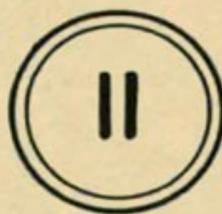
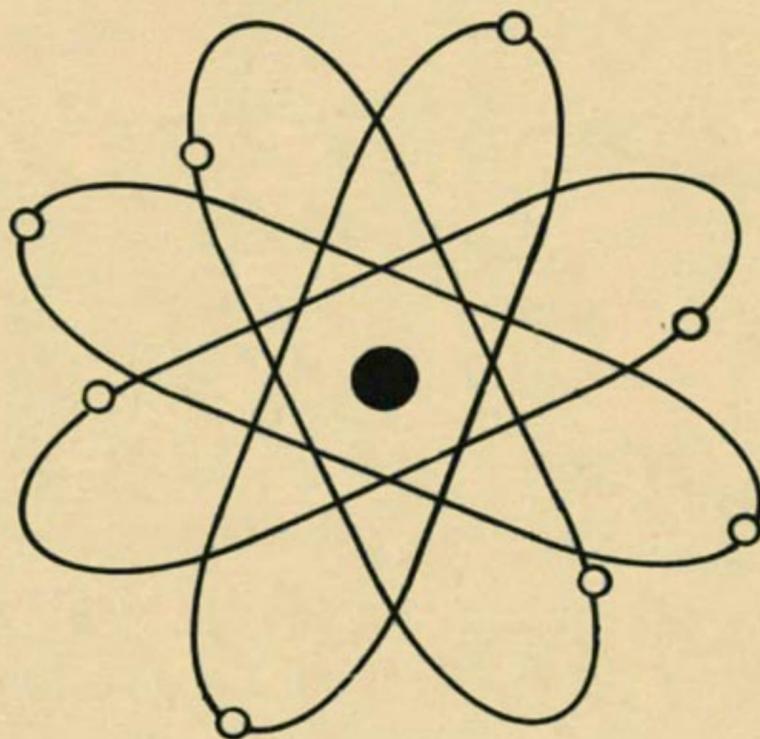


**SENA**



**CIENCIAS BASICAS**



Metalmecánica - Ciencias Básicas II por [Sistema de Bibliotecas SENA](#) se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported](#).

Basada en una obra en <http://biblioteca.sena.edu.co/>.

## CIENCIAS BASICAS II

### CONTENIDO

	Página
UNIDAD No.4 : FUERZAS	1
UNIDAD No.5 : ROZAMIENTO	61
UNIDAD No.6 : PESO Y MASA	71

## UNIDAD No.4

## FUERZAS

Objetivo Terminal

Al terminar esta unidad usted estará en capacidad de:

- Distinguir cuándo un cuerpo se encuentra en equilibrio
- Identificar las tensiones internas de un material producidas por la acción de fuerzas externas.



Cuando se piensa en el peso de un cuerpo, en realidad se debe pensar en la fuerza de gravedad que lo atrae hacia la tierra. Como un cuerpo está constituido de partículas, cada una de ellas estará sometida a la fuerza de la gravedad. En otras palabras, existe un sistema de fuerzas paralelas actuando sobre el cuerpo. La resultante de ese sistema de fuerzas es el peso del cuerpo. El punto de aplicación de esa resultante se llama *centro de gravedad* del cuerpo (fig. 1).

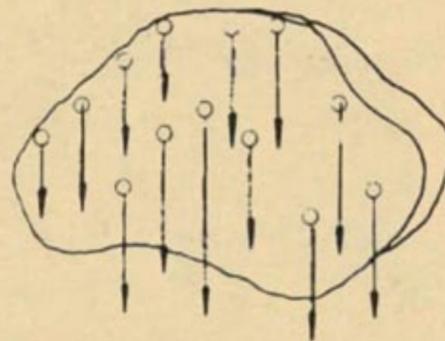


Fig. 1

**OBJETO DEL EXPERIMENTO:**

Localizar el centro de gravedad (CG) de un cuerpo.

**MATERIAL NECESARIO:**

- Placa cuadrada de cartón u otro material
- Placa rectangular de cartón u otro material
- Eje de sustentación
- Plomada
- Soporte universal

**EXPERIMENTO:**

Tome la placa cuadrada y cuélguela por un punto cualquiera conforme a la figura 2.

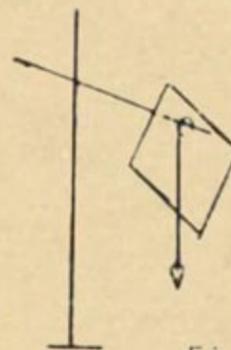


Fig. 2

Cuelgue la plomada en el punto de suspensión (P.S.) y espere el equilibrio.



Sostenga con cuidado el hilo junto a la placa y haga una marca (fig. 3).

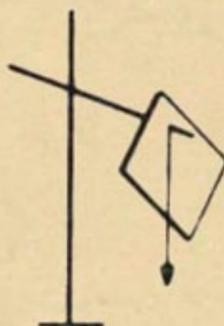


Fig. 3

Retire la placa y trace una recta uniendo P.S. con la marca que hizo.

Suspenda la placa por otro punto y repita la experiencia anterior (fig. 4).

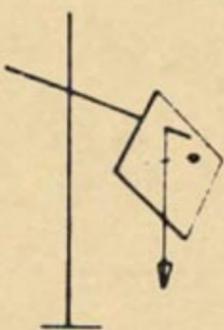


Fig. 4

Haga una pequeña marca en el cruce de las rectas.

Repita el experimento usando la placa rectangular.

Consulte al profesor para saber el nombre de ese punto.

Traza las diagonales en la placa cuadrada y en la rectangular.

Observe donde se encuentra el punto que obtuvo anteriormente.

Escriba donde se encuentra el centro de gravedad en relación a las diagonales de cuerpos de formas geométricas regulares:

---



---



---



Muchas veces es necesario conocer el punto de aplicación de la fuerza-peso y localizar el CG de un cuerpo sólido.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Localizar el punto de aplicación de la fuerza-peso.

Localizar el CG de un sólido.

*MATERIAL NECESARIO:*

Placa cuadrada con el CG determinado

Paralelepípedo de madera

*EXPERIMENTO:*

Tome la placa cuadrada e intente equilibrarla sobre el soporte (fig. 5).

Observe en qué punto la placa se equilibra y escriba su observación:

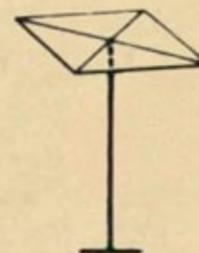


Fig. 5

Repita el experimento con la placa rectangular. Anote:

---



---

Luego de discutir con los compañeros, escriba en qué punto está actuando la fuerza-peso de las placas:

---



---

Tome ahora el paralelepípedo de madera y trace las diagonales de las caras (fig. 6).

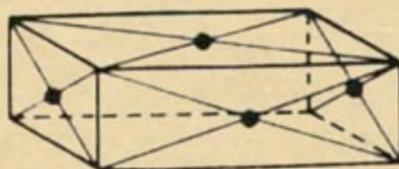


Fig. 6

Discuta con los compañeros y luego de consultar al profesor saque en conclusión dónde se encuentra el CG de un sólido.

---



---



Cuando se estudia la localización del CG de un equipo se verifica que no siempre este punto coincide con el centro geométrico. Vamos a averiguar por qué sucede esto.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Mostrar por qué el CG no siempre coincide con el centro geométrico de un cuerpo.

*MATERIAL NECESARIO:*

- Placa de cartón rectangular (con CG ya determinado)
- Soporte universal
- Chapa de protección
- Chapa fina de plomo

*EXPERIMENTOS:*

Tome la placa de cartón con CG determinado.

Equilíbrela en el soporte (fig. 7).

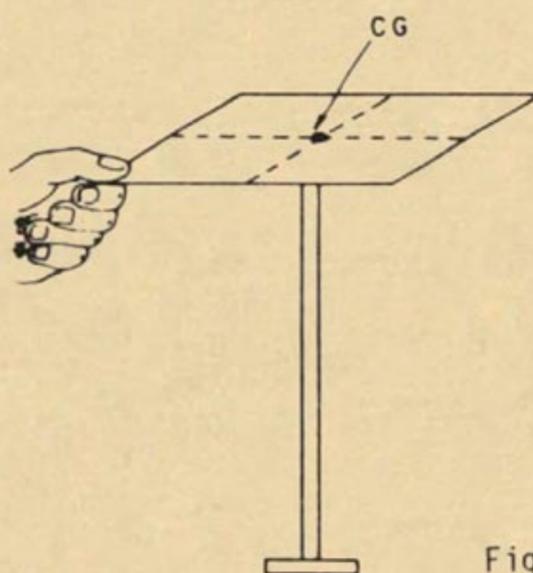


Fig. 7

Observe en qué punto se equilibró.

Asegure la chapita de plomo en uno de los bordes de la placa (fig. 8).

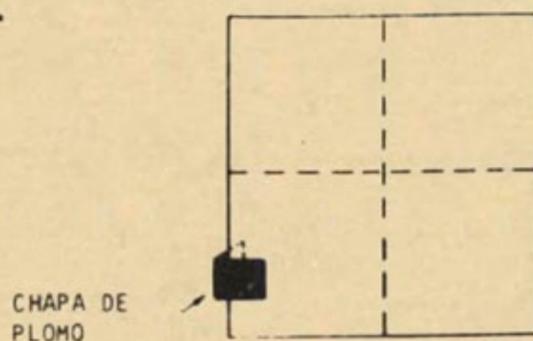


Fig. 8



Procure equilibrarla nuevamente en el cruzamiento de líneas.

Anote lo que observó sobre la posición del CG y por qué sucedió esto:

---



---

Determine nuevamente el CG manteniendo la chapita de plomo (fig.9).

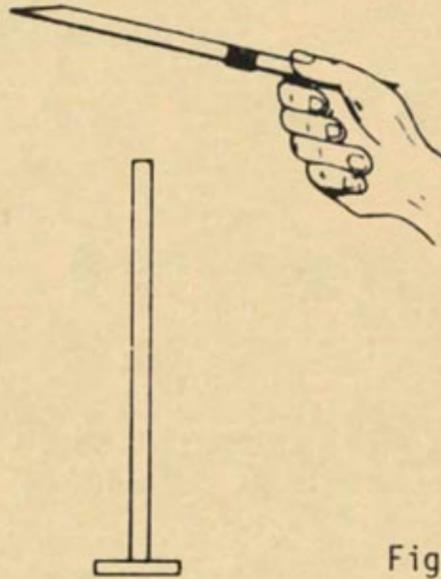


Fig. 9

Discuta con los compañeros y responda como conclusión:

a) ¿El centro de gravedad de un cuerpo siempre coincide con el centro geométrico? \_\_\_\_\_

---

b) ¿Qué fue lo que influyó en el cambio del CG del primero al segundo experimento? \_\_\_\_\_

---

c) ¿Por qué? \_\_\_\_\_



Obsérvese seguidamente que el centro de gravedad de un cuerpo irregular puede no estar localizado dentro de la masa del cuerpo. Usted verificará esto por medio del experimento siguiente.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Determinar el CG de cuerpos de formas irregulares.

Verificar si el CG está en la masa del cuerpo.

*MATERIAL NECESARIO:*

Placa de forma irregular

Eje de suspensión

Plomada

Placa de forma cóncava

*EXPERIMENTO:*

Tome una de las placas y determine el centro de gravedad de la forma que usted ya sabe (fig. 10).

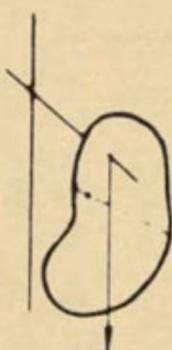


Fig. 10

Haga lo mismo con la otra placa (fig.11).

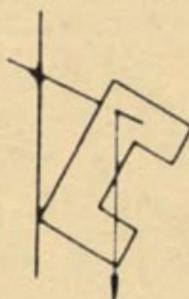


Fig.11

Examine dónde se localiza el CG de cada una de ellas.

Escriba sus observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

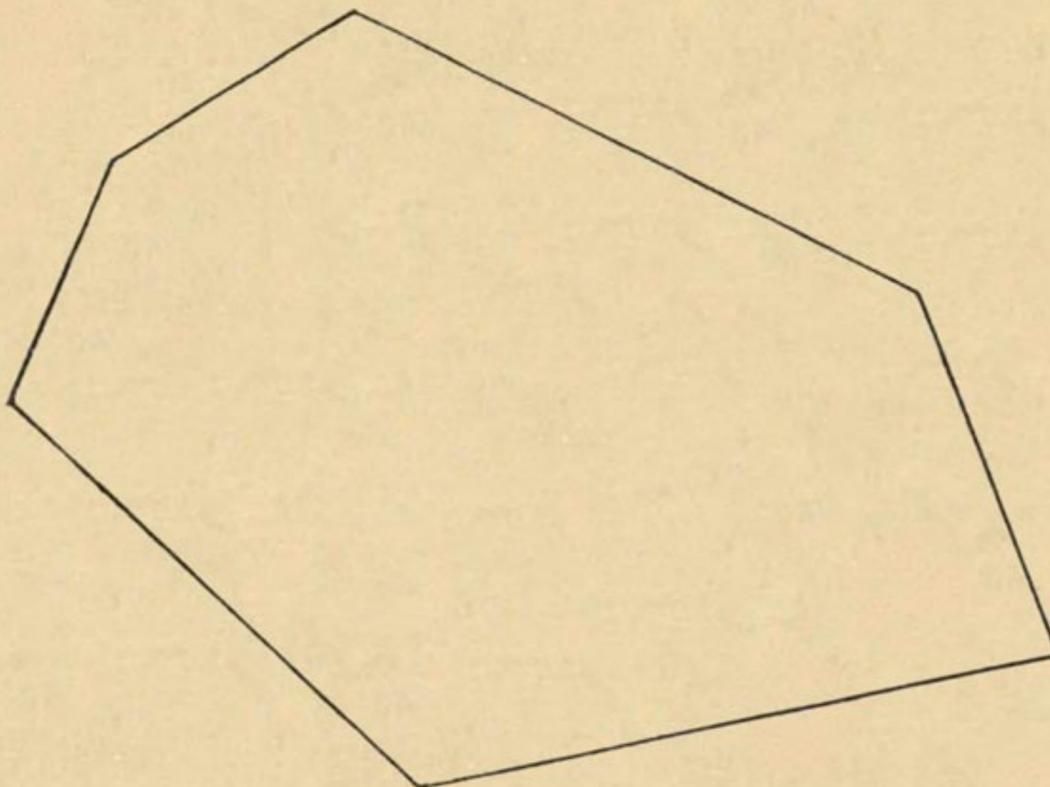


- a) Lea y coloque "F" (falso) o "V" (verdadero):
- ( ) El centro de gravedad de un cuerpo está localizado siempre en su centro geométrico.
  - ( ) En el cruce de las diagonales de un rombo se sitúa su centro de gravedad.
  - ( ) En un triángulo equilátero el centro de gravedad está situado en la intersección de sus bisectrices.
  - ( ) El centro de gravedad de un cuerpo no tiene relación con el peso de ese cuerpo.
  - ( ) El centro de gravedad puede estar situado fuera del cuerpo material en algunos casos, como por ejemplo el CG de una canoa.

b) Complete:

Para determinar el CG de un cuerpo irregular se suspende sucesivamente el cuerpo por dos \_\_\_\_\_ cualesquiera, trazando las \_\_\_\_\_ que pasan por esos puntos. En la \_\_\_\_\_ de esas líneas se encuentra siempre el \_\_\_\_\_ del cuerpo.

c) Recorte y determine experimentalmente el centro de gravedad de la figura:





Observe los carros (fig. 12).

