpos considerados en Mecánica elemental se consideran rígidos, siendo un cuerpo rígido aquel que no se deforma. Las estructuras y máquinas reales, aunque no pueden considerarse absolutamente rígidas pues se deforman cuando se les aplican cargas. Sin embargo, estas deformaciones generalmente son pequeñas y no afectan apreciablemente las condiciones de equilibrio de la estructura considerada.

Las deformaciones son importantes en cuanto conciernen a la resistencia a la rotura, y se consideran en el estudio de la resistencia de materiales.

Las fuerzas que actúan sobre cuerpos rígidos pueden separarse en dos grupos:

a) Fuerzas externas

b) Fuerzas internas

Las fuerzas externas representan la acción de otros cuerpos sobre el cuerpo rígido. Son responsables del comportamiento externo del cuerpo rígido y éstas harán que el cuerpo se mueva o asegurarán que permanezca en reposo.

Las fuerzas externas ejercidas sobre un cuerpo rígido, pueden, si no hay oposición, imprimir al cuerpo rígido un movimiento de traslación o de rotación o ambos a la vez.

Las fuerzas internas son las fuerzas que mantienen unidas las partículas que forman el cuerpo.

Principio de trasmisibilidad. Fuerzas equivalentes

El principio de trasmisibilidad establece que las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido no se modificarán si la fuerza $\overline{F}$ aplicada en un punto determinado del cuerpo rígido es reemplazada por una fuerza $\overline{F}'$ de igual magnitud y dirección, que actúa sobre un punto diferente, siempre que las dos fuerzas tengan la misma línea de acción (vectores deslizantes).

Las dos fuerzas $\bar{F}$ y $\bar{F}'$ tienen el mismo efecto sobre el cuerpo rígido y se dice que son equivalentes. Este principio es experimental, por lo tanto debe aceptarse como una ley empírica.

En el caso de fuerzas que actúan sobre una partícula, éstas tienen un punto de aplicación perfectamente definido, es decir la partícula misma y por lo tanto se consideran como vectores fijos.

El principio de trasmisibilidad puede utilizarse libremente para determinar las condiciones de equilibrio o de movimiento de cuerpos rígidos y calcular las fuerzas externas que actúan sobre estos cuerpos, pero no debe usarse en la determinación de fuerzas internas y deformaciones.

2.2.4 SISTEMA DE FUERZAS COPLANARES PARALELAS.

La magnitud de la resultante (equilibrante) se obtiene por suma algebráica y su posición se encuentra aplicando métodos gráficos o empleando el concepto de momento de una fuerza.

Momento estático de una fuerza es la capacidad que tiene una fuerza de producir un giro alrededor de un punto fijo o un eje llamado centro de momentos, también se define como el producto de la intensidad de una fuerza por su menor distancia a dicho eje o punto de apoyo, siendo la menor distancia la perpendicular trazada de la fuerza al centro de momentos. Este concepto queda representado por la siguiente ecuación:

$$\bar{M} = \bar{F} \times \bar{b} \qquad \text{ec. 2.2.12}$$

El eje de rotación ó punto de apoyo de un cuerpo es el punto del cual está sujeto o suspendido y alrededor del cual puede girar.

Brazo de palanca ($\bar{b}$) de una fuerza es la distancia perpendicular del punto de apoyo á la linea de acción de la fuerza.

El momento de una fuerza puede ser positivo o negativo, siendo estos signos convencionales; por ejemplo, si su tendencia a girar es en el sentido de las manecillas del reloj se considera negativo y positivo en caso contrario. Sus unidades son unidades de fuerza por unidades de distancia: Newton por metro (N x m) en el S.I.

TEOREMA DE VARIGNON - El momento de la resultante de un sistema de fuerzas con respecto a un punto o eje es igual a la suma de los momentos de las componentes de dicho sistema, con respecto al mismo punto.

$$\bar{R} \times \bar{d} = \bar{F}_1 \times \bar{d}_1 + \bar{F}_2 \times \bar{d}_2 + \bar{F}_3 \times \bar{d}_3 + \ldots \qquad \text{ec. 2.2.10}$$

El principio de trasmisibilidad se complementa por medio del siguiente enunciado: dos fuerzas F y F′ son equivalentes si son iguales o sea que tienen la misma magnitud, la misma dirección y <u>tienen momentos iguales con respecto a un punto considerado O.</u>

Por lo tanto las condiciones suficientes para que dos fuerzas $\bar{F}$ y $\bar{F}'$ sean equivalentes son :

$$\bar{F} = \bar{F}' \qquad \text{ec. 2.2.11}$$

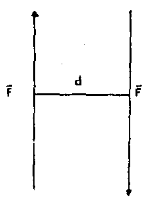
$$\bar{M}o = \bar{M}o \qquad \text{ec. 2.2.12}$$

Esto es válido para el punto O' ó para cualquier otro punto.

2.2.5 PAR DE FUERZAS.

Se llama par de fuerzas a dos fuerzas de la misma magnitud, con líneas de acción paralelas, pero de sentidos opuestos. La magnitud de la resultante es igual a cero, su punto de aplicación radica en el centro del cuerpo haciéndolo girar sobre si mismo.

El valor de un par se da por el momento, y el momento del par es igual al producto de una de las fuerzas por la distancia que las separa. (fig. 2.16)



$$M_p = \bar{F}.d \qquad \text{ec. 2.2.16}$$

fig. 2.16

Un par de fuerzas puede ser positivo o negativo; se considera positivo cuando su sentido de giro es contrario al de las manecillas del reloj y se considera negativo cuando su sentido de giro es igual al de las manecillas del reloj.

Representación vectorial de un par.

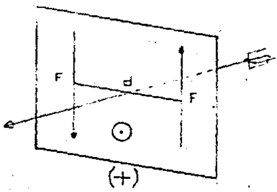


fig. 2.17

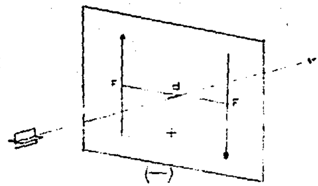


fig. 2.18

Un par se puede representar perfectamente por un vector perpendicular al plano que contiene al par, el sentido será el que tendría un tornillo que avanzará de acuerdo con el sentido de giración del par. (figs. 2.17 y 2.18)

<u>Suma de pares</u> - La suma de dos pares. de momentos $\bar{M}_1$ y $\bar{M}_2$ es un par de momento $\bar{M}$ igual a la suma vectorial de $\bar{M}_1$ y $\bar{M}_2$. (fig. 2.19).

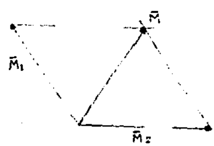


fig. 2.19

Dos sistemas de fuerzas son equivalentes (es decir, tienen el mismo efecto sobre un cuerpo rígido), si puede transformarse uno de ellos en el otro mediante una o varias de las operaciones siguientes:

1. Reemplazando dos fuerzas que actúen sobre una misma partícula por su resultante.
2. Descomponiendo una fuerza en sus componentes.
3. Cancelando dos fuerzas iguales y opuestas que actúen sobre una misma partícula.
4. Aplicando a la misma partícula dos fuerzas iguales y opuestas.
5. Desplazando una fuerza a lo largo de su línea de acción.

Cada una de estas operaciones se puede justificar fácilmente con base en la Ley del Paralelogramo o principio de trasmisibilidad.

