

ESTÁTICA

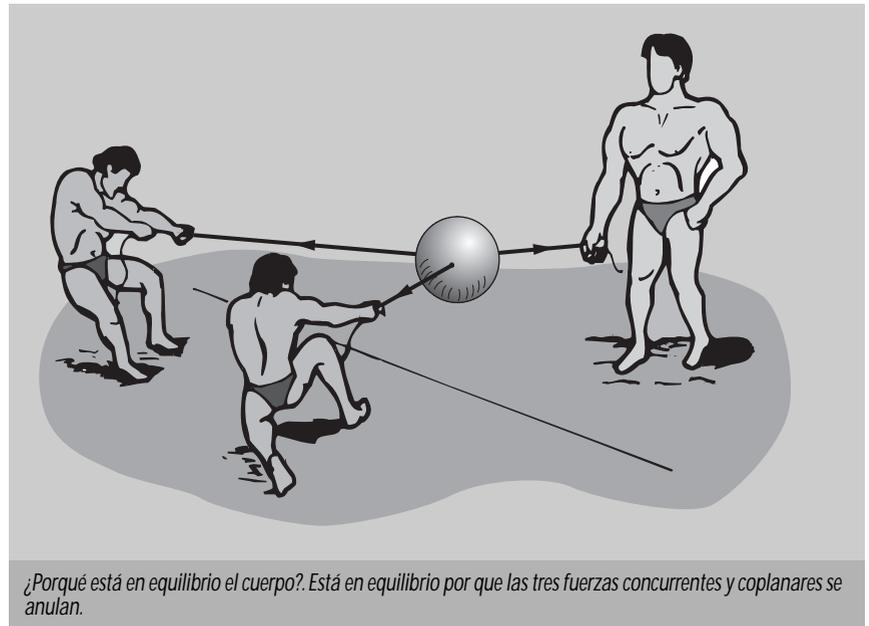
Concepto

La estática es una rama de la mecánica cuyo objetivo es estudiar las condiciones que deben de cumplir las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, para que éste se encuentre en equilibrio.

EQUILIBRIO

Un cuerpo cualquiera se encuentra en equilibrio cuando carece de todo tipo de aceleración ($\bar{a} = \bar{0}$).

Ilustración

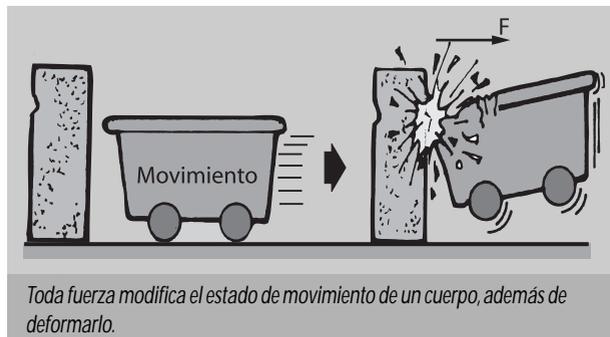
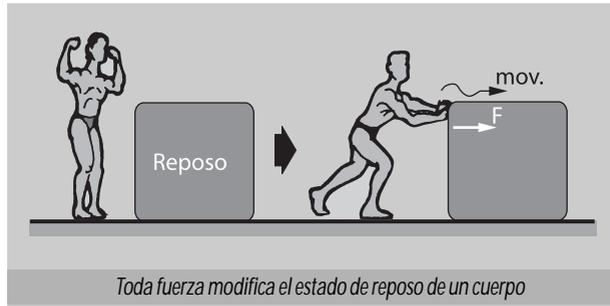


FUERZA

Es una magnitud que mide la interacción que existe entre dos o más cuerpos.

Toda fuerza modifica el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, además de generar deformaciones (por mínima que sea) en dicho cuerpo.

Ilustración



Unidades de Fuerza en el S.I.

Newton (N)

Otras Unidades

kilogramo fuerza ($kg-f = \overline{kg}$)

gramo fuerza ($g-f = \overline{g}$)

libra fuerza ($lb-f = \overline{lb}$)

TIPOS DE FUERZAS

A) Fuerzas de Contacto

Se produce cuando resulta del contacto físico entre dos o más cuerpos.