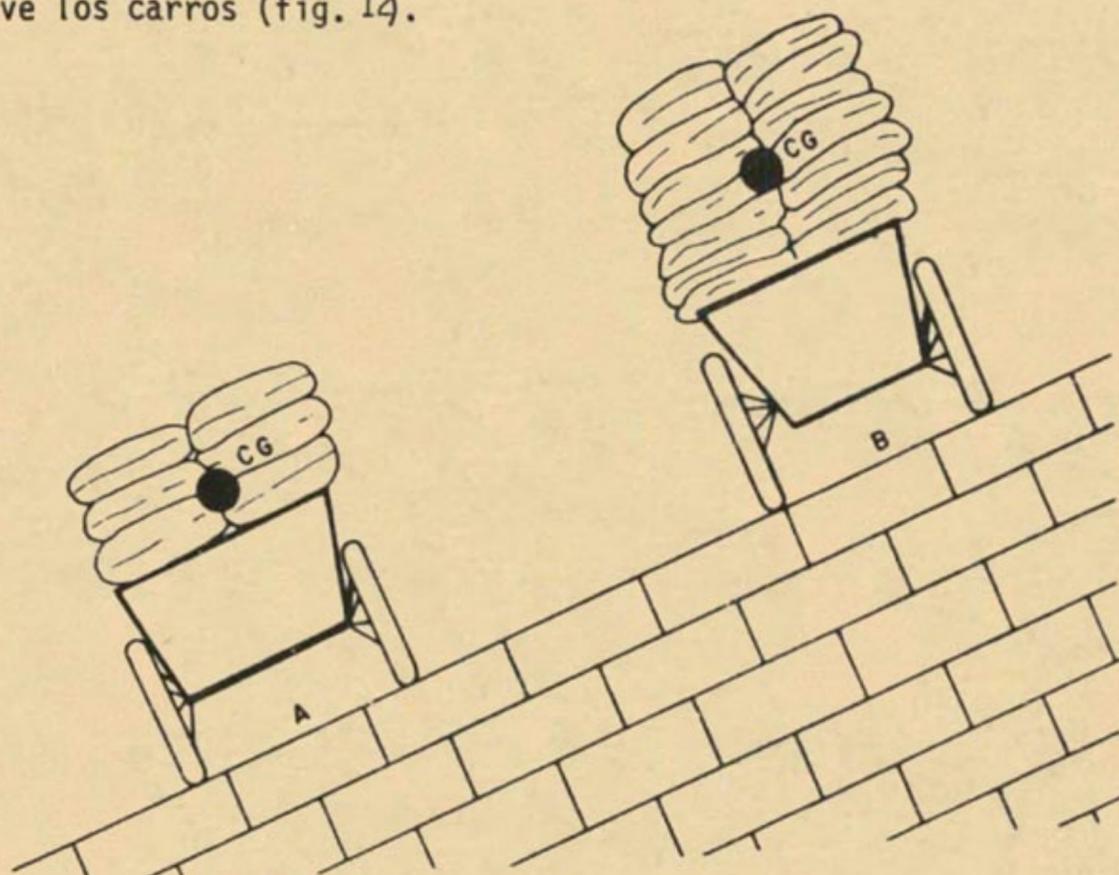


Fig. 12

Ambos están inclinados, pero uno tiene más carga que el otro. Usted puede observar también que sus CG están en lugares diferentes. ¿Cuál de los dos va a volcarse? ¿Ninguno? ¿Ambos? Para responder a esas preguntas, usted va a realizar algunos experimentos.

El equilibrio de un cuerpo depende de la situación de su centro de gravedad pues, como ya se vió, se considera ese punto como si todo el peso del cuerpo estuviera concentrado allí. Es el punto en el cual la resultante de todas las fuerzas-peso de todas las partículas del cuerpo está aplicada.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Determinar las condiciones de equilibrio de los cuerpos suspendidos y de los cuerpos apoyados.

*MATERIAL NECESARIO:*

Soporte universal	Fijador
Varilla auxiliar	Plomada
Chapa de protección	Placa irregular de cartulina
Bloque de madera	Chinches
Atadura (elástico)	Tabla

**EXPERIMENTO:**

Suspenda la placa por uno de los puntos de suspensión (P.S.).

Fije la plomada por este mismo punto (fig. 13).

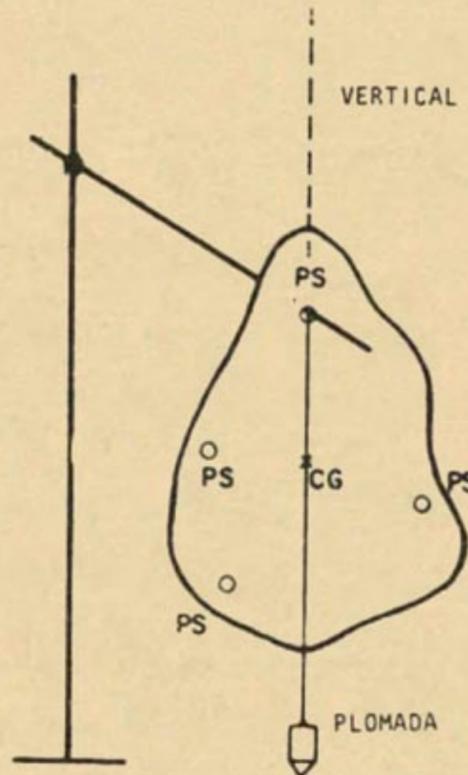


Fig. 13

Espere a que la placa y la plomada se detengan.

En esta posición de equilibrio la plomada indica la dirección de la *vertical que pasa por dos puntos.*

Responda:

¿Qué dos puntos son esos?

---

Confirme lo que observó suspendiendo la placa por otros P.S.

Ahora apoye el bloque en la tabla.

Fije la plomada en el CG.



Observe el montaje de la figura 14.

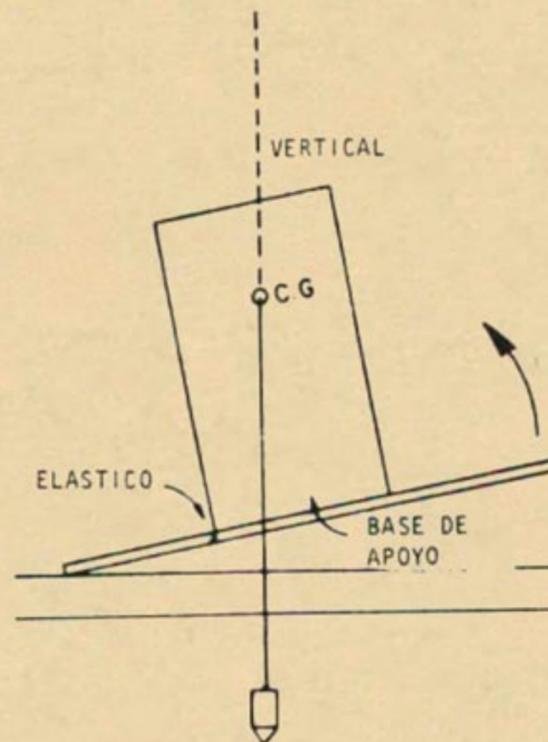


Fig.14

Vaya levantando de a poco la tabla.

Observe que en tanto el bloque queda en equilibrio, la plomada indicará *la vertical que pasa por el CG y caerá dentro de la base de apoyo del bloque.*

En el momento del desequilibrio, ¿qué se observa en la vertical respecto a la base de apoyo?

Anote la respuesta:

---

Repita nuevamente el experimento.

Discuta con sus compañeros y responda:

a) ¿Cuál es la condición de equilibrio de los *cueros suspendidos*?

---



---

b) ¿Cuál es la condición de equilibrio de los *cueros apoyados*?

---



---



Hay condición de equilibrio de un cuerpo suspendido, cuando la vertical que pasa por el punto de suspensión pasa también por el centro de gravedad. Se vió además que un cuerpo apoyado está en equilibrio cuando la vertical que pasa por su CG cae dentro de la base de sustentación del cuerpo. Resumiendo: el equilibrio de un cuerpo está relacionado con su centro de gravedad (fig.15).

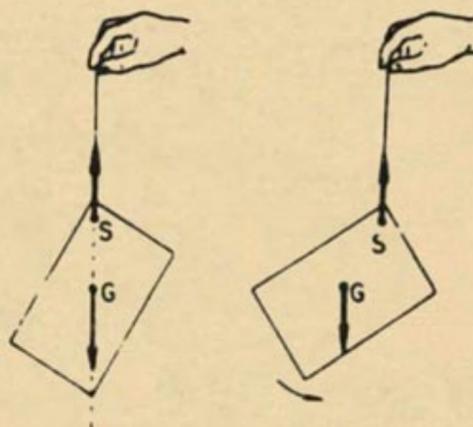


Fig. 15

El equilibrio de un cuerpo puede ser considerado de tres maneras diferentes: equilibrio estable, equilibrio inestable y equilibrio indiferente.

Tratándose de un cuerpo suspendido, por ejemplo, podemos suspenderlo por un punto que esté encima del CG, abajo del CG o coincidiendo con el CG.

El equilibrio en esos casos es llamado *ESTABLE*, *INESTABLE* o *INDIFERENTE*, respectivamente (fig.16).

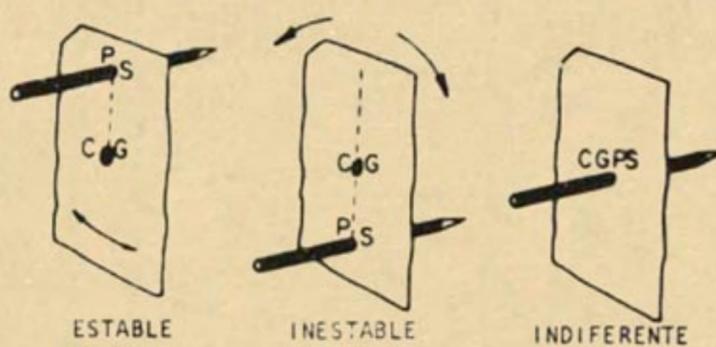


Fig. 16

Resumiendo:

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| 1º EQUILIBRIO ESTABLE     | CG abajo del PS        |
| 2º EQUILIBRIO INESTABLE   | CG encima del PS       |
| 3º EQUILIBRIO INDIFERENTE | CG coincidiendo con PS |



En las figuras 1 y 2 podemos observar que si el cuerpo se saca de su posición de equilibrio, volverá a la misma posición siempre; el equilibrio entonces será estable.

En el segundo caso, un pequeño esfuerzo sobre el cuerpo será bastante para sacarlo de su posición sin posibilidad de volver a ella: es el equilibrio inestable. Por último, en cualquier posición que se coloque el cuerpo, este permanecerá allí en equilibrio indiferente, si su CG coincide con el PS.

Es de la mayor importancia equilibrar una pieza cuando se coloca en el torno. Note que el CG debe coincidir con el eje de sustentación AA', pues así el equilibrio será indiferente (fig.17).

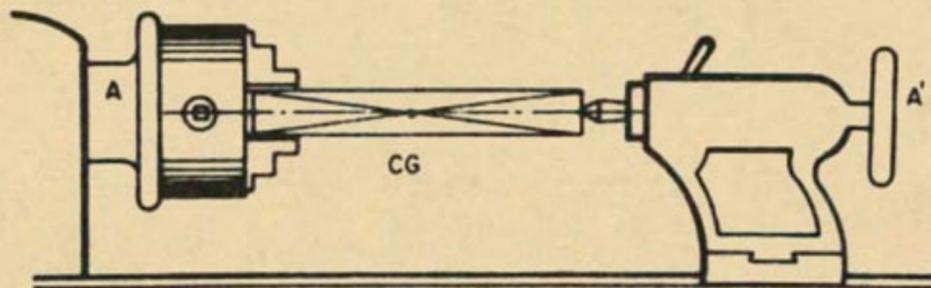


Fig. 17

También, cuando se desea centrar una pieza en la platina, se procura hacer coincidir el CG de la pieza con el eje AA' para que el equilibrio sea indiferente (fig.18).

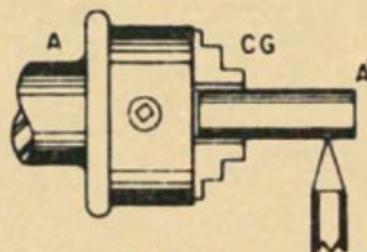


Fig. 18

Como se ve, cuando se procura hacer coincidir el CG de la pieza con el eje AA', no se hace otra cosa que hacer coincidir el CG de la pieza con el punto de sustentación estudiado en los experimentos ya hechos.

Siempre que se colocan ruedas, engranajes, poleas, volantes, etc. en sus respectivos ejes, hay necesidad de que el CG de esas piezas coincida con el punto de sustentación (eje). Se obtiene así el equilibrio indiferente de las piezas (fig.19). Esa práctica es conocida por el nombre de *balanceo*.

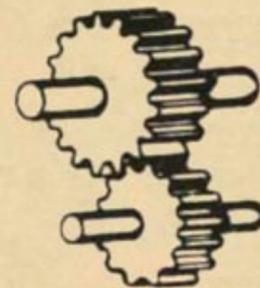


Fig. 19



Veamos el caso de la estabilidad de los cuerpos apoyados (fig.20).

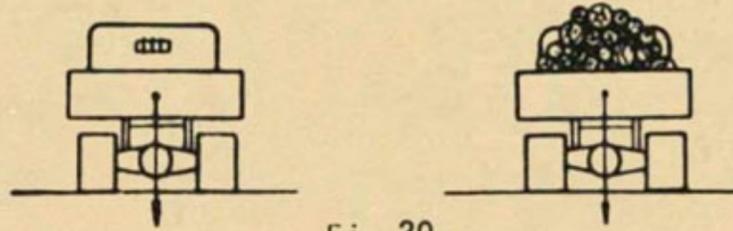


Fig.20

Si preguntáramos cuál de los dos vehículos arriba esquematizados está en equilibrio estable, ciertamente la respuesta sería: tanto uno como el otro.

¡Claro! Los dos están dentro de las condiciones de equilibrio estable.

Sin embargo se puede afirmar que la "estabilidad" del primer vehículo es mayor que la del segundo. La razón de eso es el hecho de que el CG del primer vehículo está más abajo que el CG del segundo vehículo (fig. 21).

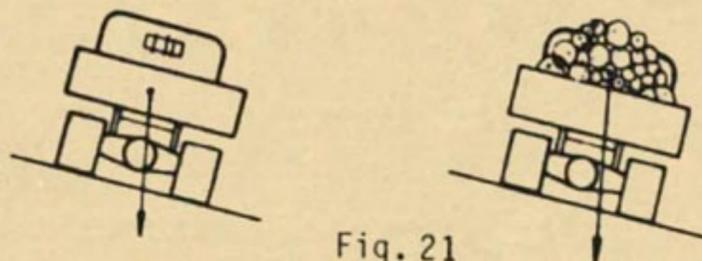


Fig. 21

El segundo vehículo, por tener su CG más alto, se podrá volcar más fácilmente.

Por ese motivo, los automóviles de carrera son muy bajos (fig.22).



Fig.22

Las grandes grúas usadas en las obras públicas (excavaciones, construcción de edificios, etc.) están montadas en bases mecánicas de gran masa (peso) para bajar lo más posible al centro de gravedad del conjunto. Así habrá más estabilidad de la máquina (fig.23).

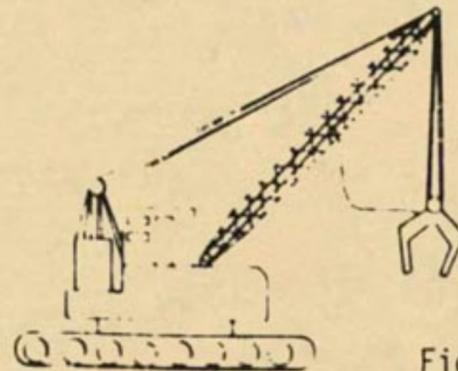


Fig.23



Condiciones para el equilibrio estable de los cuerpos apoyados:

Área de apoyo lo mayor posible.

Centro de gravedad lo más bajo posible.

Vea la figura 24:

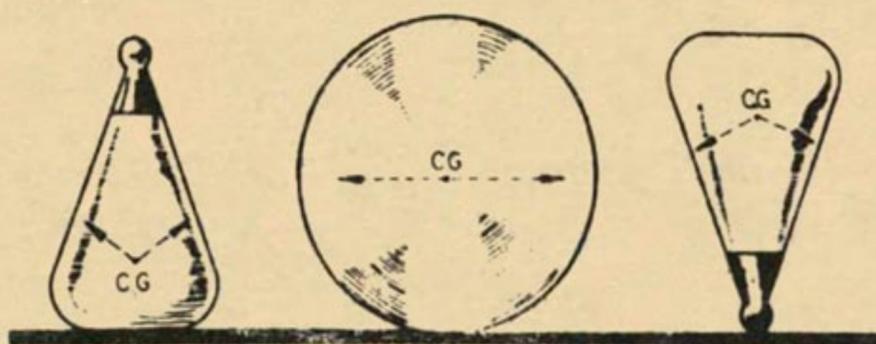


Fig.24

Identifique y escriba abajo de cada uno, el tipo de equilibrio experimentado si fueran movidos de su posición.

## PRUEBA No.1

1. El punto de aplicación de la fuerza de un cuerpo se localiza en su centro de gravedad:

Cierto ( )

Falso ( )

2. La fuerza de aplicación se realiza:

( ) En todas las partículas de los cuerpos

( ) Solo en la parte de los cuerpos que está mirando hacia el suelo

( ) Solo en la mitad de los cuerpos

( ) Solo en la parte superior de los cuerpos

3. Los cuerpos sólidos con distribución de masa irregular (un lado tiene más masa que el otro), el centro de gravedad se encuentra en:

( ) En el cruce de sus diagonales internas

( ) En el cruce de sus diagonales externas

( ) Cerca a la parte que tiene más masa

( ) Cerca a la parte que tiene más masa

4. Centro de gravedad virtual es aquel que se encuentra:

( ) Dentro de la masa de los cuerpos

( ) En la diagonal interna de los cuerpos

( ) En la diagonal externa de los cuerpos

( ) Fuera de la masa de los cuerpos

## PRUEBA No.1

Continuación....