Cuando dos pares tienen el mismo momento son equivalentes, por lo tanto un par de fuerzas se puede representar por otro par equivalente.

Cuando un par actúa sobre un cuerpo rígido, no importa donde se aplican las dos fuerzas que forman el par ni la magnitud o dirección que tengan, lo importante es el momento del par. Pares con igual momento tienen el mismo efecto sobre un cuerpo rígido.

<u>Descomposición de una fuerza dada en una fuerza aplicada en el centro de momentos y en un par de fuerzas.</u>

Consideremos una fuerza $\bar{F}$ que actúa sobre un cuerpo rígido en un punto A definido por el vector de posición $\bar{r}$. Supongamos que quisieramos aplicar la fuerza en el punto O. Se puede desplazar $\bar{F}$ a lo largo de su linea de acción, pero no se puede trasladar paralelamente al punto O fuera de su linea de acción sin modificar el efecto de $\bar{F}$ sobre el cuerpo rígido (pues no son vectores libres).

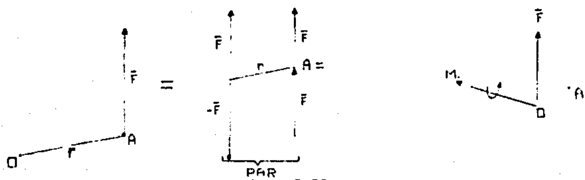


fig. 2.20

Sin embargo, podemos aplicar dos fuerzas en el punto O: una igual a $\bar{F}$ y otra igual a $-\bar{F}$, como resultado de ello se aplica ahora una fuerza $\bar{F}$ en el punto O y las otras dos fuerzas forman un par de momento $\bar{M}o = \bar{r} \times \bar{F}$. (fig. 2.20)

Por lo tanto, cualquier fuerza $\bar{F}$ que actúe sobre un cuerpo rígido puede desplazarse a un punto arbitrario O si se agrega un par de momento igual al momento de $\bar{F}$ con respecto a O.

El par tiende a comunicar al cuerpo rígido el mismo movimiento de rotación con respecto a O que imprimiría la fuerza $\bar{F}$ antes de ser trasladada a O.

El par se representa por el vector $\bar{M}o$ perpendicular al plano que contiene a $\bar{r}$ y $\bar{F}$. Como $\bar{M}o$ es un vector libre se puede aplicar donde se desee, pero por conveniencia se aplica generalmente en O junto con $\bar{F}$ y a la combinación que se obtiene se le denomina un <u>sistema fuerza-par.</u>

<u>Reducción de un sistema de fuerzas a una fuerza y un par</u>

Si se tiene un sistema de fuerzas $\bar{F}_1$, $\bar{F}_2$, $\bar{F}_3$, etc. que actúan sobre un cuerpo rígido en los puntos A_1, A_2, A_3, etc. definidos por los vectores de posición $\bar{r}_1$, $\bar{r}_2$, $\bar{r}_3$, etc.; $\bar{F}_1$ puede trasladarse de un punto A_1 a un punto O si se agrega al sistema original un par de momento $\bar{M}_1 = \bar{r}_1 \times \bar{F}_1$, de $\bar{F}_1$ con respecto a O.

Se repite este procedimiento para $\bar{F}_2$, $\bar{F}_3$, etc. y se obtiene un sistema formado por fuerzas y pares que actúan en O. Como ahora las fuerzas son concurrentes, pueden sumarse vectorialmente y reemplazarse por su resultante $\bar{R}$. Del mismo modo, los vectores de los pares $\bar{M}_1$, $\bar{M}_2$, $\bar{M}_3$, etc. pueden sumarse vectorialmente y reemplazarse por el vector del par resultante $\bar{M}_o^R$

Por lo tanto, cualquier sistema de fuerzas por complejo que sea, puede reducirse a un sistema equivalente fuerza-par que actúe en un punto dado O.

El sistema fuerza-par equivalente queda definido por las ecuaciones:

$$\bar{R} = \Sigma \bar{F} \qquad \text{ec. 2.2.17}$$

$$\bar{M}^R_o = \Sigma \bar{M}o = \Sigma (\bar{r} \times \bar{F}) \qquad \text{ec. 2.2.18}$$

Es decir, la fuerza resultante $\bar{R}$ se obtiene sumando todas las fuerzas del sistema y el momento $\bar{M}^R_o$ del par llamado momento resultante del sistema se obtiene sumando los momentos con respecto a O de todas las fuerzas del sistema.

Una vez que el sistema de fuerzas dado ha sido reducido a una fuerza y un par que actúan en el punto O, puede fácilmente reducirse nuevamente a una fuerza y un par que actúen en otro punto O'.

Mientras que la fuerza resultante $\bar{R}$ permanece igual, el nuevo vector del par $\bar{M}^R_{o'}$ será igual a la suma del vector del par $\bar{M}^R_o$ y del momento con respecto a O' de la fuerza $\bar{R}$ que actúa en O.

$$\therefore \quad \bar{M}^R_{o'} = \bar{M}^R_o + \bar{S} \times \bar{R} \qquad \text{ec. 2.2.19}$$

2.2.6 SISTEMAS EQUIVALENTES DE FUERZAS.

Dos sistemas de fuerzas son equivalentes si pueden ser reducidos al mismo sistema fuerza-par en un punto dado O.

Dos sistemas de fuerzas $\bar{F}_1$, $\bar{F}_2$, $\bar{F}_3$, etc. y $\bar{F}'_1$, $\bar{F}'_2$, $\bar{F}'_3$, etc. son equivalentes sí y solamente sí las sumas de las fuerzas y las sumas de los momentos de las fuerzas con respecto a un punto dado O de los dos sistemas son respectivamente iguales.

$$\Sigma\bar{F} = \Sigma\bar{F}' \qquad \text{ec. 2.2.20}$$

$$\Sigma\bar{M}_o = \Sigma\bar{M}_o' \qquad \text{ec. 2.2.21}$$

Dos sistemas de fuerzas son equivalentes, si tienden a impartir al cuerpo rígido:

a. La misma traslación

b. El mismo movimiento de rotación

<u>Caso particular:</u> cuando $\bar{R} = 0$ el sistema fuerza-par se reduce al vector del par $\bar{M}_o^R$, el sistema de fuerzas dado se reduce entonces a un par único llamado Par resultante del sistema.

Un sistema fuerza-par en O puede ser reemplazado por una fuerza única $\bar{R}$ que actúa a lo largo de una nueva línea de acción si $\bar{R}$ y $\bar{M}_o^R$ son perpendiculares entre sí.

Esta condición no se satisface para sistemas de fuerzas en el espacio, pero si se satisface para:

a) Sistemas de fuerza concurrentes

b) Sistemas de fuerzas coplanares

c) Sistemas de fuerzas paralelas

En el primer caso las fuerzas concurrentes estan aplicadas al mismo punto y ya se mencionaron con detalle anteriormente.

En el segundo caso la suma $\bar{R}$ de las fuerzas del sistema también estará contenida en el plano de la figura, pero el momento de cada una de las fuerzas con respecto a O y por consiguiente el momento resultante $\bar{M}_o^R$ serán perpendiculares al plano.

En el tercer caso, el sistema fuerza-par en O, por lo tanto consiste de una fuerza $\bar{R}$ y un vector del par resultante $\bar{M}_o^R$ perpendiculares entre si; esto es pueden reducirse a una fuerza única $\bar{R}$ desplazando a $\bar{R}$ sobre el plano hasta que su momento con respecto a O sea igual a $\bar{M}_o^R$

$$\therefore \quad d = \frac{\bar{M}_o^R}{\bar{R}} \qquad \text{ec. 2.2.22}$$

donde: d = distancia de la linea de acción de O a $\bar{R}$ (perpendicular)

Las fuerzas paralelas tienen lineas de acción paralelas y pueden tener o no el mismo sentido.

2.2.7 EQUILIBRIO.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente son dos las condiciones básicas de equilibrio:

$$1. \quad \Sigma \bar{F} = 0 \qquad \text{ec. 2.2.23}$$

$$2. \quad \Sigma \bar{M}o = 0 \qquad \text{ec. 2.2.24}$$

La primera condición asegura que el cuerpo esté en equilibrio de traslación y la segunda que esté en equilibrio de rotación.

La importancia de la 2a. condición es debido a que un cuerpo puede satisfacer la primera condición y no estar en equilibrio de rotación.

EQUILIBRIO DE CUERPOS RIGIDOS

Un cuerpo rígido está en equilibrio cuando las fuerzas externas que actúan sobre él forman un sistema de fuerzas equivalentes a cero; es decir, cuando la resultante de las fuerzas externas es cero y no existe un par de fuerzas.

Por lo tanto las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido son:

$$\Sigma \bar{F} = 0 \qquad \text{ec. 2.2.25}$$

$$\Sigma \bar{M}o = (\bar{r} \times \bar{F}) = 0 \qquad \text{ec. 2.2.26}$$

Anteriormente se mencionó la importancia del diagrama de cuerpo libre para la solución de problemas, ahora se mostrarán los pasos necesarios para su realización.

Pasos a seguir para hacer el diagrama de cuerpo libre:

1. Se decide cual es el cuerpo libre que se va a usar. Se separa el cuerpo de su base de sustentación, así como de cualquier otro cuerpo y se dibuja el contorno de este cuerpo así aislado.

2. Se representan todas las fuerzas externas. Estas corresponderán a la acción ejercida sobre el cuerpo libre por la base de sustentación y por los cuerpos que se han separado. Las fuerzas se deben aplicar en los diferentes puntos donde el cuerpo libre estuvo apoyado o conectado a otros cuerpos. Entre estas fuerzas también se debe incluir el peso del cuerpo libre. Cuando el cuerpo libre está formado por varias partes, no se deben incluir las fuerzas que las partes ejercen entre sí. Estas fuerzas son internas en lo que se refiere al cuerpo libre.

3. La magnitud y dirección de las fuerzas externas conocidas se deben destacar claramente en el diagrama. Las fuerzas externas conocidas generalmente son: el peso del cuerpo libre y las fuerzas aplicadas con un propósito específico.

   Las fuerzas externas desconocidas son generalmente las reacciones (fuerzas de constricción) por medio de las cuales la base de sustentación y otros cuerpos se oponen a un posible movimiento del cuerpo libre, obligándolo a permanecer en la misma posición.

Las reacciones se ejercen en los puntos donde el cuerpo libre se apoya o conecta a otros cuerpos. En el diagrama de cuerpo libre, también deben figurar las dimensiones, debido a que se necesitan en el cálculo de los momentos de fuerza.

2.2.8 MÁQUINAS SIMPLES.

La máquina simple es un dispositivo cualquiera que sirve para realizar transformaciones de energía mecánica. Por ejemplo, cuando se dispone de una fuerza pequeña a la cual se le hace recorrer un camino grande, se puede transformar este trabajo en otro que realice una fuerza grande que recorra solamente una distancia pequeña, a lo anterior se le conoce como principio de los trabajos virtuales.

En general, las máquinas incrementan la fuerza a expensas del movimiento, pero algunas veces incrementan el movimiento mediante la disminución de la fuerza correspondiente.

En las máquinas simples se tiene una fuerza llamada potencia que se emplea para vencer a otra que se llama resistencia. El trabajo realizado por la primera (trabajo motor) se transforma en el trabajo realizado por la segunda (trabajo resistente).

Entre las máquinas simples podemos mencionar palancas, poleas, torno, plano inclinado, tornillo prensa, tornillo sinfín, engranes y cuña.

En la mayoría de ellas se aplica el concepto de momento de una fuerza. En todas las máquinas teóricamente el trabajo que se da a la máquina debe ser igual al trabajo que se obtiene de ella. En la práctica se obtiene siempre una menor cantidad de "trabajo", las pérdidas se deben principalmente a rozamientos y en esos casos el trabajo "perdido" se transforma en calor. El rendimiento de una máquina es el cociente que resulta de relacionar el trabajo obtenido entre el trabajo dado a la máquina (si este cociente se multiplica x 100 se obtiene el % de rendimiento).

PALANCAS

Supondremos las palancas formadas por barras rígidas, es decir que cualquiera que sea el esfuerzo a que estén sometidas no sufren ninguna deformación.

Existen tres géneros de palancas las cuales obedecen su Ley general de las palancas.

El momento de potencia es igual al momento de resistencia.

La palanca de primer género (o interapoyada) tiene el punto de apoyo entre la potencia y la resistencia.

La palanca de segundo género (interresistente) tiene la resistencia entre el punto de apoyo y la potencia.

La palanca de tercer género (o interpotente) tiene la potencia entre el punto de apoyo y la resistencia.

POLEAS

Polea es un disco que gira alrededor de un eje que pasa por el centro, tiene en el borde una canal por donde pasa un cable, o bien la rueda puede estar dentada para que por ella corre una cadena.

Una polea o grupo de poleas en un marco con un gancho empleado para sostenerlas, comunmente se denomina <u>motón</u> . El conjunto de poleas y cuerdas se conoce como <u>aparejo</u>, y las ruedas de polea individuales se conocen como garruchas.

Se puede considerar que se dividen en dos grupos:

a) Polea fija

b) Polea móvil

En la fig. 2.21 se muestra una polea fija que esencialmente es una palanca de primer género con brazos de palanca iguales. En este caso:

$$\bar{P} = \bar{R} \qquad \text{ec. 2.2.27}$$

Así si un esfuerzo jala la cuerda una distancia ΔX_P , la carga (resistencia) se moverá hacia arriba una distancia igual ΔX_R , por lo tanto $\Delta X_P = \Delta X_R$ y la ventaja mecánica de la polea será igual a uno, así que no hay multiplicación de fuerza y basicamente la polea es un cambiador de sentido.

Para producir una multiplicación de fuerza se requiere que existan brazos de palanca distintos que se satisfacen por medio de un motón móvil (fig. 2.22a). En ella se muestra que un motón móvil sencillo es esencialmente una palanca de segundo genero cuyo brazo de esfuerzo ($\bar{P}$) tiene el doble de longitud que el brazo de carga ($\bar{R}$), es decir $r_1 = 2r_o$. Así mismo se puede observar que si $\bar{P}$ tira de la cuerda una longitud ΔX_P , la carga se eleva solo la mitad de esa distancia, puesto que hay dos tramos que acortar, y $\Delta X_P = 2\ \Delta X_R$.

De esta manera la ventaja mecánica será :

$$\frac{\bar{P}}{\bar{R}} = \frac{\Delta x_P}{\Delta x_R} = \frac{2\Delta x_R}{\Delta x_R} = 2 \qquad \text{ec. 2.2.28}$$

En la fig. 2.22b se muestra una combinación de una polea móvil y una polea fija en la cual la ultima solo invierte el sentido del esfuerzo por lo que tendra dicha combinacion la misma ventaja mecánica de la polea móvil (V.M.= 2).