5. Un cuerpo suspendido estará en equilibrio inestable cuando el centro de gravedad se encuentra:
- ( ) Encima del punto de suspensión y en la misma dirección
  - ( ) Debajo del punto de suspensión y en la misma dirección
  - ( ) Al lado izquierdo del punto de suspensión
  - ( ) Coincidiendo con el punto de suspensión
6. Los carros de carreras usan neumáticos anchos para aumentar la estabilidad; esto se explica porque:
- ( ) El centro de gravedad se encuentra posiblemente más abajo
  - ( ) El centro de gravedad se encuentra posiblemente más alto
  - ( ) La mayor base de apoyo de los neumáticos
  - ( ) La construcción del motor del carro Fórmula 1

Siempre que efectuamos esfuerzo sobre un cuerpo decimos que "estamos haciendo fuerza". En la práctica este esfuerzo significa empujar o tirar de un objeto, en otras palabras, "hacer fuerza".

Después de algunos experimentos usted podrá entender mejor la noción de fuerza.

*OBJETO DE LOS EXPERIMENTOS:*

Verificar los efectos de una fuerza.

*MATERIAL NECESARIO:*

Plasticina o arcilla de modelar  
Bloque de madera  
Chapa de protección  
Tabla (500 mm x 100 mm x 15 mm)  
Soporte universal  
Varilla auxiliar  
Fijador

*EXPERIMENTOS:*

Tome la arcilla entre los dedos (fig.25).

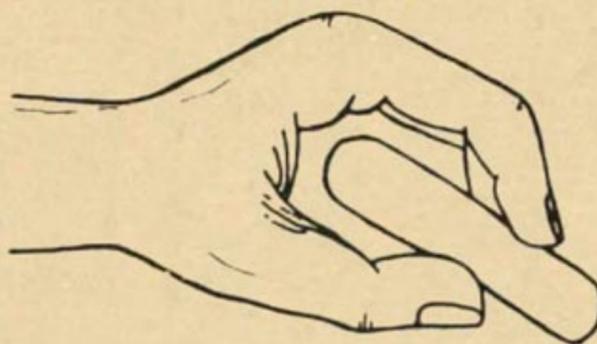


Fig.25

Aplique una fuerza sobre la arcilla y anote lo que sucedió con la misma:

Coloque el bloque de madera sobre la chapa de protección.



Aplique una fuerza como muestra la figura 26

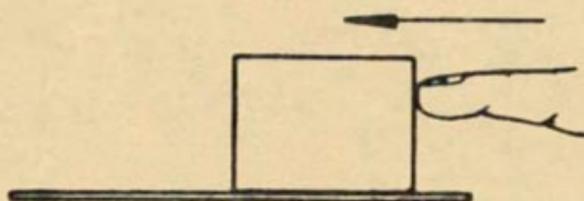


Fig. 26

Responda:

¿Cuál fue el efecto de la fuerza aplicada?

---



---

Monte un plano inclinado.

Deje deslizar el bloque de madera (fig. 27).

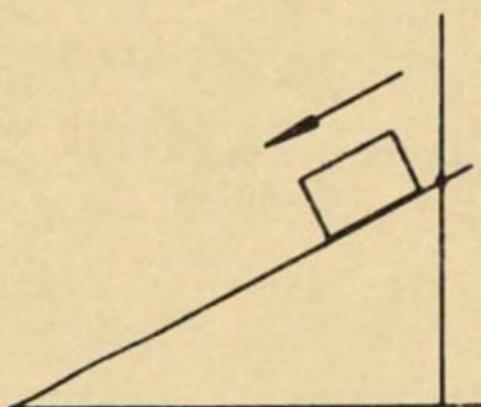


Fig. 27

Hágalo parar en la mitad del camino.

¿Qué aplicó su mano para que parase el bloque?

---

Discuta con los compañeros, consulte sus anotaciones y llene los espacios en blanco del cuestionario para confirmar lo que usted aprendió sobre los efectos de una fuerza:

- a) Cuando una fuerza aplasta un cuerpo, produce su \_\_\_\_\_
- b) Una fuerza ejercida sobre un auto puede \_\_\_\_\_
- c) Si un cuerpo está en movimiento, una fuerza puede hacerlo \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- d) Las fuerzas pueden \_\_\_\_\_ movimiento o también modificarlo.

Es difícil definir la fuerza, pero a pesar de ello, podemos medirla. La unidad de medida de fuerza en Física es el *NEWTON* (símbolo N). En la vida diaria, también se acepta otra unidad llamada *KILOGRAMO-FUERZA* (símbolo kgf).

Un kilogramo-fuerza (kgf) vale aproximadamente 10 Newtons (N).

$$1 \text{ kgf} \approx 10 \text{ N} ; 1 \text{ N} \approx 0,1 \text{ kgf}$$

Cuando se habla de una fuerza aplicada a un cuerpo no es suficiente decir cuál es su valor en N o en kgf. Es necesario también decir en qué dirección y en qué sentido se aplica: de arriba para abajo, de abajo para arriba, de la izquierda a la derecha, etc. Por eso se debe usar un símbolo especial para representar una fuerza. Ese símbolo es el vector. Así, como las cifras representan números, los vectores pueden representar fuerzas.

Todos los vectores tienen los siguientes elementos:

*ORIGEN*

*MÓDULO (INTENSIDAD)*

*DIRECCIÓN Y SENTIDO*

Vamos a representar gráficamente un vector-fuerza. Supongamos que tenemos una fuerza de 3 kgf.

Escogemos, por convención:  $1 \text{ kgf} = 1 \text{ cm}$



*Punto de Aplicación (Origen)*

*Intensidad de la fuerza - 3 kgf*

*Dirección de la fuerza - Dirección de la recta "r", soporte del vector.*

*Sentido de la fuerza - Sentido de la flecha a partir del origen o a partir del PUNTO DE APLICACIÓN.*

No siempre se hace un dibujo cuando se quiere representar una fuerza cualquiera. Generalmente se simboliza la fuerza con una letra  $\vec{F}$  con una flecha, lo que significa que se trata de un vector. Cuando se quiere simbolizar solamente la intensidad (valor numérico) de la fuerza bastará escribir la letra  $F$  sin flecha.

Ejemplo:  $F_1 = 30\text{kgf}$

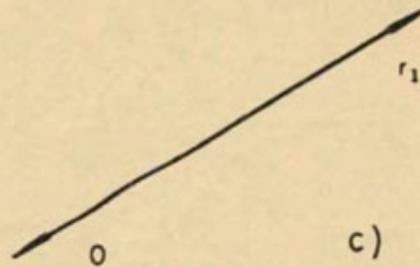
Resuelva los siguientes ejercicios:

A. Tomando como padrón  $1\text{ kgf} = 1\text{ cm}$  ( $\overrightarrow{1\text{ cm}}$ ), represente las siguientes fuerzas:

- 3kgf, dirección vertical, sentido para arriba.
- 5kgf, dirección horizontal, sentido a la izquierda.
- $\vec{F} = 500\text{gf}$ , dirección de la recta  $r_1$ , sentido de  $O$  para  $r_1$ .

a)

b)



c)

B. Coloque correctamente el vector de la fuerza que está actuando en las figuras 28 y 29.

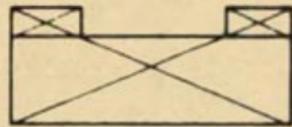


Fig. 28

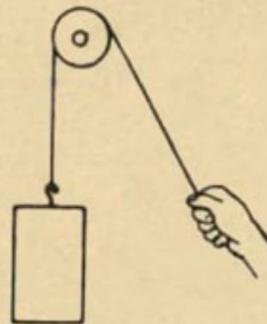


Fig. 29

¿Cómo haremos para representar una fuerza en una determinada situación?

El brazo hace fuerza en el sentido de abajo hacia arriba, con la dirección vertical y está aplicada en el asa del balde (fig. 30). La intensidad en (gf) o (kgf) está representada por la longitud del vector.

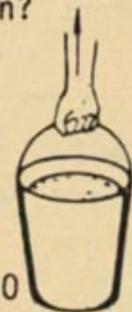


Fig. 30



En las figuras 31 y 32 coloque los vectores que representan las fuerzas-peso.

Peso = 20kgf

Escala = 1 cm = 10kgf

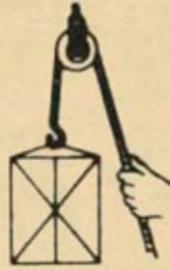


Fig. 31

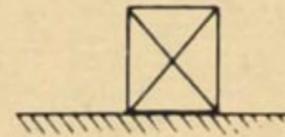


Fig. 32



Vimos que una fuerza produce o modifica el movimiento, o puede, también, causar deformaciones.

Observando sólo el efecto que produce una fuerza no puede en general conocerse su intensidad ya que de acuerdo a la dirección y el sentido de aplicación varían sus efectos.

Por eso es que una fuerza tiene cuatro elementos que usted identificará experimentalmente.

Los elementos de una fuerza son los siguientes:

*Punto de aplicación*

*Dirección de la fuerza*

*Sentido de la fuerza*

*Intensidad de la fuerza*

*Punto de aplicación*

Es el lugar donde se aplica la fuerza al cuerpo.

*Dirección de la fuerza*

Una fuerza se puede aplicar a un cuerpo en cualquier dirección. Por ejemplo: podemos empujar un cuerpo en dirección norte-sur o este-oeste, o nordeste-sudoeste y en muchas otras. Es posible también correr un cuerpo en *dirección vertical* que puede ser tanto para arriba como para abajo.

No se olvide tampoco que un desplazamiento en la *dirección horizontal* no define si la fuerza aplicada es de la izquierda para la derecha o al revés.

*Sentido de la fuerza*

En el ejemplo anterior, si una fuerza actúa horizontalmente, se necesita decir al mismo tiempo si el *sentido de la fuerza* es de la derecha para la izquierda o al revés. *Sentido de una fuerza* es, pues, un elemento que completa el elemento *dirección de una fuerza*.

*Intensidad de la fuerza*

Se llama intensidad de la fuerza la cantidad de esfuerzo aplicado a un cuerpo para obtener un efecto deseado. Este elemento es independiente de los otros, pero solo no caracteriza la fuerza. Apenas nos dice cuánto tenemos que tirar o empujar, mas no define "cómo" o "dónde".

**OBJETO DEL EXPERIMENTO:**

Identificar los cuatro elementos de una fuerza.

**MATERIAL NECESARIO:**

Bloque de madera con gancho

Cordón

Polea

Pesas cilíndricas

Soporte universal

Varilla auxiliar

Fijador

Chapa de protección

**EXPERIMENTO:**

Haga la experiencia de la figura 33.

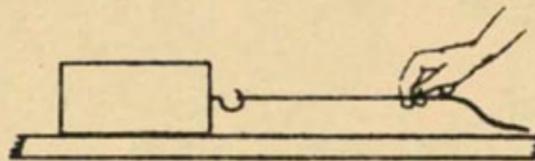


Fig. 33

Indique en la figura 34 el punto de aplicación de la fuerza.

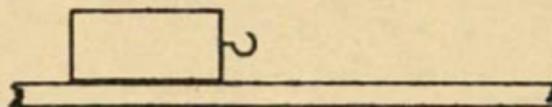


Fig. 34

Observe ahora que la *dirección de la fuerza* de la figura 1 es la dirección de la superficie de la mesa.

En la figura 33, el cuerpo está siendo tirado. *¿En qué sentido?*

Escriba la respuesta: \_\_\_\_\_

Haga el montaje de acuerdo con la figura 35.

Aplique varias fuerzas al cuerpo por medio de pesas de 100 gf, 200 gf y 500 gf.

Observe cada caso y responda lo que vió que sucedió a medida que se aumentó la *intensidad de la fuerza* aplicada al mismo cuerpo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

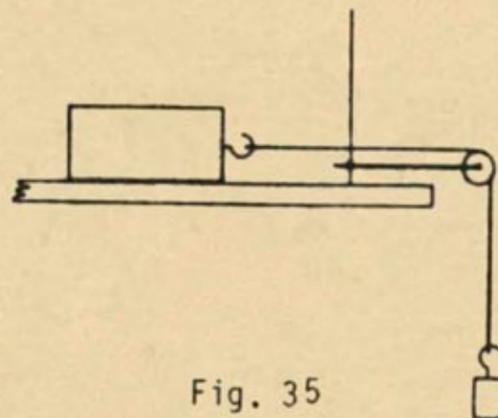


Fig. 35

En la figura 36 se puede observar que el burro y el hombre hacen fuerza en la misma dirección y en el mismo sentido.

En este caso, la fuerza que realmente mueve el carro hacia adelante es la combinación de las dos fuerzas, o en otras palabras, es la resultante de la fuerza del burro y del hombre.

En la figura 37, el burro no quiere empujar al carro y el hombre quiere obligarlo a hacerlo, tirando al animal de la rienda. Si el carro no se mueve, *la resultante* de las dos fuerzas es nula, visto que cada cual tira para su lado y se trata de dos fuerzas iguales en intensidad.

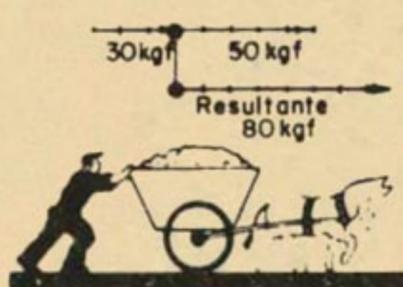


Fig. 36

Escala: 3mm = 10 kgf

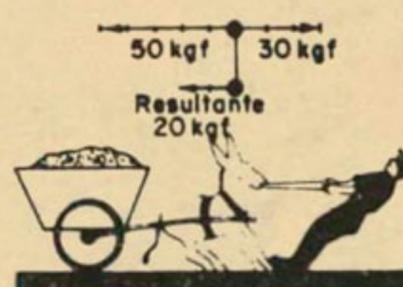


Fig. 37

Pero en un momento dado, la fuerza del burro es mayor que la del hombre y el carro retrocede. Entonces en esta situación *la resultante* de las fuerzas no es más nula, pues aunque cada una empuje en sentido contrario, la intensidad de las fuerzas deja de ser la misma.

En cualquiera de los ejemplos citados, la resultante de un sistema de fuerzas es *una fuerza única* que produce sola el mismo efecto que todas las fuerzas componentes del sistema.

Tenemos otro ejemplo de resultante de un sistema de fuerzas:

El piloto de un avión sabe en qué dirección la fuerza del viento arrastra a su avión, y en qué dirección la fuerza de los motores debe actuar para que pueda equilibrar la del viento y llegar al aeropuerto de destino. La figura 38 muestra la resultante de las dos fuerzas en este caso.



Fig. 38

Vea este juego (fig. 39):

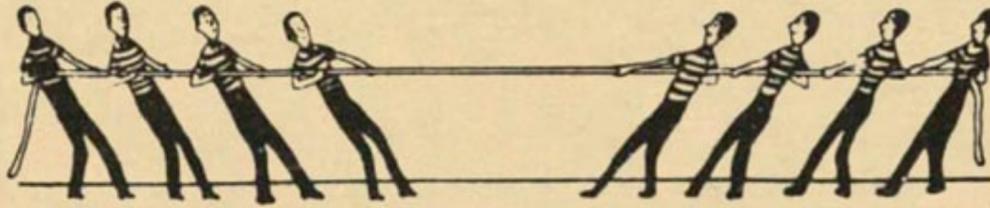


Fig.39

Suponga que cada niño hace una fuerza de 10 kgf.

$$F_1 = 40 \text{ kgf}$$

$$F_2 = 40 \text{ kgf}$$

Si  $F_1 = F_2$ , ¿Cuál será la resultante?

Respuesta: \_\_\_\_\_

Si  $F_1 > F_2$ , por ejemplo  $F_1 = 50 \text{ kgf}$  y  $F_2 = 40 \text{ kgf}$

¿Cuál será el valor de la resultante y en qué sentido actuará?

Respuesta: \_\_\_\_\_



La resultante de un sistema de fuerzas es otra fuerza que sola sustituye la acción de todas las fuerzas del sistema.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Constatar que la resultante sola sustituye la acción de las fuerzas componentes de un sistema.

*MATERIAL NECESARIO:*

Soporte universal	Pesas
Fijador	Chapa de protección
Varilla auxiliar	Escala de papel milimetrado
Dinamómetro con elástico adecuado	Pegamento

*EXPERIMENTO:*

Haga el montaje de la figura 40 y marque el punto cero (0) en el papel milimetrado.

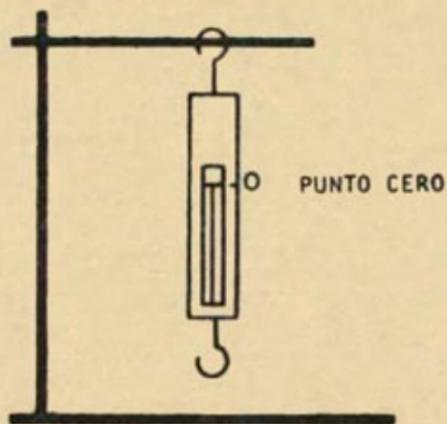


Fig. 40

Aplique una fuerza en el gancho índice, colocando una pesa de 100 gf.

Coloque ahora una pesa de 200 gf junto con la de 100 gf (fig. 41).

Marque la nueva posición del índice en el papel milimetrado.

Observe cuántas fuerzas actúan sobre el dinamómetro.