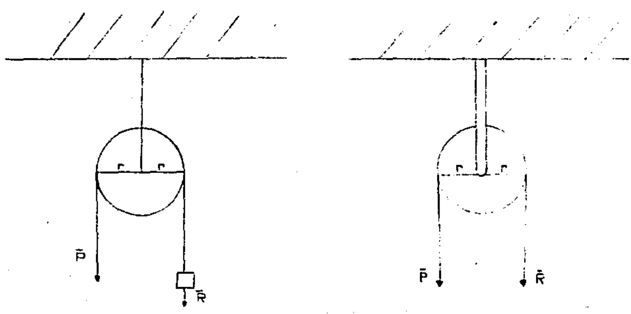


fig. 2.21

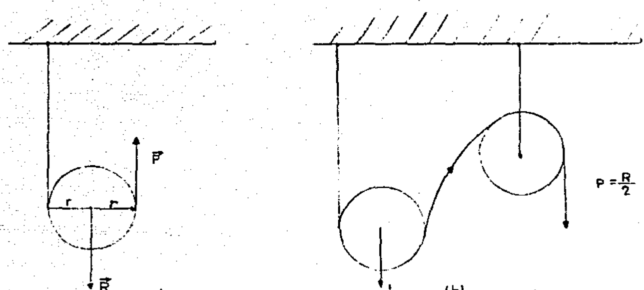


Fig. 2.27

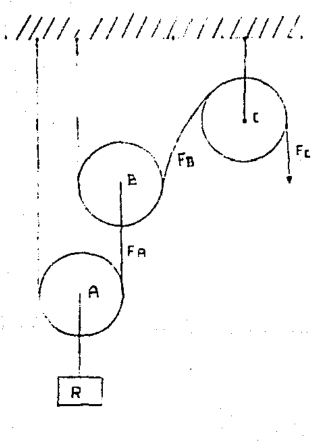


Fig 2.23

En la fig. 2.23 se muestra un arreglo de poleas (aparejo) en el que la ventaja mecánica lograda es de 4.

Para determinar la fuerza $\bar{F}c$ ($\bar{P}$) y la ventaja mecánica del arreglo 2.23 se emplea el siguiente procedimiento:

Paso 1

Dibujar el diagrama de cuerpo libre de la polea A (fig. 2.23a)

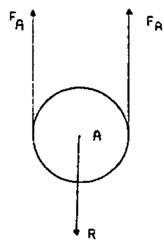


Fig. 2.23 a

Paso 2

$$\Sigma \bar{F}y = 0$$

$$\Sigma \bar{F}y = - \bar{R} + \bar{F}_A + \bar{F}_A = 0$$

$$2\bar{F}_A = \bar{R}$$

$$\bar{F}_A = \frac{\bar{R}}{2}$$

Paso 3

Dibujar un diagrama de cuerpo libre de la polea B (fig. 2.23b) utilizando el valor calculado para $\bar{F}_A$

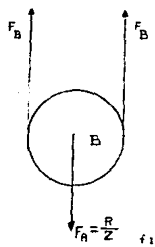


fig. 2.23b

Paso 4

$$\Sigma \bar{F}y = 0$$

$$\Sigma \bar{F}y = -\bar{F}_A + \bar{F}_B + \bar{F}_B = 0$$

$$2\bar{F}_B = \bar{F}_A$$

$$\bar{F}_B = \frac{\bar{F}_A}{2}$$

Paso 5

Ahora observando la fig. 2.23 podemos ver que la fuerza $\bar{F}_C$ es igual a $\bar{F}_B$ porque ambas están en la misma cuerda.

$$\bar{F}_C = \bar{F}_B$$

Paso 6

Determinar la ventaja mecánica del sistema.

$$V.M. = \frac{R}{\bar{F}_C} = \frac{2\bar{F}_A}{\frac{\bar{F}_A}{2}} = \frac{4\bar{F}_A}{\bar{F}_A} = 4$$

CAPITULO 3

PRACTICA NO. 1

FUERZAS EN EQUILIBRIO

3.1 OBJETIVO

Comprobar el equilibrio estático en un sistema de fuerzas concurrentes.

3.2 MATERIAL EMPLEADO:

Mesa de fuerzas

Anillo

Poleas

Cordon o hilo flexible y grueso

Portapesas

Pesas de diferentes magnitudes

3.3 ACTIVIDADES:

a. Aplicar a un objeto en reposo, fuerzas de diferente magnitud y dirección de manera tal que siga en reposo dicho objeto.

b. Registrar el valor de la magnitud y dirección de cada fuerza aplicada.

c. Comprobar que la suma de fuerzas aplicadas sea cero.

3.4 DESARROLLO.

Formar en la mesa de fuerzas un sistema de 3 o 4 fuerzas de diferente magnitud y dirección, actuando sobre un centro común (un anillo) cuya centralizacion se considera como la condición de equilibrio de dichas fuerzas, es decir que el anillo esté bien centrado es la condición de equilibrio de las fuerzas.

Se recomienda fijar una fuerza de cualquier magnitud a 0 y las otras 3 se hacen variar los ángulos convencionalmente controlados por medio de la polea respectiva, y se van colocando pesas en las portapesas de cada una de ellas hasta conseguir el equilibrio.

Cuando cambiamos la dirección de alguna, ésto se traducirá en un cambio de magnitud de las otras. Cuando supuestamente el sistema se encuentre en equilibrio, llevar los datos a la siguiente tabla 3.1:

Tabla 3.1

$\bar{F}_1$ $\overline{gr}$	α_1	$\bar{F}_2$ $\overline{gr}$	α_2	$\bar{F}_3$ $\overline{gr}$	α_3	$\bar{F}_4$ $\overline{gr}$	α_4

Con los datos obtenidos en la tabla, se procede a verificar el equilibrio del sistema.

a. Por un método gráfico (polígono)

b. Por el método de las componentes

Si se cometió un error que es lo más probable, podrá determinarse por la no coincidencia del polígono (o sea lo que falte para que quede cerrado).

O bién por el método de las componentes podrá calcularse con exactitud el error en magnitud y dirección.

3.5 CALCULOS.

Método Gráfico

Dibujar las fuerzas cuidadosamente y a escala una a continuación de la otra respetando su magnitud y dirección (si no hubo error, el polígono cerrará).

Método de las componentes.

Dibujar las fuerzas en un sistema de ejes coordenados:

a) Calcular las componentes rectangulares de cada fuerza por medio de las ecuaciones:

$$\bar{F}x = \bar{F} \cos \alpha \qquad \text{ec. 3.2}$$

$$\bar{F}y = \bar{F} \operatorname{sen} \alpha \qquad \text{ec. 3.3}$$

b) Con los valores anteriores calcular :

$$\Sigma \bar{F}x \quad y \quad \Sigma \bar{F}y$$

Si los valores de $\Sigma \bar{F}x$ y $\Sigma \bar{F}y$ no resultaran igual a cero, calcular la resultante $\bar{R}$ por medio de :

$$\bar{R} = \sqrt{\Sigma \bar{F}x^2 + \Sigma \bar{F}y^2} \qquad \text{ec. 3.4}$$

Con los signos de $\Sigma \bar{F}x$ y $\Sigma \bar{F}y$ determinar la posición de $\bar{R}$ en el cuadrante respectivo y calcular el ángulo α por medio de la ecuación:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\Sigma \bar{F}y}{\Sigma \bar{F}x} \qquad \text{ec. 3.5}$$

3.6 RESULTADOS.

Anotar los valores obtenidos en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

	$\bar{F}$	$\bar{F}x$	$\bar{F}y$
1			
2			
3			
4			

$\Sigma \bar{F}x =$ $\Sigma \bar{F}y =$

$\bar{R} =$

$\alpha_R =$

3.7 CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos comprobar si el sistema estudiado se encuentra en equilibrio estático.