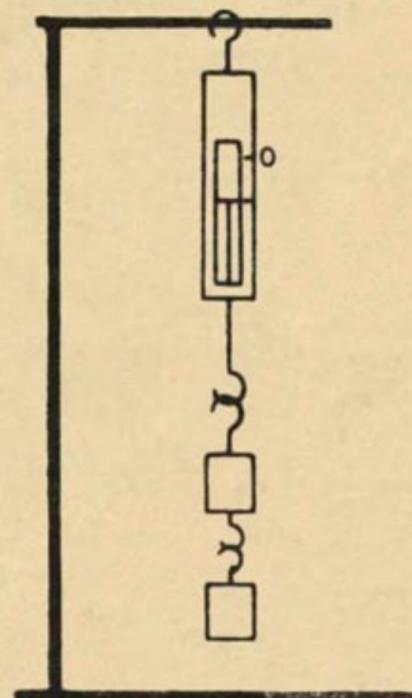


Fig. 41



Sustituya ahora las fuerzas por otra de 300 gf (fig.42).

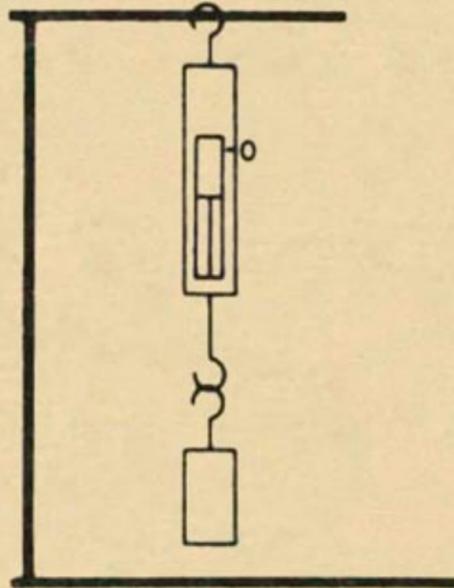


Fig.42

Verifique la posición del índice y anote si hubo algún cambio:

---

Fíjese bien cuantas fuerzas actúan esta vez.

Usted acaba de verificar que:

*LA RESULTANTE ES UNA FUERZA QUE SOLA REPRESENTA LAS FUERZAS COMPONENTES.*

Cuando dos o más fuerzas actúan sobre un cuerpo y tienen el mismo punto de aplicación, decimos que se trata de fuerzas concurrentes. Por ejemplo, dos remolcadores tirando de un navío constituyen un sistema de fuerzas concurrentes (fig. 43).

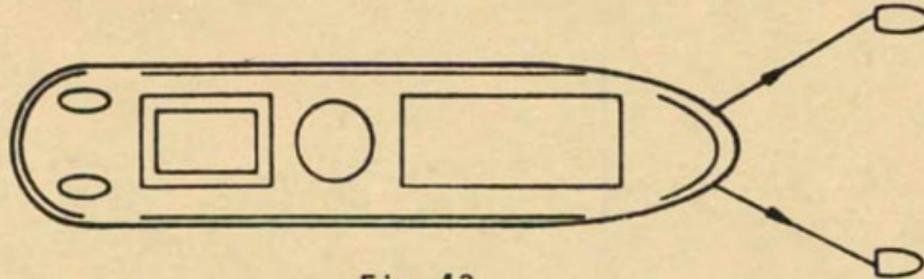


Fig. 43

Cada una de las fuerzas tira del navío para su lado, siendo el movimiento del navío en línea recta para el frente.

**OBJETO DEL EXPERIMENTO:**

Estudiar la resultante de dos fuerzas concurrentes (ángulo de  $90^\circ$ ) y determinar una de sus características.

**MATERIAL NECESARIO:**

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 2 soportes universales | 2 fijadores                |
| 2 varillas auxiliares  | Cordón                     |
| 2 poleas               | Gancho de alambre de acero |
| Pesas                  | Transportador              |
| Chapa de protección    |                            |

**EXPERIMENTO (1a. FASE)**

Haga el montaje de acuerdo con la figura 44.

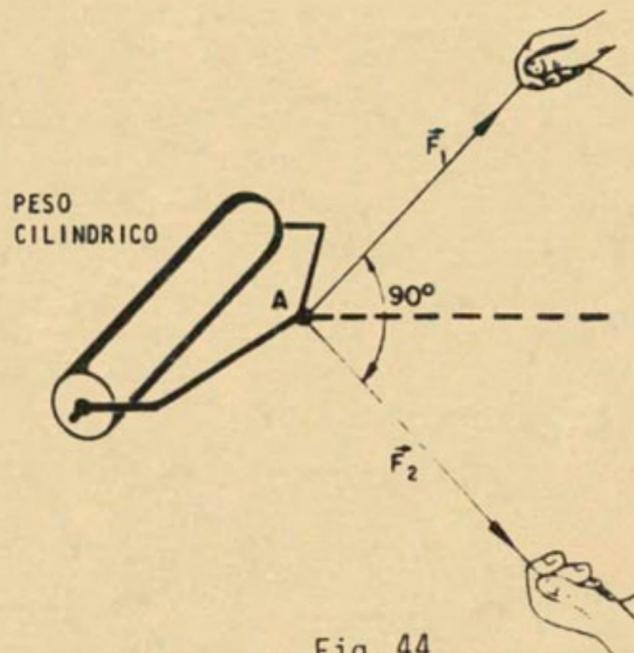


Fig. 44

Pida a sus compañeros que muevan, de a dos, el cilindro.

Haga un esquema con vectores representando  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  y la fuerza *RESULTANTE*, que puede sustituir a las otras dos.

Observe las diferentes direcciones entre las fuerzas concurrentes y la resultante.

Observe también que la *resultante que mueve el cilindro tiene el mismo sentido que las fuerzas concurrentes*.

Haga ahora un montaje semejante al experimento anterior (fig. 45).

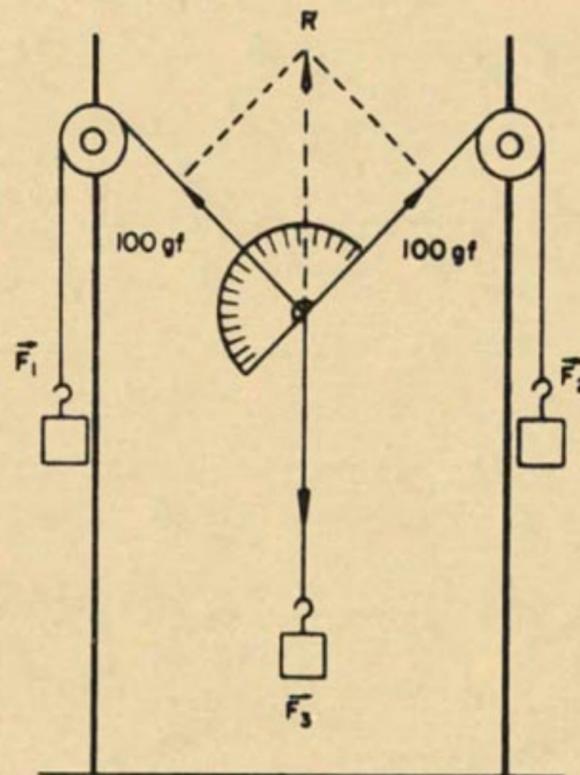


Fig. 45

Con el transportador establezca un ángulo de  $90^\circ$  entre  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .

Investigue la intensidad de la resultante equilibrando  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$  con una fuerza-peso ( $\vec{F}_3$ ).

## OBSERVACIÓN

Comparando las figuras 44 y 45, usted puede observar que la resultante de la figura 2 tiene el mismo sentido que las fuerzas componentes del sistema. ¡Esto es correcto!

En la figura 45, aparentemente la resultante es de sentido contrario a los componentes. Sucede que la fuerza  $\vec{F}_3$  representa en el dibujo al navío (vea la figura 1) que sería tirado por  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ ; luego es una fuerza *equilibrante del sistema*.

La *resultante* es la fuerza idéntica a la *equilibrante*, pero en sentido contrario. En otras palabras, la intensidad de  $\vec{F}_3$  es la intensidad de la resultante  $R$  (fig. 46).

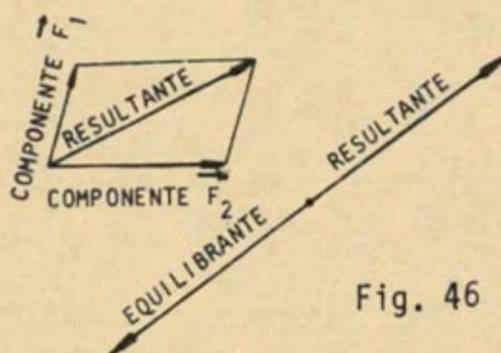


Fig. 46

Discuta con el grupo y responda, como conclusión, tachando la alternativa errónea:

La intensidad de la resultante de dos fuerzas concurrentes, formando ángulo de  $90^\circ$ , es *MAYOR/MENOR* que la suma de las dos fuerzas.

## OBJETO DEL EXPERIMENTO:

Identificar el elemento responsable que modifica la intensidad de la resultante de fuerzas concurrentes.

## MATERIAL NECESARIO:

2 soportes universales  
2 varillas auxiliares  
2 fijadores  
Cordón

2 poleas  
Transportador  
Chapa de protección  
Pesas

## EXPERIMENTO (2a. FASE):

Haga el montaje de acuerdo a la figura 47 y anote en el cuadro el valor de la resultante.

Ángulos	$F_1$ (gf)	$F_2$ (gf)	Resultante (gf)
90°			
120°			
150°			

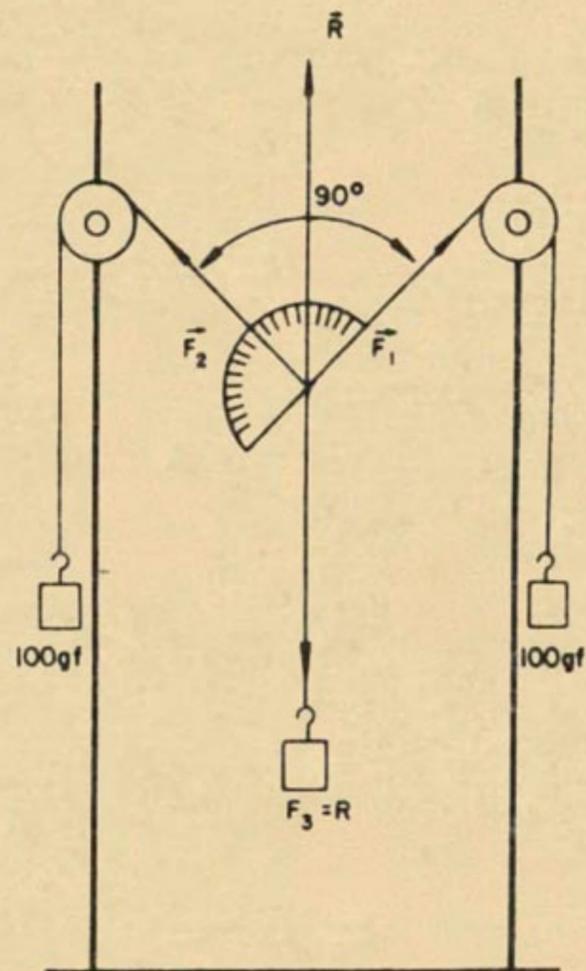


Fig. 47

Verifique el valor de la resultante para los ángulos de 90°, 120° y 150° sin variar la intensidad de las fuerzas  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .

Anote en el cuadro los resultados.

Discuta con sus compañeros y saque en conclusión la forma en que varía la intensidad de la resultante en función del ángulo de las fuerzas concurrentes iguales.

Coloque "F" (falso) o "V" (verdadero):

- ( ) La intensidad de la resultante de dos fuerzas concurrentes no depende del ángulo formado por ellas.
- ( ) A medida que el ángulo de dos fuerzas concurrentes aumenta, la intensidad de la resultante disminuye.
- ( ) La resultante de dos fuerzas concurrentes iguales sería nula si el ángulo que forman fuera 180°.



La resultante de un sistema de fuerzas concurrentes puede ser determinada por un procedimiento gráfico llamado método del paralelogramo de las fuerzas. Usted aprenderá a continuación este método muy práctico para determinar la intensidad, la dirección y el sentido de la resultante.

*OBJETO DE LOS EXPERIMENTOS:*

Calcular gráficamente la resultante de dos fuerzas concurrentes. (Método del paralelogramo).

*MATERIAL NECESARIO:*

2 soportes universales	2 varillas auxiliares
2 poleas	Pesas
Chapa de protección	Cordón

*EXPERIMENTOS:*

Haga el montaje conforme a la figura 48.

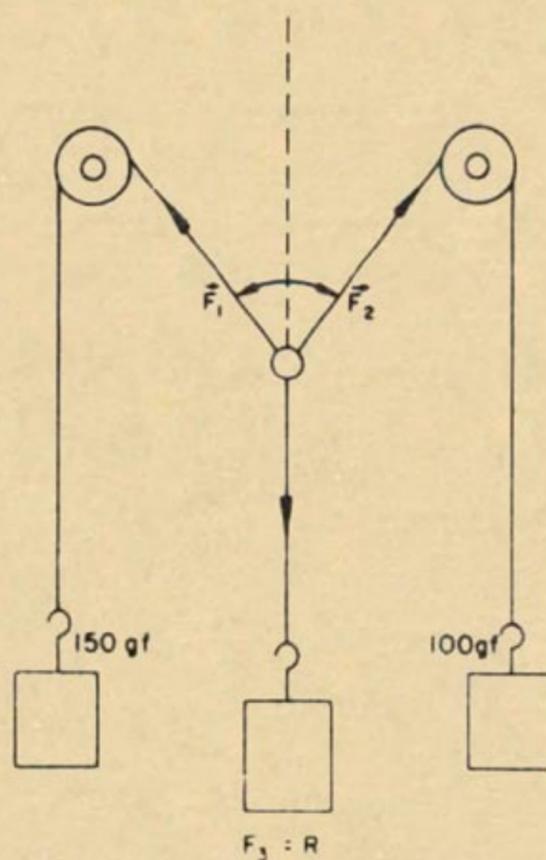


Fig. 48

Establezca un ángulo de  $60^\circ$  entre  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .

Representa gráficamente las fuerzas, usando una escala 1 cm: 50 gf.



Trace un paralelogramo (fig.49) con los vectores  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$  y dibuje la *DIAGONAL DEL PARALELOGRAMO*.

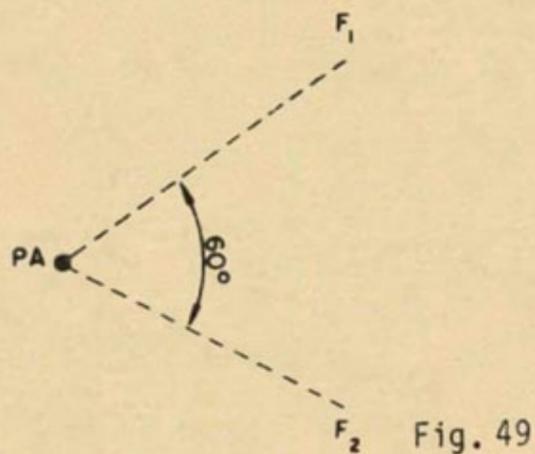


Fig. 49

Mida la diagonal y transforme esta medida en gf, usando la escala 1 cm: 50 gf.

Compare la *RESULTANTE DEL EXPERIMENTO* con la medida de la *DIAGONAL DEL PARALELOGRAMO*.

Use ahora otras fuerzas-peso, como por ejemplo:

$F_1 = 300$  gf y  $F_2 = 400$  gf, con un ángulo de  $90^\circ$ .

Usando escala de 1 cm: 100 gf, repita los experimentos, los dibujos y los cálculos hechos anteriormente.



En los estudios anteriores se vió que dos fuerzas aplicadas a un mismo punto de un cuerpo, pero tirando en direcciones diferentes, se pueden sustituir por una única fuerza (Resultante) que sola produce el mismo efecto sobre el cuerpo que las fuerzas componentes combinadas. Se llama *COMPOSICIÓN DE FUERZAS* al proceso por el cual se determina el valor, dirección y sentido de esa resultante.

Por otro lado existe el problema inverso: una única fuerza puede ser considerada compuesta por otras dos en direcciones diferentes de aquella seguida por la fuerza única. Para mayor claridad, digamos que una fuerza se puede sustituir por otras dos cuyo efecto combinado sea el mismo que el efecto de la fuerza única.

A este procedimiento en que se determinan las características de las fuerzas componentes, se llama *DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS*.

Es el caso en que se hace fuerza en una determinada dirección pero el cuerpo sobre el cual se actúa no se mueve en esa dirección.

Conviene saber entonces cual de las componentes es la fuerza útil, que realmente provoca el traslado del cuerpo.

En el ejemplo de la figura 50, el jardinero hace fuerza sobre la cortadora de césped en la dirección "A", pero la cortadora se mueve hacia el frente en la dirección de la componente "C". La fuerza en la dirección "B" no contribuye al movimiento pues empuja la máquina contra el suelo. Queda pues la fuerza útil "C" que realmente da movimiento a la máquina para el frente.