De no ser así indique el error cometido en magnitud y dirección y compárelo con el resultado obtenido por el método gráfico.

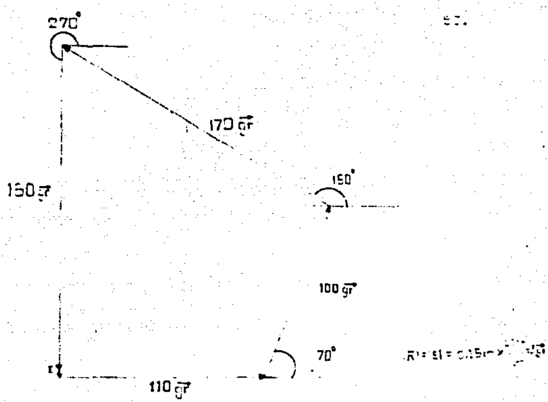
3.8 EXPERIMENTACION.

Siguiendo las instrucciones dadas en la sección 3.4 se obtuvieron los datos de la tabla 3.1

Tabla 3.1

$\bar{F}_1$ $\overline{gr}$	α_1	$\bar{F}_2$ $\overline{gr}$	α_2	$\bar{F}_3$ $\overline{gr}$	α_3	$\bar{F}_4$ $\overline{gr}$	α_4
110	0°	100	70°	170	150°	160	270°

Con las instrucciones dadas en la sección 3.5 para el método gráfico se obtuvo la fig. 3.1



1cm : 20gr.

fig. 3.1

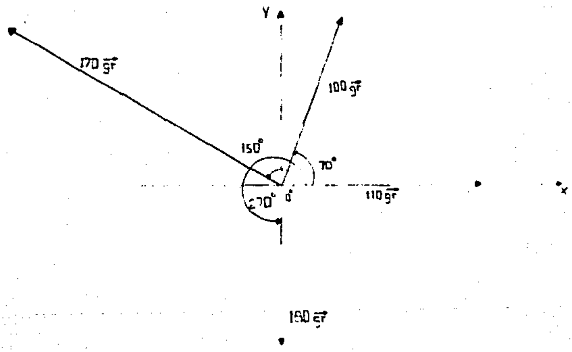


fig. 3.2

Con los datos de la tabla 3.1 y siguiendo las instrucciones de la sección 3.5 para el método de las componentes se obtiene la fig. 3.2.

Con los datos de la tabla 3.1, las ecuaciones 3.2 y 3.3 de la sección 3.5 se obtuvieron los valores de la tabla 3.2.

Tabla 3.2

	$\bar{F}$ $\overline{gr}$	α	$\bar{F}x$ $\overline{gr}$	$\bar{F}y$ $\overline{gr}$
1	110	0°	110	0
2	100	70°	34.2	93.97
3	170	150°	-147.2	85
4	180	270°	0	-180

$\Sigma \bar{F}x = -3\ \overline{gr}$ $\qquad$ $\Sigma \bar{F}y = -1.03\ \overline{gr}$

Con los valores obtenidos en la tabla anterior y las ecuaciones 3.4 y 3.5 se obtuvo:

$$\bar{R} = 3.17\ \overline{gr}$$

$$\alpha_R = 198^\circ\ 57'$$

Al comparar el valor real $\bar{R} = 0$ con el valor de $\bar{R}$ obtenido en la práctica se encontró un error de 2.26% que pudo deberse a que el operador no centró perfectamente el anillo por las siguientes causas:

a) Por la vista

b) Por no tener pesas de menor magnitud para afinar mejor el ejercicio.

El error en el método gráfico fué de 2.14 % .

CAPITULO 4

PRACTICA No 2

EQUILIBRIO DE UN SISTEMA MECANICO COMPUESTO POR POLEAS

4.1 OBJETIVOS:

1 - Determinar experimentalmente la fuerza que equilibra la carga en un sistema de poleas.

2 - Establecer experimentalmente algunas relaciones mecánicas que caracterizan la eficiencia de un sistema mecánico compuesto por poleas.

4.2 MATERIAL EMPLEADO:

Juego de poleas
Cuerdas
Una regla graduada
Pesas de diferentes magnitudes
Soporte universal formado por placa de base, varilla y presa de sujeción.

4.3 ACTIVIDADES:

a. Discutir conceptos tales como: relación carga-fuerza, equilibrante, energías, diagrama de cuerpo libre.

b. Aplicar una fuerza hasta conseguir el equilibrio del sistema.

c. Determinar el incremento del desplazamiento que produce la carga tomando como base la posición de equilibrio.

d. Utilizar el valor promedio de los desplazamientos para obtener conclusiones.

4.4 DESARROLLO:

EXPERIENCIA I

Instalar un sistema de poleas apropiado como el que se indica en la figura 4.1.

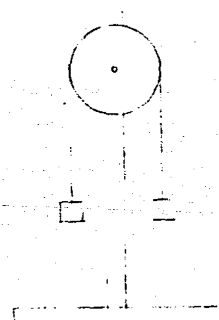


fig. 4.1

a. Armar el soporte universal y colóquese en las proximidades del extremo superior de la varilla una de las presas de sujeción. Introdúzcase un eje en una polea y luego fíjese el mismo a la presa de sujeción.

b. Colóquese una cuerda (40 cm.) sobre la polea y suspendase diferentes pesos ó cargas ($\bar{R}$) aplique en el otro extremo de la cuerda fuerzas ($\bar{F}$) hasta conseguir el equilibrio en cada caso, anotando los datos en la tabla correspondiente (No.4.1).

c. A partir de la posición de equilibrio, haga subir el peso una cierta distancia (ΔXR) y mida también la distancia que baja la fuerza (ΔXP) anotando los resultados en la tabla No.4.1.

TABLA NO. 4.1

$\bar{R}$ $\overline{gr}$	$\bar{F}$ $\overline{gr}$	Δx_R cm	Δx_P cm
20		1	
30		2	
40		3	
50		4	
60		5	

EXPERIENCIA II

Instale ahora el sistema de poleas que se ilustra en la figura 4.2

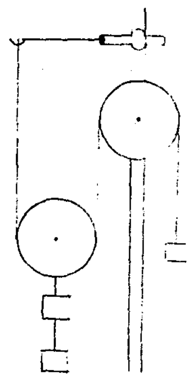


fig. 4.2

a. Fíjese otra presa de sujeción en la varilla soporte.
Colóquese una varilla con gancho en esta presa, de acuerdo con la figura 4.2. Asegúrese un extremo de la cuerda (≈50cm) en el gancho. Hágase pasar el otro extremo de la cuerda por la polea móvil y por la polea fija.