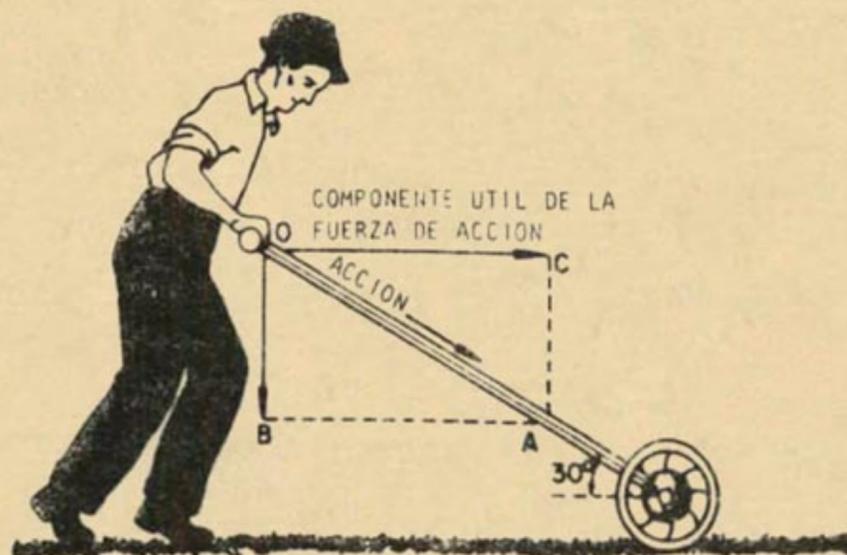


Fig.50



La herramienta que corta el material girando en la platina de un torno (fig. 51) también es un caso de descomposición de fuerzas.

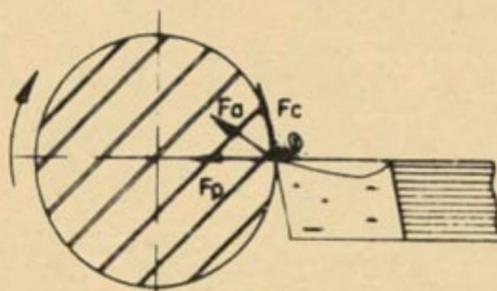


Fig.51

Así la fuerza de acción se descompone en dos: la de penetración y la de corte.

$F_a$  = fuerza de acción

$F_c$  = fuerza de corte

$F_p$  = fuerza de penetración


**RESULTANTE DE UN SISTEMA DE FUERZAS PARALELAS Y DEL MISMO SENTIDO**

Dos o más fuerzas aplicadas en el mismo punto de un cuerpo constituyen un sistema de fuerzas concurrentes. Sin embargo, hay ocasiones en que las fuerzas se aplican en puntos diferentes. El caso más simple es aquel en que dos fuerzas paralelas actúan sobre un cuerpo.

Verifiquemos las características de la resultante en esa hipótesis.

**OBJETO DE LOS EXPERIMENTOS:**

Estudiar la resultante de dos fuerzas paralelas y del mismo sentido.

**MATERIAL NECESARIO:**

- 2 soportes universales
- 2 varillas auxiliares
- 2 fijadores
- Chapa de protección
- Pesas marcadas
- Varilla de aluminio o madera
- Cordón

**EXPERIMENTOS:**

Haga el montaje de acuerdo con la figura adjunta.

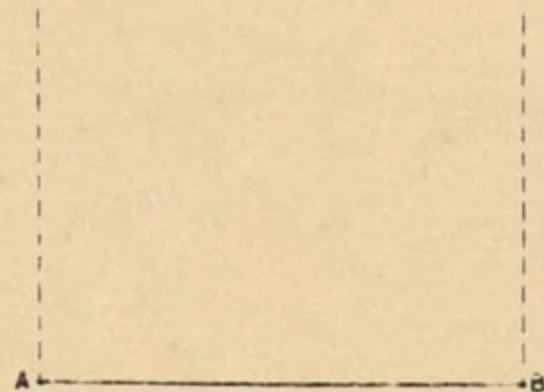
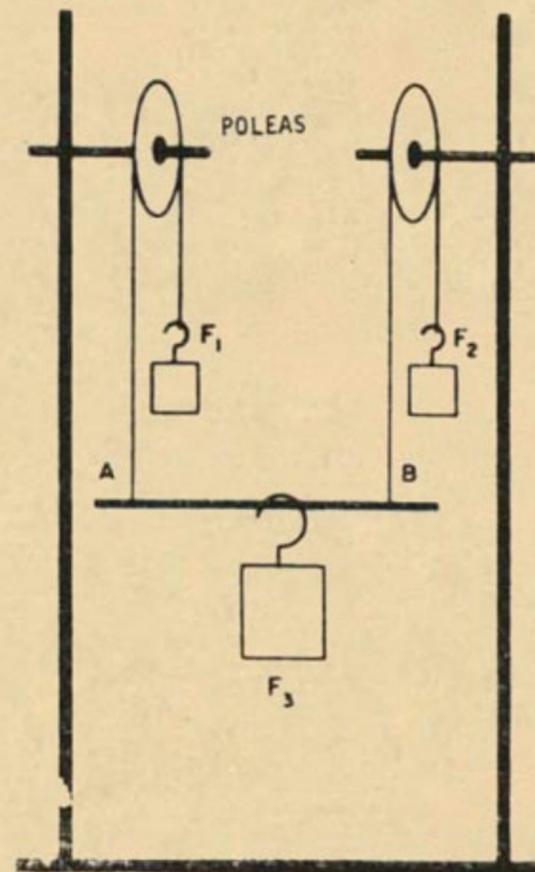
Aplique dos fuerzas-peso ( $F_1$  y  $F_2$ ) iguales en los puntos A y B (por medio de cordones).

Experimente con  $F_1 = F_2 = 100$  gf.

Halle la fuerza-peso resultante  $F_3$  y determine su posición sobre la barra AB.

Represente con vectores las fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  (Escala 100 gf: 1 cm).

(Recuerde la diferencia entre *EQUILIBRANTE* Y *RESULTANTE*).





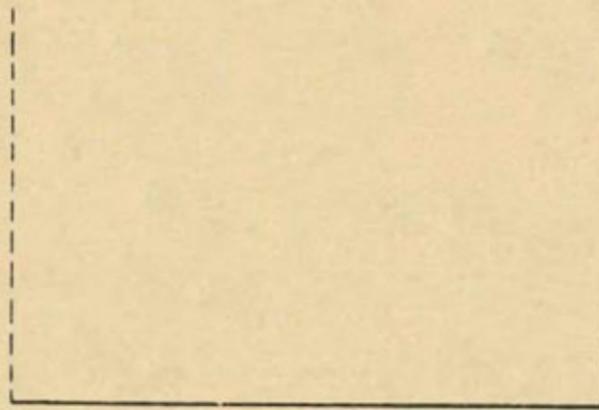
Retire todas las fuerzas-peso.

Procure conservar la varilla AB siempre horizontal.

Repita los experimentos con  $F_1$  y  $F_2$  diferentes:

$$F_1 = 150 \text{ gf}; \quad F_2 = 50 \text{ gf}$$

Represente con vectores las fuerzas y la resultante (use la misma escala anterior).



Discuta con los compañeros, y examinando sus dibujos, llene los espacios en el siguiente cuestionario:

- La resultante de dos fuerzas paralelas de la misma intensidad y sentido, tiene su punto de aplicación \_\_\_\_\_ de las dos fuerzas.
- La intensidad de la resultante de la pregunta anterior es la \_\_\_\_\_ de las intensidades de las componentes.
- Si dos fuerzas paralelas son de intensidades diferentes, la intensidad de la resultante es asimismo \_\_\_\_\_ de las componentes.
- La resultante de dos fuerzas paralelas de intensidades diferentes tiene su punto de aplicación entre las dos fuerzas, está más \_\_\_\_\_ de la fuerza de mayor intensidad y tiene dirección \_\_\_\_\_ a la dirección de las componentes.
- La resultante de dos fuerzas paralelas y del mismo sentido de 16 kgf y de 14 kgf de intensidad respectivamente, es de \_\_\_\_\_ kgf.



El estudio de las fuerzas paralelas aplicadas a un cuerpo tiene mucha importancia en la vida diaria.

*Por ejemplo:*

Las cargas de vehículos de transporte se deben distribuir en la carrocería de manera que la resultante de las cargas se aplique en el centro de la carrocería (fig. 52).

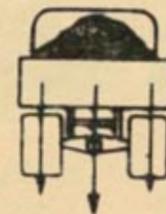


Fig. 52

En caso contrario la carrocería quedará inclinada para el lado de la resultante, con graves perjuicios para el material y la seguridad del tráfico (fig. 53).

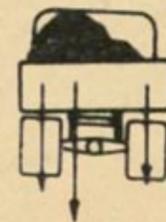


Fig. 53

Este mismo problema puede suceder en el sentido longitudinal del vehículo.

Carga desequilibrada, pues la resultante cae fuera del centro del camión (fig. 54).

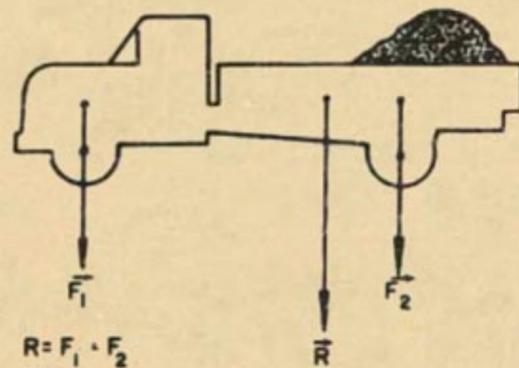


Fig. 54

Carga equilibrada (fig. 55).

En el ejemplo de la figura 56, como  $F_1 > F_2$ , la resultante está más próxima a  $F_1$ . Si no fuera así, los recipientes derramarían su contenido.

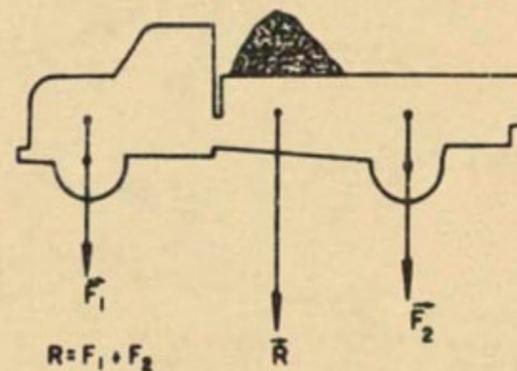


Fig. 55

*Atención:*

$F_3$  es la equilibrante del sistema formado por  $F_1$  y  $F_2$ . La resultante es  $R$ , de la misma intensidad y dirección de  $F_3$ , pero de sentido contrario!

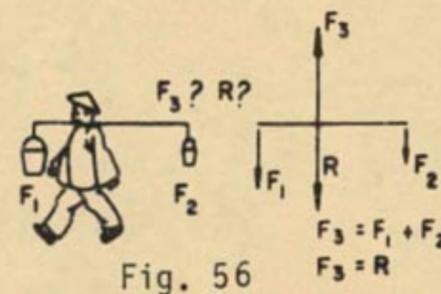


Fig. 56

Observemos al niño del columpio:

Si él se sienta exactamente en el medio del asiento, es tará bien equilibrado (fig.57) porque las fuerzas que tirarán de las cuerdas serán iguales y la resultante es tará en el centro del asiento.

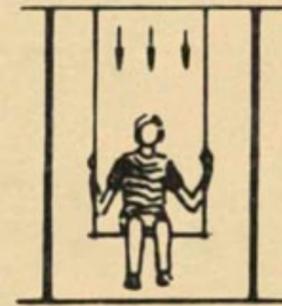


Fig. 57

Si, al contrario, el niño se sienta más a la izquierda (fig. 58), las fuerzas que actúan sobre las cuerdas serán diferentes y el asiento quedará inclinado, porque la resultante estará aplicada fuera del centro del asiento.

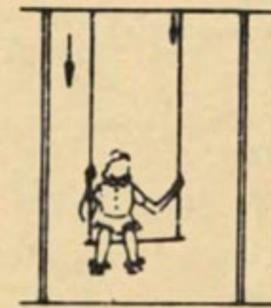


Fig. 58

#### DETERMINACIÓN DE LA RESULTANTE DE DOS FUERZAS PARALELAS Y DEL MISMO SENTIDO

Método Gráfico:

Suponga dos fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  siendo  $F_1 = 20\text{kgf}$  y  $F_2 = 30\text{kgf}$ . La intensidad de la resultante será siempre la suma (fuerzas paralelas) de las dos intensidades (fig.59).

$$R = F_1 + F_2 \therefore R = 20 + 30 \therefore R = 50 \text{ kgf}$$

La dirección de la resultante es la dirección de las componentes. El sentido de la resultante es el sentido de las componentes.

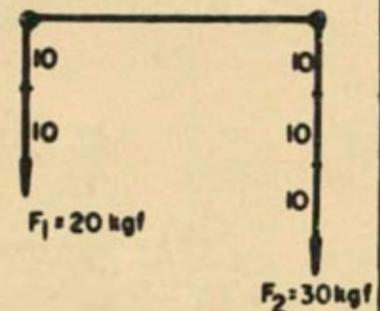


Fig. 59

¿Cómo se determina el punto de aplicación de la resultante?

Proceda de la siguiente forma, como muestra al figura 60.

Aplique la fuerza *menor* ( $F_1$ ) en el punto de aplicación de la *mayor* ( $F_2$ ) pero con *sentido contrario* a  $F_2$ .

Aplique la fuerza *mayor* ( $F_2$ ) en el punto de aplicación de la *menor* ( $F_1$ ) pero en *sentido igual* a  $F_1$ .

Una las dos extremidades de los vectores transportados. El punto de intersección de esa línea con el eje soporte de las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  será el punto de aplicación de la resultante.

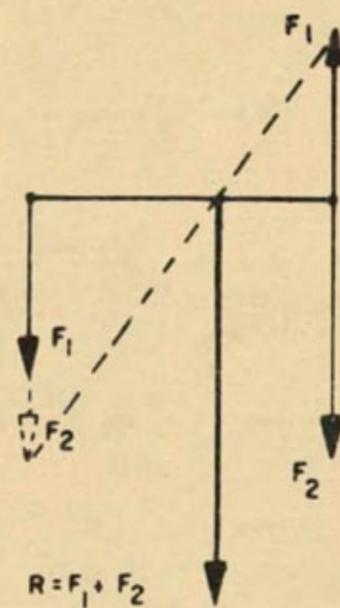


Fig. 60



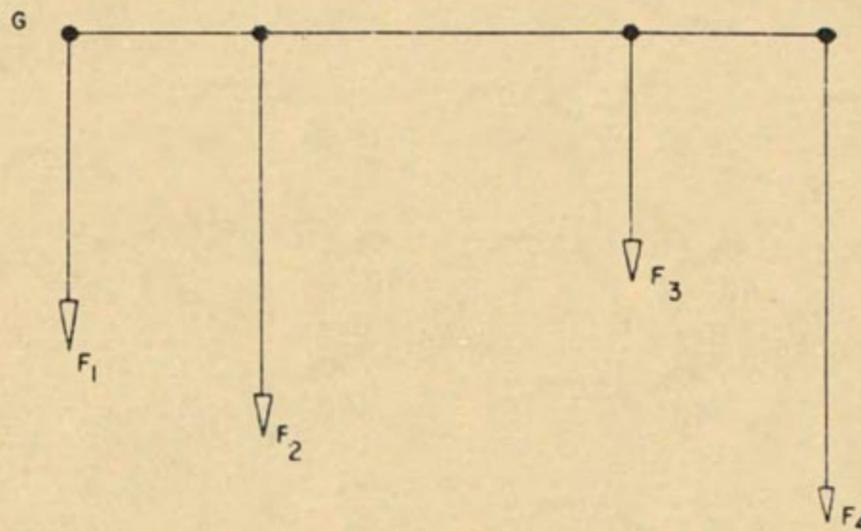
La magnitud del vector representativo de la resultante es la suma determinada antes, de acuerdo con la escala adoptada.

*Ejercicio de aplicación:*

Determinar gráficamente el punto de aplicación de la resultante de un sistema de 4 fuerzas aplicadas a una barra horizontal G, y determinar también la intensidad, dirección y sentido de esa resultante (ESCALA 1 mm: 10kgf).

*Sugerencias:*

- 1º Determine  $R_1$  (resultante de  $F_1$  y  $F_2$ ).
- 2º Determine  $R_2$  (resultante de  $R_1$  y  $F_3$ ).
- 3º Determine  $R$  (resultante de  $R_2$  y  $F_4$ ).



## PRUEBA No.2

1. Fuerza es simple causa?

Cierto ( )

Falso ( )

2. Una fuerza aparece aplicada en un cuerpo como resultado de la acción de un segundo sobre el primero?

Cierto ( )

Falso ( )

3. Las fuerzas pueden ser representadas gráficamente a través de:  
\_\_\_\_\_

4. Un sistema de fuerzas es un conjunto de dos o más fuerzas que actúan sobre un cuerpo?

Cierto ( )

Falso ( )

5. Un sistema de fuerza puede ser sustituido por una única fuerza que produzca los mismos efectos que los componentes, esta fuerza es la:

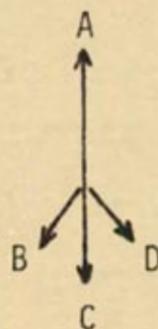
( ) Mutante

( ) Restante

( ) Equilibrante

( ) Resultante

6. Dado el esquema siguiente, señale la alternativa correcta que identifica la fuerza equilibrante:



## PRUEBA No.2

Continuación....