La polea móvil tiene naturalmente un cierto peso propio. Para obtener el equilibrio de los pesos se suspende entonces una pesa equilibradora del extremo libre de la cuerda. (Dicha pesa equilibradora tiene un peso igual a la mitad del peso de la polea móvil).

b. Aplique diferentes cargas ($\bar{R}$) en la polea móvil y aplique en cada caso fuerzas ($\bar{P}$) en el extremo libre de la cuerda (en la pesa equilibradora), hasta obtener el equilibrio del sistema anotando los datos en la tabla 4.2.

c. A partir de la posición de equilibrio, desplazar una magnitud determinada a la fuerza $\bar{P}$, (Δx_P = 10 cm.) y registre el correspondiente desplazamiento de la carga o peso R, (Δx_R), anotar los datos en la tabla correspondiente (Tabla 4.2).

TABLA 4.2

$\bar{R}$ $\overline{gr}$	$\bar{P}$ $\overline{gr}$	Δx_R cm	Δx_P cm
100			10
200			10
300			10
400			10

Para registrar los desplazamientos se pueden colocar un par de marcas visibles sobre la cuerda con el objeto de que los desplazamientos se puedan distinguir y determinar fácilmente.

4.5 CALCULOS

De los datos obtenidos en las experiencias 1 y 2 calcular los valores de ventaja mecánica (V.M.), relación de desplazamiento (R.D.) y eficiencia (η) por medio de las siguientes ecuaciónes:

$$V.M. = \frac{\text{carga}}{\text{esfuerzo}} = \frac{\bar{R}}{\bar{F}} \qquad \text{ec. 4.1.}$$

$$R.D. = \frac{\Delta x_P}{\Delta x_R} \qquad \text{ec. 4.2}$$

$$\eta = \frac{V.M.}{R.D.} \qquad \text{ec. 4.3}$$

4.6 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los cálculos anteriores anotarlos en las tablas 4.3a y 4.3b.

Tabla 4.3a (Exp. 1)

$\bar{R}$ $\overline{gr}$	V.M.	R.D.
20		
30		
40		
50		
60		

Tabla 4.3b (Exp. 2)

$\bar{R}$ $\overline{gr}$	V.M.	R.D.
100		
200		
300		
400		

4.7 CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos indicar si se lograron los objetivos propuestos en la práctica.

4.8 EXPERIMENTACION

Siguiendo las instrucciones de la sección 4.4, experiencia I incisos b y c anotar los datos obtenidos en la tabla 4.1

Tabla 4.1

$\bar{R}$ $\overline{gr}$	$\bar{P}$ $\overline{gr}$	Δx_R cm	Δx_P cm
20	20	0.5	0.5
30	30	1.0	1.0
40	40	1.5	1.5
50	50	2.0	2.0
60	60	2.5	2.5

De acuerdo con las instrucciones de la sección 4.4, experiencia 2 incisos b y c anotar los datos obtenidos en la tabla 4.2

Tabla 4.2

$\bar{R}$ $\overline{gr}$	$\bar{P}$ $\overline{gr}$	Δx_R cm	Δx_P cm
100	50	5	10
200	100	5	10
300	150	5	10
400	200	5	10

Con los datos obtenidos en las tablas 4.1,4.2 y aplicando las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3 de la sección 4.5 se obtienen los valores de las tablas 4.3a (Exp. I) y 4.3b (Exp. II).

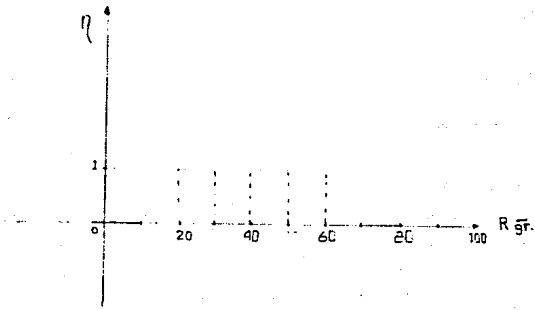
Tabla 4.3a (Exp. I)

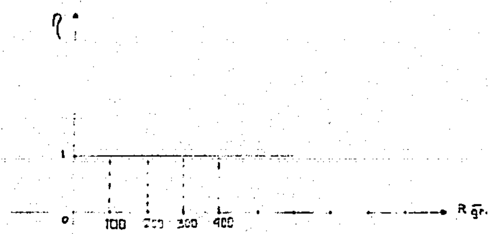
$\bar{R}\ \overline{gr}$	V.M.	R.D.	η
20	1	1	1
30	1	1	1
40	1	1	1
50	1	1	1
60	1	1	1

Tabla 4.3b (Exp. II).

$\bar{R}\ \overline{gr}$	V.M.	R.D.	η
100	2	2	1
200	2	2	1
300	2	2	1
400	2	2	1

Con los datos de las tablas 4.3a y 4.3b graficar η vs. $\bar{R}$ (rendimiento vs. carga)





En ésta práctica no hubo error, ya que hay una manera fácil para eliminar el efecto de la fricción en este equipo. Cuando se sube un peso a velocidad constante, la fuerza de fricción que se opone al movimiento acrúa en la misma dirección que la fuerza de gravedad sobre el objetc; por tanto, la fuerze que se ejerce al subir el objeto debe ser igual a la fuerza requerida si no existiera fricción en el sistema <u>más</u> la fricción del sistema.

Por otra parte, cuando se baja el peso a velocidad constante la fuerza de fricción tiende a regresar el peso y actúa oponiéndose a la fuerza de gravedad, por lo tanto la fuerza que se ejerce al bajar el objeto es igual a la fuerza requerida si no existiera fricción <u>menos</u> la fuerza de fricción.

El promedio de las dos fuerzas que se requieren para subir y bajar el objeto representaría por lo tanto la fuerza que se requeriría para subir o bajar el objeto si no hubiera fricción.

De esta forma si se toman estas dos lecturas es posible tratar a las poleas como si fueran una máquina libre de fricción.

Aclaraciones:

En la experiencia I inciso c) , en la experiencia II inciso c) y en la experimentación (4.8) se tiene necesidad de medir la altura a la que se encuentran los extremos de la cuerda (estando ambos a la misma altura). Esta altura servirá como base para medir las diferencias de altura posteriores (Δx_R y Δx_F).

CAPITULO 5

PROPOSICION DE UN MANUAL

La realización de prácticas de Física requiere un trabajo que se efectúe en el laboratorio y si se desea llevarlo a cabo lo mejor posible es necesario:

a. Conocer el objetivo de la práctica.

b. Conocer y utilizar adecuadamente el equipo de que se dispone.

c. Haberse familiarizado antes en teoría con las "variables" que se van a medir (y saber que precisión se requiere).

d. Manejar adecuadamente los datos obtenidos, los pasos anteriores, facilitarán al alumno la obtención de resultados que serán los que justifiquen el tiempo empleado.

Es por esta razón que se propone un manual que sirva como guía para las prácticas propuestas.

5.1 FUERZAS EN EQUILIBRIO.

5.1.1 Tiempo de realización de la práctica.

Preparación del material	10 minutos
Experimentación	35 minutos
Cálculos	15 minutos
Tiempo total	60 minutos

5.1.2 Objetivo:

Comprobar el equilibrio estático en un sistema de fuerzas concurrentes.

5.1.3 Introducción:

Un sistema de fuerzas está en equilibrio cuando la suma de todas las fuerzas es igual a cero. Dicho de otra manera, la $\bar{R} = 0$. Si un sistema de fuerzas no se encuentra en equilibrio, esto es $\bar{R} = 0$, bastará añadirle una fuerza igual colineal y de sentido contrario a la $\bar{R}$ para lograr el equilibrio, a esta fuerza se le llama equilibrante ($\bar{E}$).