- A Es la fuerza equilibrante
- B Es la fuerza equilibrante
- C Es la fuerza equilibrante
- D Es la fuerza equilibrante
7. La fuerza equilibrante es la fuerza resultante de un sistema:
- Si son iguales en intensidad
- Presentan el mismo punto de aplicación
- Presentan el mismo sentido
- Todas las alternativas son correctas
8. Determine gráficamente por el método del paralelogramo la resultante de los sistemas siguientes:
- a.  $F_1 = 200 \text{ gf.}$
- $F_2 = 200 \text{ gf.}$
- $\hat{A}$  entre  $F_1$  y  $F_2 = 60^\circ$
- Escala: 1 cm. = 50 gf.

## PRUEBA No.2

Continuación....

b.  $F_1 = 500 \text{ gf.}$

$F_2 = 200 \text{ gf.}$

A entre  $F_1$  y  $F_2 = 90^\circ$

Escala: 1 cm. = 100 gf.

c.  $F_1 = 600 \text{ gf.}$

$F_2 = 300 \text{ gf.}$

$\hat{A}$  entre  $F_1$  y  $F_2 = 30^\circ$

Escala: 1 cm. = 150 gf.

d.  $F_1 = 150 \text{ gf.}$

$F_2 = 150 \text{ gf.}$

$\hat{A}$  entre  $F_1$  y  $F_2 = 120^\circ$

Escala: 2 cm. = 150 gf.

9. La resultante de dos fuerzas de 15 kgf. (cada uno) actuando en sentidos opuestos sobre el mismo punto es en kgf.:

( ) 0    ( ) 15    ( ) 10    ( ) 30

## PRUEBA No.2

Continuación....

10. En fuerzas paralelas de intensidades diferentes y del mismo sentido la resultante se desvía para:

( ) El lado de la fuerza mayor

( ) El lado de la fuerza menor

( ) A la izquierda

( ) A la derecha



Consideremos una barra horizontal colocada sobre un filo (punto de apoyo), y dos pesos sobre la barra, conforme a la figura 61. Si los pesos fueran idénticos la barra estaría en equilibrio. Este es el caso ya estudiado de dos fuerzas paralelas y del mismo sentido.

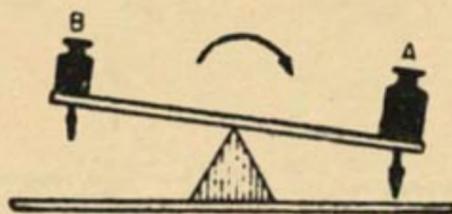


Fig. 61

Suponga ahora que se coloque un peso diferente en una de las extremidades. Las dos fuerzas ya no serán iguales y la resultante de ellas no se situará más en el centro de la barra. Se ve inmediatamente el desequilibrio de la barra, que efectúa un movimiento de rotación en torno del punto de apoyo.

Se llama *MOMENTO DE UNA FUERZA*, la capacidad de la fuerza de producir rotación en torno de un punto. Se acostumbra a expresar el concepto de momento de una fuerza que produce rotación de un cuerpo alrededor de un punto de apoyo, como el producto de la intensidad de la fuerza por la distancia que la separa del eje de giro:

$$M_o = F \times d$$

$\downarrow$                      $\downarrow$                      $\downarrow$   
 (m.kgf)                (kgf)                    (m)

Para comprender mejor lo que es momento de una fuerza vamos a hacer algunos experimentos que ayudarán bastante a la comprensión del problema.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Identificar el efecto de una fuerza en relación a un eje de rotación.

*MATERIAL NECESARIO:*

- Juego de pesas cilíndricas
- 2 soportes con fijadores
- 1 balanza universal
- Resorte helicoidal
- Chapa de protección



MOMENTO DE UNA FUERZA

EXPERIMENTO:

Haga el montaje conforme a la figura 62 y equilibre el conjunto regulando la altura del fijador del elástico.

Observe lo que sucede cuando se aumenta la distancia entre la fuerza  $F_1$  (pesa) y el punto de apoyo de la balanza. Escriba lo que observó:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

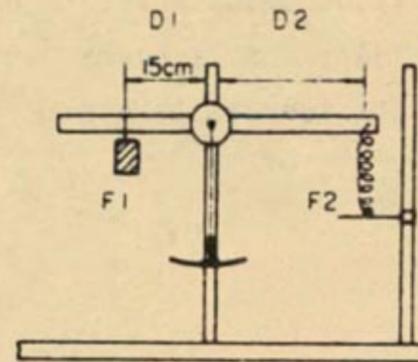


Fig.62

Discuta con los compañeros cómo se podría obtener un efecto de mayor rotación usando la misma fuerza. Escriba su opinión:

\_\_\_\_\_

Haga nuevamente el montaje de la figura 62 y equilibre con una pesa de 200 gf.

Anote el valor de ese peso en el cuadro.

Mida la distancia  $D$  de la pesa ( $F_1$ ) hasta el eje de rotación (fig. 63) y anote también en el cuadro el valor encontrado.

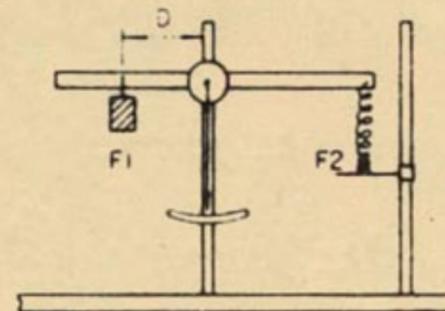


Fig.63

Use ahora una pesa de 100 gf y restablezca el equilibrio de la balanza.

Mida la distancia  $D$  y colóquela en el cuadro así como el valor del peso:

1º  $F_1 = 200$  gf      2º  $F_2 = 100$  gf      3º  $F_3 = 300$  gf

Brazo de la fuerza	Fuerza	Momento de la fuerza
Distancia $D$ en cm	Fuerza $F_1$ en gf	$(d \times F_1)$ (cm x gf)
15	200	



Use ahora una fuerza de 300 gf y haga como la vez anterior. Mida la distancia  $D$  y el valor de la fuerza, colocándolas en el cuadro. Discuta con los compañeros y escriba cómo se determina el momento de una fuerza:

---



Coloquemos un libro sobre la mesa. ¿Por qué el libro no hunde la mesa? Porque el peso del libro (una fuerza) es equilibrado por otra fuerza ejercida por la mesa sobre él.

Si esta fuerza, de abajo hacia arriba, fuese mayor que la fuerza ejercida por el libro sobre la mesa, el libro se levantaría de la mesa. Por otro lado, si la fuerza de reacción de la mesa no existiese, el libro se hundiría en la mesa.

Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este otro ejerce sobre el primero, una fuerza de la misma intensidad, de la misma dirección pero de sentido contrario.

Esta es la llamada *LEY DE ACCIÓN Y REACCIÓN* establecida por el físico Isaac Newton en el siglo XVII.

También se puede simplemente decir que:

*A TODA ACCIÓN CORRESPONDE UNA REACCIÓN, IGUAL EN INTENSIDAD Y DIRECCIÓN, PERO DE SENTIDO OPUESTO.*

Hagamos un experimento sobre esto.

**OBJETO DEL EXPERIMENTO:**

Mostrar la relación entre la fuerza de acción y de reacción.

**MATERIAL NECESARIO:**

- 2 bloques de madera
- Hoja de sierra
- Pesa de 200 gf

**EXPERIMENTO:**

Apoye la hoja de sierra sobre los bloques de madera conforme a la figura 64

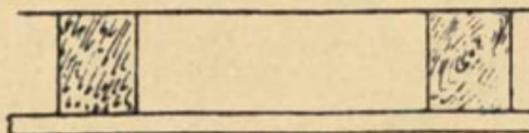


Fig.64



Coloque con cuidado un peso sobre la hoja (fig. 65).

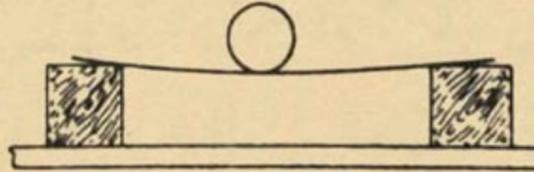


Fig.65

Observe lo que sucede con la lámina.

Explique por qué la lámina se deformó:

Respuesta: \_\_\_\_\_

Represente en la figura 65 la *ACCIÓN* de esa fuerza por medio de un vector.

Retire el peso, delicadamente, sintiendo la *REACCIÓN* de la lámina (fig.66).

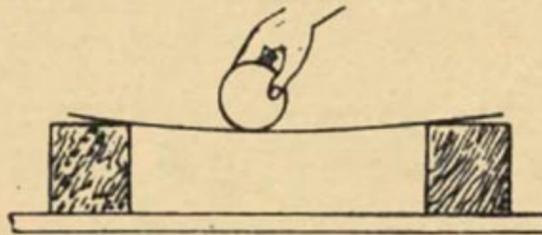


Fig.66

Represente en la figura 2 esa fuerza con un vector.

Compare los elementos de la acción y la reacción.

Cite un ejemplo de *ACCIÓN* y *REACCIÓN*.



El principio de la igualdad de la *acción y reacción* está presente no sólo en los trabajos prácticos sino también en nuestra actividad diaria.

Al caminar (fig.67), se puede constatar que la fuerza se hace para atrás, y sin embargo nos trasladamos para adelante con una fuerza R.



Fig. 67

Cuando remamos (fig.68) la fuerza de acción se hace para atrás y el bote se desplaza con una fuerza de reacción R para el frente. En la vida laboral, numerosas técnicas exigen que la pieza trabajada esté en equilibrio.



Fig. 68

Así:

Los mordientes (fig.69) hacen fuerza contra la pieza, que reacciona con una fuerza de sentido opuesto.

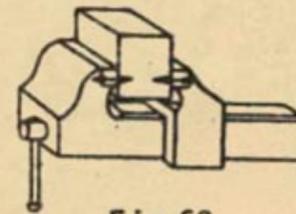


Fig.69

En el torno (fig.70) la pieza gira haciendo fuerza contra la herramienta; ésta a su vez reacciona con una fuerza contra la pieza.

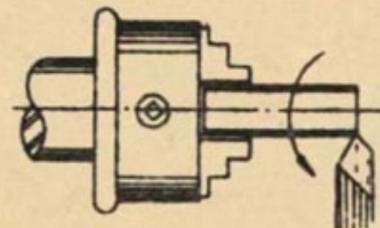


Fig.70

En la figura 71 haga el esquema de las fuerzas que actúan sobre la pieza apoyada. Ella pesa 200 gf. Use escala de 1 cm: 100 gf.

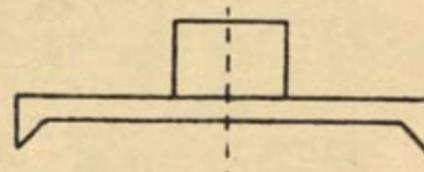


Fig.71

Indique en la figura 72 las fuerzas de acción y reacción.

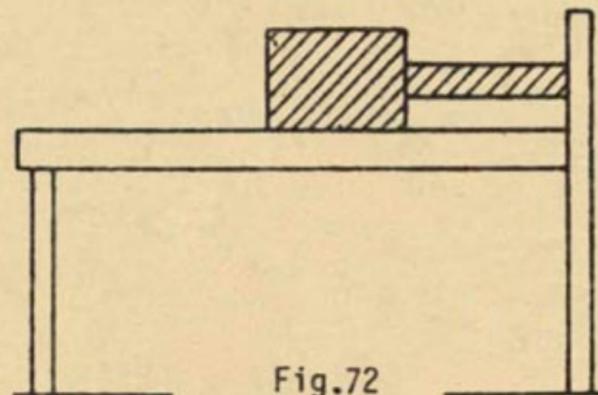


Fig.72

## PRUEBA No.3

1. Fuerzas de acción y reacción se equilibran:

Cierto ( )

Falso ( )

2. Al abrir un cajón la fuerza de acción necesariamente debe ser mayor que la de reacción, pues si fuesen iguales habría equilibrio y sería imposible abrir el cajón:

Cierto ( )

Falso ( )

3. Si la fuerza de acción y reacción se equilibran ¿Cómo explicar el hecho de que un joven desplace una carretilla; cuando la carretilla reacciona con la misma intensidad, pero en sentido opuesto?:

( ) En realidad no existe fuerza de acción y reacción

( ) La fuerza de acción necesariamente debe ser mayor que la de reacción

( ) Los puntos de aplicación son en cuerpos diferentes

( ) No es posible explicarse tal situación



Siempre que un cuerpo es sometido a fuerzas que tienden a deformarlo, surgen en el cuerpo fuerzas internas que procuran resistir a cualquier cambio en las dimensiones o en el volumen del cuerpo. Tales resistencias originan tensiones internas del material y se clasifican en cinco clases:

*Tracción*

*Compresión*

*Flexión*

*Torsión*

*Cortadura*

Usted verificará el efecto producido por medio de la *TRACCIÓN* y de la *COMPRESIÓN* por dos experimentos.

**OBJETO DEL EXPERIMENTO "A":**

Verificar los efectos de los esfuerzos de *tracción* sobre los cuerpos.

**MATERIAL NECESARIO:**

Soporte universal	25 cm de alambre cromo-níquel n° 36
Varilla auxiliar	25 cm de alambre de cobre n° 36
Fijador	Regla
Chapa de protección	Pesas

**EXPERIMENTO "A":**

Mida la longitud de los alambres y anote en el cuadro.

Material Alambre	Medida antes de tracción	Medida después de tracción
Cobre	mm	mm
Cromo-níquel	mm	mm



Haga el montaje indicado en la figura 73, usando alambre de cobre.

Coloque pesas a partir de 50 gf.

Vaya colocando más pesas (con cuidado).

Anote todo lo que fue observado:

---



---



---

Si hubiera ruptura, junte los alambres rotos y mida su longitud total. Anote esa medida en el cuadro.

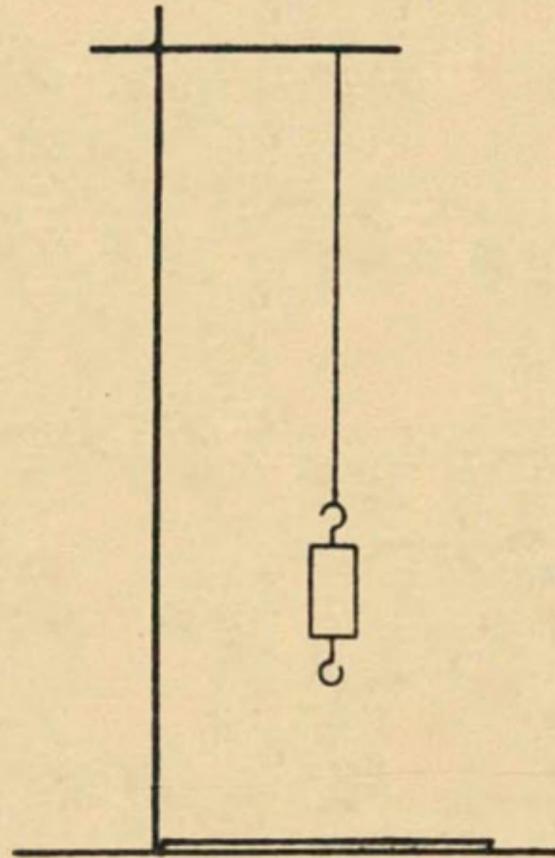


Fig.73

Compare las medidas antes y después de la tracción.

Haga otra vez el experimento con el alambre de cromo-níquel.

Discuta con los compañeros, consulte el cuadro, y recordando los experimentos responda al cuestionario:

a) ¿Qué tipo de deformación observó usted en los alambres sometidos a tracción?

Respuesta: \_\_\_\_\_

b) ¿Qué sucede con un material sometido a tracción más allá de ciertos límites?

Respuesta: \_\_\_\_\_

c) ¿El límite donde se produce la ruptura de los cuerpos sometidos a tracción es igual para todos los materiales? Ejemplifique:

Respuesta: \_\_\_\_\_

**OBJETO DEL EXPERIMENTO B:**

Verificar los efectos del esfuerzo de *COMPRESIÓN* sobre un cuerpo.

**MATERIAL NECESARIO:**

Soporte universal

Varilla auxiliar

Fijador

Brazo de palanca

Bloque de madera

Goma

Tiza

Chapa de protección

**EXPERIMENTO B:**

Haga el montaje conforme a la figura 74.

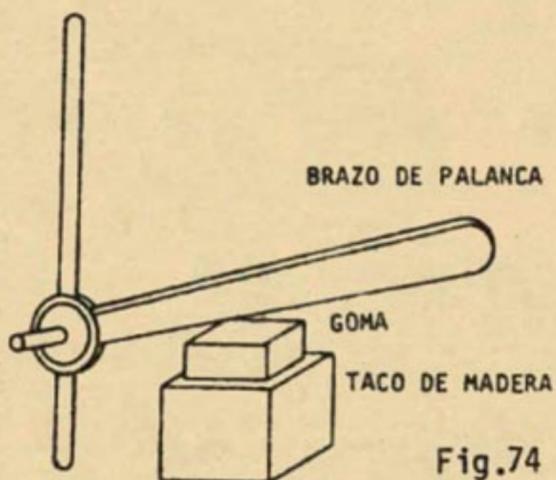


Fig.74

Coloque la goma sobre el taco de madera.