Cuando un sistema de fuerzas coplanares está en equilibrio, el polígono de fuerzas deberá cerrarse (método gráfico) o bién deberá cumplir las siguientes condiciones:

$$\sum \bar{F} = 0 \qquad (\sum F_x = 0 \ , \ \sum F_y = 0 \ )$$

5.1.4 <u>Material empleado:</u>

Mesa de fuerzas

Cuatro pinzas de mesa

Un anillo pequeño y un vástago

Cuatro poleas

Cordón o hilo flexible y grueso

Cuatro portapesas

Pesas de diferentes magnitudes

5.1.5 <u>Actividades:</u>

a. Aplicar a un objeto en reposo, fuerzas de diferente magnitud y dirección de manera tal que siga en reposo dicho objeto.

b. Registrar el valor de la magnitud y dirección de cada fuerza aplicada.

c. Comprobar que la suma de fuerzas aplicadas sea cero.

5.1.6 <u>Desarrollo:</u>

Formar en la mesa de fuerzas uno ó 2 sistemas de 4 fuerzas de diferente magnitud y dirección, las cuales actuarán sobre un centro común (un anillo), cuya centralización se considera como la condición de equilibrio de dichas fuerzas, es decir que el anillo esté bien centrado antes y después de la aplicación de las fuerzas.

Se recomienda fijar una fuerza de cualquier magnitud a 0^{0}, y las demás se aplicarán variando los ángulos convencionalmente dirigidas por su polea respectiva, colocando pesas en los portapesas de cada una de ellas hasta conseguir el equilibrio, anotando los datos obtenidos en la tabla 5.1

TABLA 5.1

$\overline{F}_1$ $\overline{gr}$	$\propto 1$	$\overline{F}_2$ $\overline{gr}$	$\propto 2$	$\overline{F}_3$ $\overline{gr}$	$\propto 3$	$\overline{F}_4$ $\overline{gr}$	$\propto 4$

5.1.7 <u>Cálculos:</u>

Con los datos obtenidos en la tabla se procederá a verificar el equilibrio del sistema.

a. Por método gráfico

b. Por método de las componentes

Si los resultados obtenidos no dieran exactamente R = 0, se anotarán en la tabla 5.2

TABLA 5.2

$\bar{R}_G$	$\bar{R}_A$

$\bar{R}_G$ = Resultante obtenida por el método gráfico.

$\bar{R}_A$ = Resultante obtenida por el método de las componentes.

5.1.8 <u>Instrucciones para el informe:</u>

1. Dar el fundamento teórico de la práctica:

   a. Explicando brevemente <u>cuando</u> un sistema de fuerzas como el de la práctica, se encuentra en equilibrio y como se comprueba.

   b. Explique en que consiste el método gráfico del polígono para comprobar el equilibrio de un sistema de fuerzas.

   c. Explicar en el método de las componentes la comprobación de un sistema de fuerzas en equilibrio.

d. En que se aplican estos conocimientos, citar ejemplos.

5.1.9 Cuestionario.

1. Los datos obtenidos en la practica realizada en el laboratorio son exactos?

   Si la respuesta es negativa, explique a que puede deberse.

2. En este experimento las fuerzas actúan sobre un anillo pero se dice que son concurrentes. Si los cordeles estuvieran unidos rigidamente al anillo las fuerzas serian necesariamente concurrentes ?

3. Una hamaca está soportada por dos ganchos y a la misma altura, en esta hamaca está sentada una persona. Bajo que condiciones será igual el tiro en cada gancho al peso de la persona ?

4. Un cuerpo de peso $\bar{W}$ está unido por medio de una cuerda de longitud L a un gancho colocado en una pared vertical. Una fuerza $\bar{F}$ que actúa sobre el cuerpo lo mantiene a una distancia d de la pared, derive una ecuación la cual de la fuerza $\bar{F}$ en función de $\bar{W}$, L y d .

5.2 EQUILIBRIO DE UN SISTEMA MECANICO COMPUESTO POR POLEAS

5.2.1 Tiempo de realización de la práctica:

Preparación del material	10 minutos
Experimentación	35 minutos
Cálculos	15 minutos
Tiempo total:	60 minutos

5.2.2 Objetivos:

Determinar experimentalmente la fuerza que equilibra la carga en un sistema de poleas.

Establecer experimentalmente algunas relaciones mecánicas que caracterizan la eficiencia de un sistema mecánico compuesto por poleas.

5.2.3 Introducción:

El trabajo requiere energía. Para usar su energía más efectivamente el hombre ha desarrollado varios aditamentos llamados máquinas simples, las cuales cambian la velocidad, magnitud o dirección de una fuerza aplicada. En este experimento se realizará la investigación en una de estas máquinas, la polea.

Frecuentemente se quiere modificar la dirección de una fuerza. Esto se puede conseguir facilmente con la ayuda de una polea, no se gana naturalmente nada en fuerza, pero siempre es más comodo tirar hacia abajo que levantar hacia arriba. Una polea de este tipo que no se puede ni levantar ni bajar se llama polea fija.

Definiciones

a. Ventaja mecánica del sistema.

Es el cociente de la carga entre la fuerza necesaria para equilibrarla. es decir:

$$V.M. = \frac{\text{carga}}{\text{fuerza equilibrante}} = \frac{\text{carga}}{\text{esfuerzo}} = \frac{\bar{R}}{\bar{P}}$$

b. Relación de desplazamiento.

Es el cociente entre el desplazamiento de la fuerza y el de la carga, es decir:

$$R.D. = \frac{\text{desplazamiento de la fuerza}}{\text{desplazamiento de la carga}} = \frac{\Delta x_P}{\Delta x_R} =$$

c. El rendimiento es la relacion de la venteja mecánica a la relación de velocidades (relación de desplazamiento) y comunmente se expresa en porcentaje.

$$\eta = \frac{V.M.}{R.D.}$$

En nuestro analisis de un sistema de poleas, se harán algunas consideraciones:

Se supondrá que existe la misma fuerza a todo lo largo de cada cuerda o cable, que en el sistema no existe fricción y que todas las cuerdas o cables son o estan paralelas (aún cuando no es absolutamente cierto, el efecto en los cálculos no sería significativo.

5.2.4 Material empleado:

Placa de base
Soporte de base
Tornillo mariposa
Varilla soporte
Dos presas de sujeción
Gancho
Varilla con gancho
Eje corto
Juego de poleas
Cuerdas
Una regla graduada
Pesas de diferentes magnitudes.

5.2.5 Actividades:

a. Discutir conceptos tales como: relación carga-fuerza equilibrante, energias, diagrama de cuerpo libre.

b. Aplicar una fuerza hasta conseguir el equilibrio del sistema.

c. Determinar el incremento del desplazamiento que produce la carga tomando como referencia la posición de equilibrio.

d. Utilizar el valor promedio de los desplazamientos para obtener conclusiones.

5.2.6 <u>Desarrollo:</u>

Experiencia I - Instalar un sistema de poleas como se indica a continuación:

a. Atorníllese el soporte de base en la placa de base. Fíjese la varilla soporte en el soporte de base y colóquese en la misma en las proximidades de su extremo superior una de las presas de sujeción. Introdúzcase un eje en una polea y luego fíjese el mismo a la presa de sujeción.

b. Colóquese una cuerda (40 cm.) sobre la polea y suspendanse diferentes pesos o cargas ($\bar{R}$), aplique en el otro extremo de la cuerda fuerzas ($\bar{F}$) hasta conseguir el equilibrio en cada caso, anotando los datos en la tabla 5.1.

c. A partir de la posición de equilibrio, haga subir el peso o carga ($\bar{R}$) una cierta distancia (Δx_R) , y mida tambien la distancia que baja la fuerza (Δx_F) anotando los resultados en la tabla 5.1.