Presione el brazo de palanca sobre la goma. Observe lo que sucede con la goma.

Repita la experiencia usando tiza en lugar de goma. Observe lo que sucede con la tiza.

Discuta con sus compañeros y haga los siguientes ejercicios:

a) Coloque F (falso) o V (verdadero):

( ) Un cuerpo sometido a compresión siempre aumenta de peso.

( ) Un cuerpo sometido a compresión podrá ser triturado.

b) Complete la frase:

Un comprimido contra dolor de cabeza se puede comprimir más. En este caso será \_\_\_\_\_ por la presión que se ejerce sobre él.



De los efectos de las tensiones internas de los materiales, los de tracción se destacan como uno de los más importantes. Por eso los técnicos estudiaron un procedimiento (ensayo) para determinar hasta qué límite de fuerza puede soportar un material sin que se deforme (*Coficiente de elasticidad*).

En la industria se usa la máquina de ensayos de materiales para la determinación del límite de elasticidad. Se hace de la siguiente manera:

Se toma una muestra del material con una sección conocida y se somete la muestra al esfuerzo de tracción con una fuerza  $Q$  (fig. 75).

La máquina registra la fuerza  $Q$  en el momento en que el esfuerzo sobrepasa el límite de elasticidad.

Si anotamos la carga (fuerza)  $Q$  en el momento de la ruptura del material ensayado, podríamos calcular el coeficiente de ruptura aproximado, conforme al gráfico.

$$C_r = \frac{Q}{S} \quad Q \text{ en kgf} \quad S \text{ en mm}^2$$

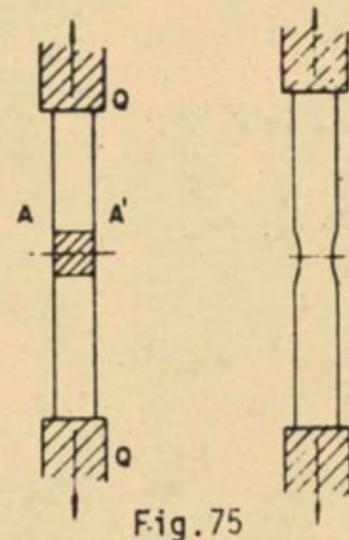
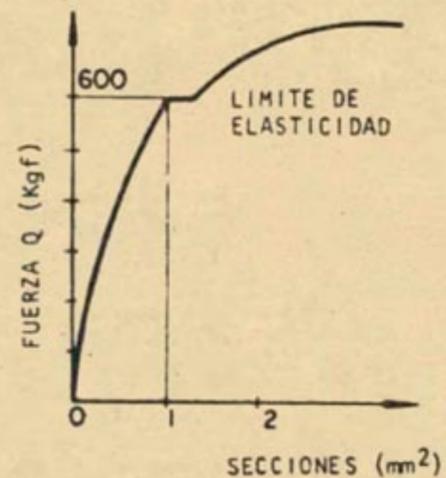


Fig. 75



## NOTA

Para que una pieza trabaje con seguridad, es necesario que la carga  $Q$  que ella soporta por  $\text{mm}^2$  sea siempre menor que  $C_r$ .

Existen muchas piezas que trabajan bajo esfuerzo de compresión.

En ese caso, para conocer el coeficiente de ruptura, se toma la carga  $Q$ , ejercida en el sentido de compresión del material, y se divide por el área de la sección en  $\text{mm}^2$  (fig. 76).

$$C_r = \frac{Q}{S} \quad Q \text{ en kgf} \quad S \text{ en mm}^2$$

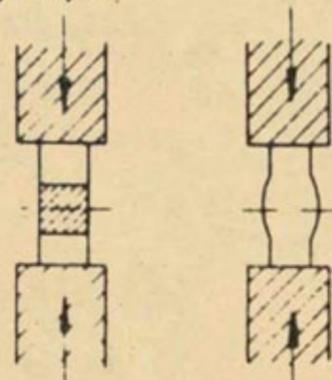


Fig. 76



## NOTA:

También en la compresión, la pieza debe trabajar con seguridad; por eso la carga  $Q$  soportada por el material por  $\text{mm}^2$  debe ser menor que  $C_r$ .

Observando la figura 77 vemos que existe compresión, pues la reacción del suelo (de abajo hacia arriba) es igual a la acción de carga del edificio (de arriba hacia abajo). En la compresión las partículas del cuerpo son forzadas a unirse, disminuyendo su longitud y tendiendo a aumentar la sección (fig.78).

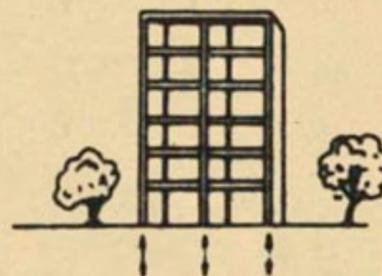


Fig.77

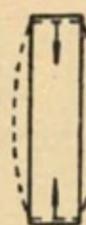


Fig. 78

Las vigas, en general, se flexionan cuando soportan una carga (fig.79).

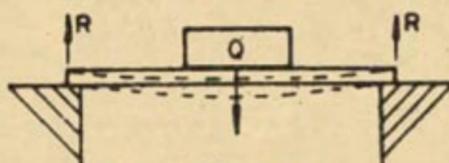


Fig.79

En ese caso, el esfuerzo es de flexión.

Los ejes, en general, que son órganos sometidos a movimientos circulares, están sujetos al esfuerzo de torsión (fig.80).

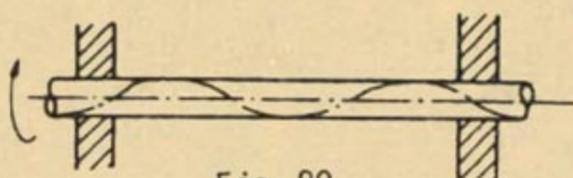


Fig. 80

## NOTA:

En la torsión, la materia (cristales y fibras) tiende a tomar una forma helicoidal. La acción mecánica de cortar los materiales (chapas metálicas y otros) implica un esfuerzo característico: cizallamiento o cortadura (fig.81).

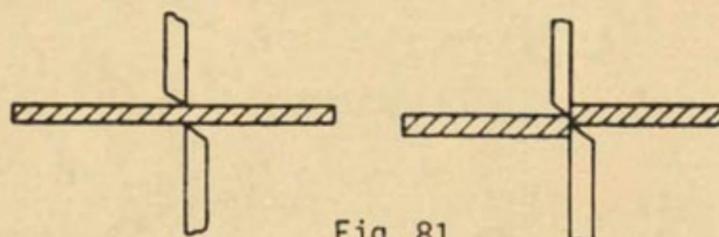


Fig. 81

## PRUEBA No.4

1. Qué esfuerzo de tracción se puede aplicar a una barra de acero de diámetro  $\Phi = 20$  mm. para que la fatiga de trabajo de la pieza sea inferior a 12 kgf.

---

---

---

2. a. Las vigas en general cuando soportan una carga se

---

- b. Los ejes, que por lo general son sometidos a movimientos circulares están sujetos al esfuerzo de

---

---

## UNIDAD No.5

## ROZAMIENTO

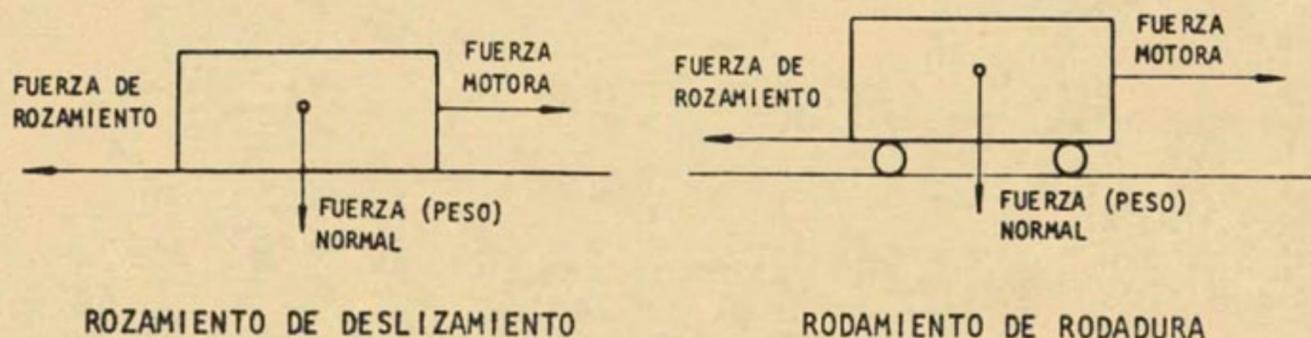
Objetivo Terminal

Al terminar esta unidad usted estará en capacidad de diferenciar entre rozamiento por deslizamiento y rozamiento por rodadura y resolver problemas sobre el coeficiente de rozamiento.

Rozamiento es una fuerza pasiva, esto es una fuerza que se opone al movimiento. Se presenta siempre cuando un cuerpo se mueve sobre una superficie o dentro de un medio material cualquiera. El rozamiento también existe cuando se trata de gases o líquidos.

Un cohete espacial que sale de la atmósfera terrestre (medio material gaseoso) y llega al espacio donde existe vacío, esto es no hay materia, no experimenta efectos de rozamiento y puede continuar su movimiento sin necesidad de usar sus medios de propulsión.

El rozamiento puede ser de *deslizamiento* o de *rodadura*, conforme se mueva el cuerpo.



#### OBJETO DEL EXPERIMENTO:

Obtener una noción experimental de la fuerza del rozamiento.

#### MATERIAL NECESARIO:

Bloque de madera con gancho	2 lápices redondos
Cordón	Pesas

#### EXPERIMENTO:

Haga el montaje de acuerdo con la figura 1.

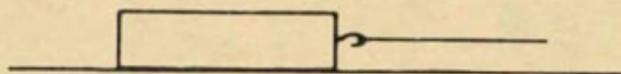


Fig. 1

Trate de deslizar el cuerpo sobre el plano, aplicándole una fuerza paralela al plano (fig. 2).

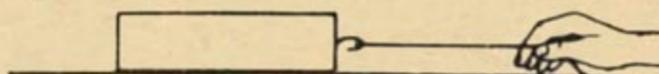


Fig. 2

Perciba la fuerza que se opone al movimiento.



Coloque dos lápices bajo el bloque de madera e intente arrastrarlo haciendo rodar los lápices (fig. 3).

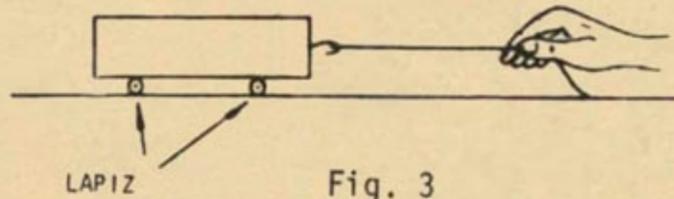


Fig. 3

Sienta ahora la fuerza que se opone al movimiento.

Haga el montaje según la figura 4.

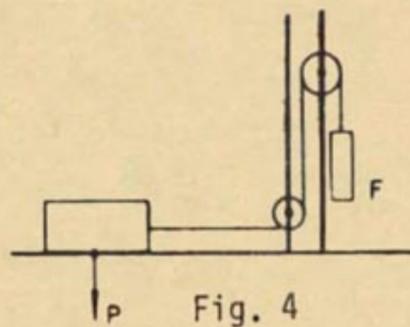


Fig. 4

Coloque un peso  $F$  hasta que el bloque de peso  $P$  se desplace.

Anote los valores de  $P$  y  $F$ .

Fuerza aplicada ( $F$ ): \_\_\_\_\_

Peso del cuerpo ( $P$ ): \_\_\_\_\_

Coloque sobre el bloque de madera otro de acero (fig. 5).

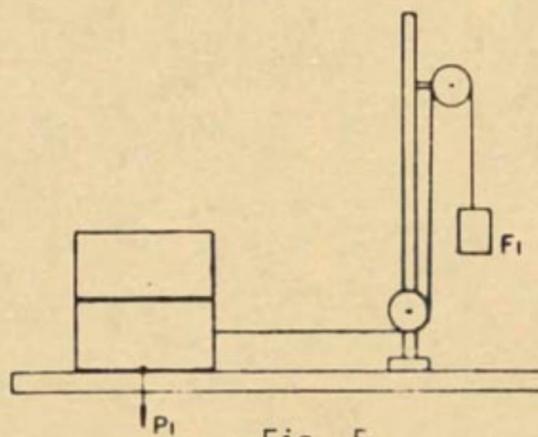


Fig. 5

Verifique ahora cuál es el valor de la fuerza de rozamiento.

Anote los nuevos valores de  $P$  y  $F$ .

Fuerza aplicada ( $F_1$ ): \_\_\_\_\_

Peso del cuerpo ( $P_1$ ): \_\_\_\_\_



Consulte las anotaciones, discuta con su grupo y efectúe los siguientes ejercicios:

a) Llene los espacios en blanco:

1. El rozamiento es una \_\_\_\_\_ que se opone al movimiento.
2. El rozamiento de \_\_\_\_\_ es menor que el de \_\_\_\_\_.

b) Tache la palabra errónea:

1. El rozamiento *aumenta/disminuye* cuando el cuerpo ejerce mayor presión sobre la superficie.
2. La fuerza del rozamiento *depende/no depende* de la naturaleza de las superficies en contacto.

Aprenda ahora lo que es *COEFICIENTE DE ROZAMIENTO*.

En el montaje de la figura 4, el valor de  $F =$  \_\_\_\_\_ y  $P =$  \_\_\_\_\_

En el montaje de la figura 5, el valor de  $F_1 =$  \_\_\_\_\_ y  $P_1 =$  \_\_\_\_\_

Dividiendo  $\frac{F}{F_1}$  y  $\frac{P}{P_1}$  usted verifica la proporcionalidad entre esos valores.

Se llama *COEFICIENTE DE ROZAMIENTO* la constante de proporcionalidad entre la fuerza mínima necesaria para mover el cuerpo y el peso (fuerza normal) del cuerpo.

$$\mu_A = \frac{F}{P}$$

Calcule el coeficiente de rozamiento en la experiencia realizada.

$$\mu_A = ?$$



El movimiento de un cuerpo sobre otro provoca, entre las partes que se tocan, la aparición de una fuerza que se opone a ese movimiento. Esa fuerza se llama *rozamiento*.

El rozamiento es deseado en muchos casos, esto es, necesario para que el funcionamiento de una máquina sea satisfactorio.

Gracias al rozamiento entre el disco y el volante del embrague es que un automóvil se puede trasladar (fig. 6).

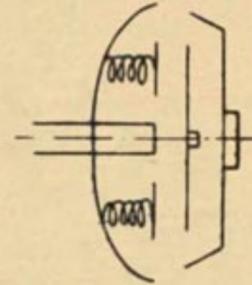


Fig.6

El cono de la contrapunta se fija al husillo del cabezal móvil gracias al rozamiento.



Fig.7

En muchos casos el rozamiento es indeseable, esto es, se procura reducirlo al máximo para que el funcionamiento de la máquina sea satisfactorio. Podemos ejemplificarlo con los autos de carrera, principalmente (fig. 8).

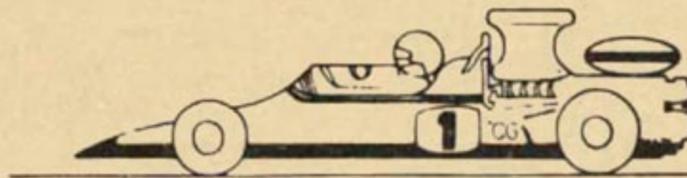


Fig.8

Los motores de explosión y los de combustión interna, además de otras máquinas, usan lubricantes para disminuir el rozamiento y lograr así que el movimiento de los piezas que se tocan no reduzca la fuerza de acción.

Se debe destacar que además de facilitar el movimiento, el lubricante se usa para disminuir el calor producido y el desgaste de las partes que se friccionan.

*RECUERDE:*

El rozamiento produce calor.

El rozamiento desgasta las partes que se friccionan.

El rozamiento produce electricidad estática.

*ROZAMIENTO DE RODADURA:*

El rozamiento de rodadura se produce en las ruedas y en los ejes montados sobre rodaduras, superficies curvas, etc. (fig. 9).

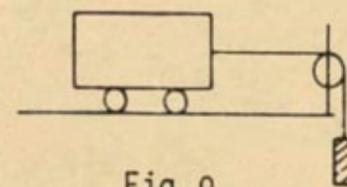


Fig.9

Para mover una rueda debemos aplicar una fuerza  $F$  que, sumada a la fuerza  $P$ , determina la resultante  $R$ ; si ésta pasara fuera de la depresión  $AB$ , el cuerpo rodará; en cambio, si estuviera entre  $A$  y  $B$ , el cuerpo sólo deslizará dentro de la cavidad (fig.10).