Tabla 5.1

$\overline{R}$ $\overline{gr}$	$\overline{P}$ $\overline{gr}$	Δx_R cm	Δy_P cm	V.M.	R.D.	η %
20		1				
30		2				
40		3				
50		4				
60		5				

Experiencia II.- Instale ahora el siguiente sistema de poleas

a. Fíjese otra presa de sujeción en la varilla soporte, colóquese una varilla con gancho en esta presa.
Asegúrese un extremo de la cuerda de (65 cm) en el gancho. Hágase pasar el otro extremo de la cuerda por la abrazadera de la polea con sostén, colocando después dicha cuerda alrededor de esta polea, a continuación pásese la cuerda por encima de la polea fija.

La polea móvil tiene naturalmente un cierto peso propio. Para obtener el equilibrio de las pesas se suspende entonces una pesa equilibrante del extremo libre de la cuerda (dicha pesa equilibradora tiene un peso igual a la mitad del peso de la polea móvil). en este caso la pesa necesaria es de 11 gr.

b. Aplique diferentes cargas ($\bar{R}$) en la polea móvil, y aplique en cada caso fuerzas ($\bar{F}$) en el extremo libre de la cuerda (en la pesa equilibradora), hasta obtener el equilibrio del sistema, anotando los datos en la tabla 5.2.

c. A partir de la posición de equilibrio, desplazar una magnitud determinada la fuerza $\bar{F}$ (ΔX_F = 10 cm.) y registre el correspondiente desplazamiento de la carga o peso $\bar{R}$ (ΔX_R). Anotar los datos en la tabla 5.2.

Tabla 5.2

$\bar{R}$ gr	$\bar{F}$ gr	ΔX_R cm	ΔX_F cm	V.M.	R.D.	η
100			10			
200			10			
300			10			
400			10			

Para registrar los desplazamientos utilize otra presa de sujeción colocada en la varilla a una altura que corresponda al nivel original donde el extremo de la cuerda libre coincida con la parte inferior de la polea móvil.

5.2.7 Cálculos:

Con los datos obtenidos en las experiencias No. 1 y No. 2. calcúlese la ventaja mecánica (V.M.), la relación de desplazamiento y la eficiencia con las ecuaciones 5.2.1 , 5.2.2 y 5.2.3 .

Los resultados se anotarán en las tablas 5.1 y 5.2.

5.2.8 Instrucciones para el informe:

Dar el fundamento teórico de la práctica.

5.2.9 Cuestionario.

1. Utilizando los valores de V.M. y de R.D. promedio, saque sus conclusiones.

2. Con los datos de las tablas 5.1 y 5.2, construya las gráficas η vs. R.

3. En función de los desarrollos, procedimientos y observaciones anteriores, proponga un arreglo de varias poleas que cumpla con las siguientes características:

a. Ventaja mecánica igual a cuatro (V.M. = 4)

b. Relación de desplazamiento igual a cuatro (R.D. = 4)

Al proponer este nuevo sistema se deben tomar en cuenta:

c. Trazar un diagrama del arreglo, así como un diagrama de cuerpo libre de cada una de las poleas.

d. Experimentar brevemente con el modelo y registrar algunos datos de manera semejante a como se hizo antes.

e. Expresar que el arreglo cumpla con la V.M. = 4 y R.D. = 4, basándose en las relaciones teóricas obtenidas a partir de los diagramas de cuerpo libre.

f. Verificar numéricamente que:

$$\bar{P} \Delta x_P = \bar{R} \Delta x_R$$

$$\tilde{\zeta}_P = \zeta_R$$

$$\text{Si} \quad \eta = 1$$

4. Explique el por qué a un arreglo de poleas como las utilizadas en esta práctica se le puede considerar como una máquina.

5. Defina los siguientes elementos mecánicos ideales atendiendo a sus propiedades físicas y mecánicas.

   polea, barra, apoyo

6. Explique brevemente el significado de:

$$\vec{F}\,\Delta x_F = \vec{R}\,\Delta x_R$$

$$\tau_o = \tilde{\tau}_o$$

7. Mencione algunas analogías que se pueden establecer entre el arreglo de poleas y otras máquinas.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

La realización de prácticas como éstas, ayudan al estudiante de la Facultad de Química a entender y visualizar conceptos, lo cual contribuye a su formación y disciplina en las técnicas de investigación. El experimento no debe utilizarse como herramienta de comprobación sino de búsqueda, siendo ésto motivante para el alumno.

En la práctica No. 1 Fuerzas en equilibrio el equipo empleado, la mesa de fuerzas consiste en un disco que puede ser de aluminio de unos 30 o 35 cm. de diámetro y de 10 mm. de espesor, graduado sobre su periferia de tal manera que los ángulos de las fuerzas aplicadas puedan obtenerse con facilidad, está montado sobre un vástago vertical el cual a su vez descansa sobre un tripié de base que tiene tornillos para nivelar el aparato. En el centro de la tabla se encuentra un anillo que es el cuerpo cuyo equilibrio se va a estudiar. Las fuerzas que actúan sobre el anillo son las tensiones en los cordeles, tres ó más pinzas que sujetan a las poleas son colocadas en algunos puntos de la circunferencia en la cual se pueden leer las direcciones de las fuerzas correspondientes sobre la escala circular.

La rigidez de esta "tabla" y la operación suave y de baja fricción, el uso de poleas de plastico permiten el empleo de grandes fuerzas con bajo porcentaje de error.

En la práctica No. 2 Equilibrio de un sistema mecánico compuesto por poleas, no hubo error ya que es posible tratar a las poleas como si fueran una máquina libre de fricción.

OBRAS CONSULTADAS

1.- Beer Ferdinand y Russell Johnston E., Mecanica vectorial para ingenieros, Estatica tomo 1, Mc. Graw Hill, 3a. edicion 1983.

2.- Snyder R.D.y Byars E. F., Engineering Mechanics,Mc Graw Hill Kogakusha,, L. T. D., 1973.

3.- Engineering Mechanics Statics and Dinamics, John Wiley and sons, 1980

4.- Resnick Robert y Halliday David, Fisica, Compañia Editorial Continental, S.A., 1980.

5.- Charles D. Brush Mechanics for Tecnnology,Ed. John Wiley and sons. Inc. 1976.

6.- Stig Lindholm, Fisica general, Guia de trabajos practicos del equipo de experimentos Norstedt. Departamento escolar de Norstedt, Estocolmo Suecia, 1961.

7.- Aaron McAlexander Experiments for Technical Physics, Ed Allyn and Bacon, second edition 1979.

8.- Lehrman Robert L. Experiments in Physics, Ed. Holt, Rinehart and Winston Inc. 1962.

9.- Murray R. Spiegel Analisis Vectorial Ed. Mc Graw Hill 1982.

10.- Robert W Seabloom Vector Algebra for Engineers Ed. Mc Graw Hill 1965

11.- Meriam J.L. Engineering Mechanics, Staticas and Dynamics Vol. I y II, John Wiley and Sons. 1980

12.- Wilson J.D. Fisica con aplicaciones. Ed. Interamericana. 1985