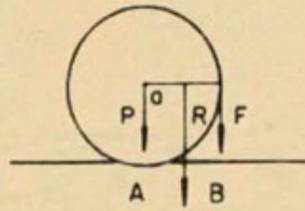


Fig.11

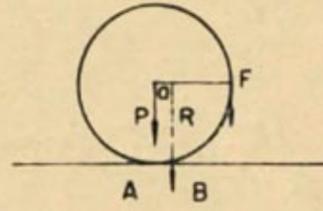


Fig.10

La distancia entre  $P$  y  $R$  funciona como verdadero coeficiente de rozamiento de rodadura, que depende de la naturaleza de las superficies en contacto. Esto se debe a que a medida que los cuerpos usados van presentando menor deformación en el área de contacto, la fuerza  $R$  se aproxima a  $P$ , disminuyendo entonces el rozamiento y, en esas condiciones, alcanzar un valor muy pequeño, casi despreciable.

Su aplicación principal es en la construcción de los rulemanes de esferas o rodillos de acero que, además de otras ventajas, disminuyen en gran parte la pérdida de trabajo en las máquinas.

## PRUEBA No.1

1. Cuándo aparece la fuerza de rozamiento?

---

---

---

---

2. La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza y estado de las superficies que están en contacto:

Cierto (    )                      Falso (    )                      No se (    )

3. El rozamiento de deslizamiento es mayor que el rozamiento de rodadura porque las áreas que están en contacto son menores:

Cierto (    )    Falso (    )

4. Una caja se desliza sobre una superficie horizontal bajo la acción de una fuerza de 12 kgf. El peso de la caja es de 60 kgf. determine el coeficiente de rozamiento:

---

---

---

## UNIDAD No.6

## PESO Y MASA

Objetivo Terminal

Al terminar esta unidad usted estará en capacidad de diferenciar los conceptos de masa y peso.



Frecuentemente se confunde *densidad* con *peso específico* o con *masa específica*

Densidad y peso específico pueden ser explicados a partir del Principio de Arquímedes, que usted ya estudió y comprobó experimentalmente. Masa específica será considerada a partir de las semejanzas con peso específico.

Mirando un vaso con glicerina y otro con agua, nos parece que la glicerina es más "densa", esto es, sus moléculas están más juntas que las del agua.

También intuimos que la glicerina es más pesada que el agua.

Cuando hablamos de *DENSIDAD*, lo que realmente queremos decir es que un cierto volumen de glicerina es más pesado que un volumen *igual* de agua.

La densidad de un cuerpo es la relación entre la masa de ese cuerpo y la masa de igual volumen de otro cuerpo tomado por unidad.

Frecuentemente el cuerpo tomado como unidad es el agua.

También se puede determinar la densidad de un cuerpo a partir del *Principio de Arquímedes*.

Para calcular la densidad de un cuerpo sólido debemos sumergirlo en el agua y dividir su peso por el peso del líquido desplazado (empuje). Observe la figura.

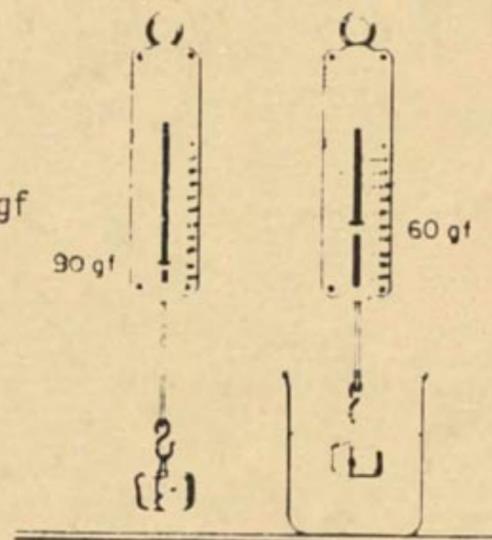
Peso del cuerpo en el aire: 90 gf

Peso sumergido en el agua: 60 gf

Peso del líquido desplazado: 90 gf - 60 gf = 30 gf

Densidad:  $\frac{\text{Peso del cuerpo en el aire}}{\text{Peso del líquido desalojado}}$

$$d = \frac{90\text{gf}}{30\text{gf}} \therefore d = 3$$



Obsérvese que la densidad de un cuerpo se expresa solamente por un número, sin unidad.

*PESO ESPECÍFICO DE UN CUERPO*

A partir del *Principio de Arquímedes*, se puede calcular el peso específico de un cuerpo. Para calcular el peso específico de un cuerpo sólido se divide un peso por su volumen, esto es, por el volumen de líquido desalojado.

Observe nuevamente la figura.

Peso del cuerpo en el aire: 90 gf.

Peso del cuerpo sumergido en agua: 60 gf.

Peso del agua desalojada: 90gf - 60gf = 30gf.

1 gf de agua tiene un volumen de 1cm<sup>3</sup>, luego:

Volumen de agua desalojada: 30 gf equivalen a 30 cm<sup>3</sup> = Volumen del cuerpo.

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso del cuerpo en el aire}}{\text{Volumen del cuerpo}} \therefore pe = \frac{90gf}{30cm^3} \therefore pe = 30gf/cm^3$$

*MASA ESPECÍFICA*

La masa específica de un cuerpo no es calculada a partir del Principio de Arquímedes.

Para calcular la masa específica de un cuerpo sólido se divide su masa por su volumen. Por ejemplo:

$$\text{Masa específica} = \frac{\text{masa del cuerpo}}{\text{volumen del cuerpo}}$$

Masa del cuerpo = 90g

Volumen del cuerpo = 30 cm<sup>3</sup>

$$me = \frac{90g}{30cm^3} \therefore me = 3g/cm^3$$

*CONCLUSIONES*

Masa específica es diferente de peso específico que es diferente de densidad. No debemos, por tanto, confundir esos conceptos.

*Resumiendo:*

*Densidad* de un cuerpo es el cociente entre su peso en el aire y el peso del agua que desplaza. En el ejemplo de la figura "3" representa cuántas veces el peso del cuerpo es mayor que el peso del agua desplazada.

*Peso específico* de un cuerpo es el cociente entre su peso en el aire y su volumen, esto es, el volumen de agua desalojada. En el ejemplo de la figura el peso específico del cuerpo es 3gf/cm<sup>3</sup>. ¿Qué representa 3gf/cm<sup>3</sup>? 3gf/cm<sup>3</sup> significa que cada cm<sup>3</sup> del cuerpo pesa 3gf.

*Masa específica* de un cuerpo es el cociente entre su masa y su volumen. En el ejemplo citado la masa específica del cuerpo es 3g/cm<sup>3</sup>. ¿Qué significa 3g/cm<sup>3</sup>? 3g/cm<sup>3</sup> indica que cada cm<sup>3</sup> del cuerpo posee 3 g. de masa.



Generalmente hablamos de peso de los cuerpos. Sin embargo, la palabra "peso" generalmente está mal empleada. Decimos que una persona muy gorda "pesa más" que una flaca. Y que el carnicero está "pesando" "1 Kg" de carne al colocar en la balanza 1 pesa metálica de "1 Kg".

Veamos entonces en primer término la noción de peso.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Conocer lo que es peso de un cuerpo.

*MATERIAL NECESARIO:*

Soporte universal	Fijador
Elástico de acero espiral fino	Varilla auxiliar
Cordón	Pesas
Chapa de protección	Bloque de madera con gancho

*EXPERIMENTO:*

Cuelgue una pesa del elástico suspendido conforme a la figura 1. (Varilla auxiliar a 30 cm de altura).

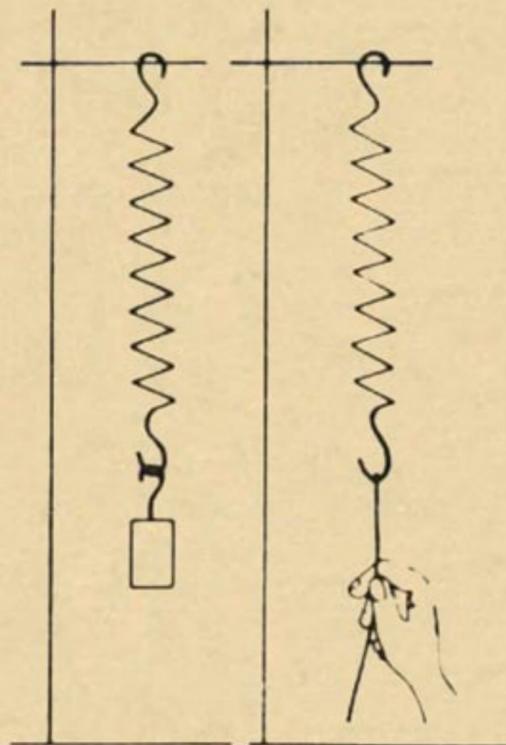


Fig. 1



Observe lo que sucede con el elástico.

Saque la pesa y tire del elástico para producir la misma deformación.

Responda:

¿Qué fue lo que se aplicó por su mano y por la pesa para producir la deformación?

Anote la respuesta: \_\_\_\_\_

Cuelgue una pesa en el cordón, como indica la figura 2.

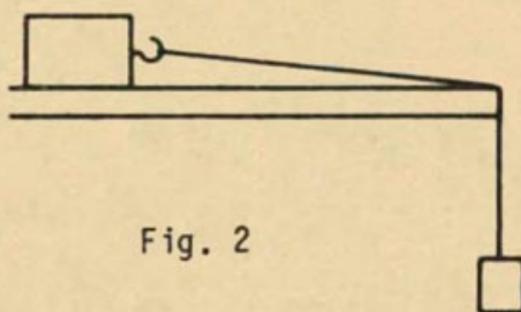


Fig. 2

Observe lo que la pesa hace con el bloque de madera.

Enganche en el cordón y procure hacer el mismo efecto que la pesa, conforme a la figura 3.

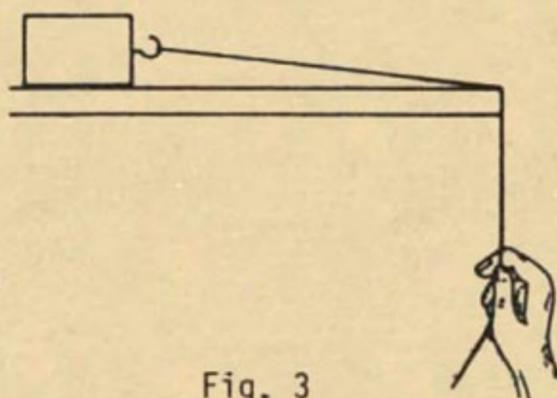


Fig. 3

¿Qué precisaron su mano y la pesa para mover el bloque?

Anote su observación: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Discuta con los compañeros y concluya las frases siguientes:

a) Peso de un cuerpo es una \_\_\_\_\_

b) Pesar significa aplicar \_\_\_\_\_



Se constata experimentalmente que colgando un cuerpo de un elástico helicoidal se obtiene el mismo efecto que empujándolo con la mano. En otras palabras, lo que llamamos "peso" en verdad es una fuerza. Pero entonces, ¿se está equivocando cuando se habla de pesar objetos en una balanza o cuando decimos que un león es más pesado que un perro?

Para hablar corrientemente, no. Pero en ciencias debemos entender bien el significado de las cosas.

Por eso debe comprenderse bien la diferencia entre *peso* y *masa*.

La *masa* de un objeto es la cantidad de sustancia que lo compone. Podemos decir también que es la cantidad de sustancia que el objeto contiene.

*Medimos la masa de un cuerpo comparándola con masas escogidas como padrones anteriormente.*

Lo que el carnicero hace es comparar la *masa* de la carne con la *masa* de un cuerpo elegido como padrón.

Las unidades padrón para la masa son el kilogramo (kg) y el gramo (gr).

Por otro lado el *peso* de un cuerpo se mide con un dinamómetro, que consiste fundamentalmente en un elástico helicoidal que se distiende más o menos de acuerdo a que la fuerza-peso sea mayor o menor.

La unidad de medida del peso es la misma que la de una fuerza, esto es, el Newton (N). Pero se acostumbra usar el kilogramo-fuerza (kgf) y su submúltiplo el gramo-fuerza (gf).

Como vimos, la masa de un cuerpo se mide por comparación con otra masa. Entonces, si llevamos una balanza de brazos iguales para la luna, por ejemplo, y hacemos la misma medida que en la tierra, obtendremos el mismo resultado.

*La masa de un cuerpo es la misma en cualquier lugar.*



No sucede lo mismo con el peso, que es una fuerza ejercida por la tierra; notamos eso cuando colocamos un cuerpo en un elástico helicoidal. En la luna la fuerza ejercida sobre el cuerpo es diferente; la fuerza tirará menos del elástico, lo que quiere decir que el peso del mismo cuerpo será menor allá que en la tierra.



Una fuerza llamada *FUERZA DE GRAVEDAD* actúa sobre todos los cuerpos del universo. Isaac Newton, gran científico inglés, afirmó que los cuerpos celestes se mantenían en sus órbitas debido a la atracción gravitacional entre ellos. Todos los cuerpos existentes en la tierra están sometidos a la fuerza de gravedad terrestre.

Si no existiera esa atracción gravitacional, no se podría saltar en paracaídas ni las cosas caerían de nuestras manos; un plato de comida flotaría en el aire y podríamos dar un simple salto para llegar más alto que un edificio sin uso de ascensor. En otras palabras, los cuerpos no tendrían peso.

Verifique en el experimento que, realmente, el peso es una fuerza que se origina en la tierra.

*OBJETO DEL EXPERIMENTO:*

Verificar donde se origina la fuerza-peso.

*MATERIAL NECESARIO:*

Soporte universal	Varilla auxiliar
Hilo fuerte	Fijador
Chapa de protección	Pesa
Fósforo	

*EXPERIMENTO:*

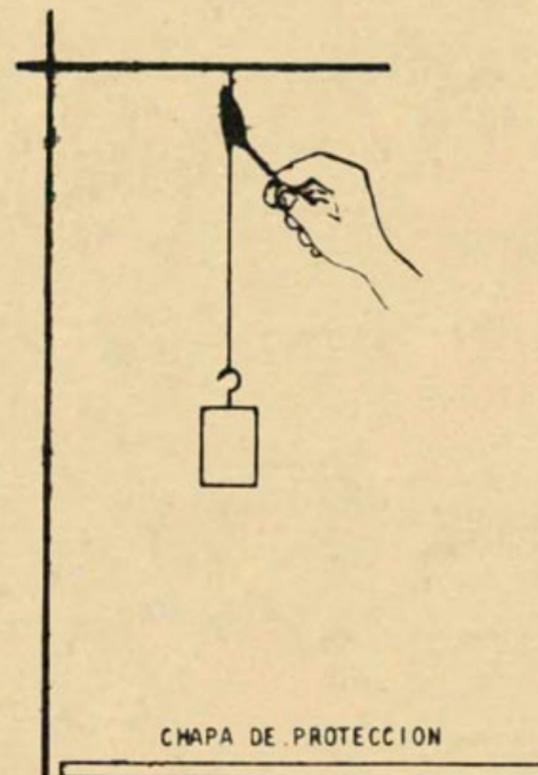
Coloque la chapa de protección.

Cuelgue la pesa con el hilo, como indica la figura.

Queme con el fósforo el hilo. Observe lo que sucede.

Piense lo que sucedería si la pesa no encontrara la mesa y el piso en su camino.

Discuta con sus compañeros y responda: ¿dónde se origina la fuerza que tira los cuerpos para abajo y que llamamos peso? \_\_\_\_\_



## PRUEBA No.1

1. Un cuerpo de 300 gramos tiene un volumen de  $12 \text{ cm}^3$   
¿Cuál es su masa específica?
- -----  
-----
2. Un cuerpo completamente inmerso en un líquido en equilibrio recibe de este un impulso siempre igual:
- ( ) A su propio peso
- ( ) A su propia masa
- ( ) Al peso del volumen del líquido desalojado
- ( ) Al peso aparente
3. El impulso que un cuerpo zambullido en un líquido sufre depende:
- ( ) De la densidad del líquido
- ( ) De la profundidad a que se hundió
- ( ) Del volumen del cuerpo zambullido
- ( ) La primera y la tercera alternativa son correctas
4. Un cuerpo totalmente inmerso en el agua tiene su peso disminuido en 40 gf.  
Podemos entonces concluir que su volumen es de  $40 \text{ cm}^3$
- Cierto ( ) Errado ( )

## PRUEBA No.1

Continuación....

5. Dos esferas de oro del mismo peso, una maciza y otra hueca, están totalmente inmersas en un líquido. Con respecto a los agentes impulsadores de las esferas se puede afirmar que:
- ( ) El impulso sobre la esfera hueca es mayor
  - ( ) Los impulsos son iguales
  - ( ) El impulso sobre la esfera maciza es mayor
  - ( ) El impulso sobre la esfera hueca puede ser mayor o igual
6. Un submarino está inmerso a 100 m. de la superficie del mar. Si el mismo desciende a 500 m. de profundidad, se puede afirmar que:
- ( ) El impulso aumenta
  - ( ) El impulso disminuye
  - ( ) La presión aumenta
  - ( ) La primera y la tercera alternativa son correctas