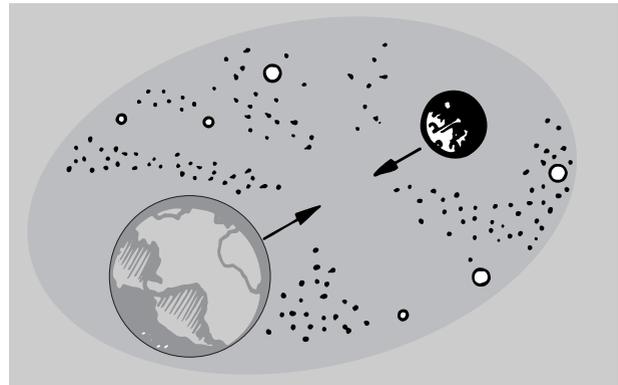
Ilustración



B) Fuerzas de Campo

Es aquella fuerza donde no interviene el contacto físico entre los cuerpos, pero que actúan a través del espacio, a dicho espacio se le denomina campo.

Ilustración

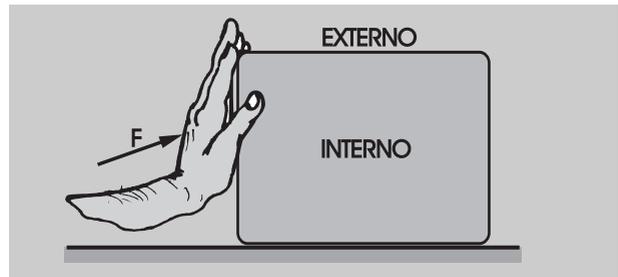


CLASIFICACIÓN DE LAS FUERZAS RESPECTO A SU POSICIÓN

1.- FUERZAS EXTERNAS

Son aquellas fuerzas que se presentan en la superficie de los cuerpos que interactúan.

Ilustración



Realmente hay muchas fuerzas externas que nos son familiares: El peso, la reacción, la fuerza de rozamiento, etc.

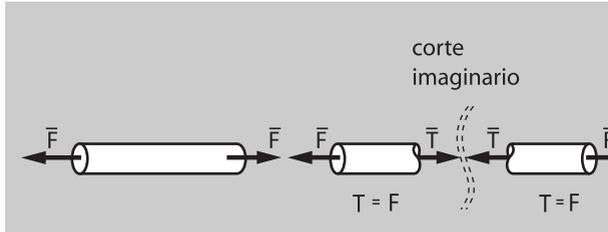
2.- FUERZAS INTERNAS

Son las que mantienen juntas a las partículas que forman un sólido rígido. Si el sólido rígido está compuesto estructuralmente de varias partes, las fuerzas que mantienen juntas a las partes componentes se definen también como fuerzas internas; entre las fuerzas internas más conocidas tenemos: La tensión y la compresión.

A) Tensión (T)

Es aquella fuerza que aparece en el interior de un cuerpo flexible (cuerda, cable) debido a fuerzas externas que tratan de alargarlo. Cabe mencionar que a nivel de Ingeniería la tensión o tracción como también se le llama, aparece también en cuerpos rígidos como en algunas columnas de una estructura.

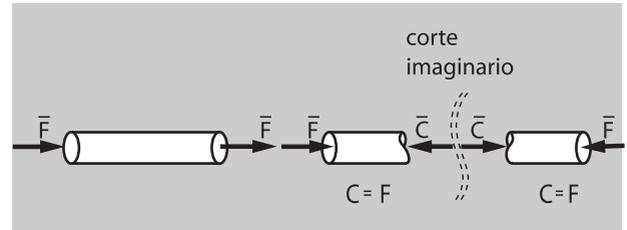
Ilustración



B) Compresión (C)

Es aquella fuerza que aparece en el interior de un sólido rígido cuando fuerzas externas tratan de comprimirlo.

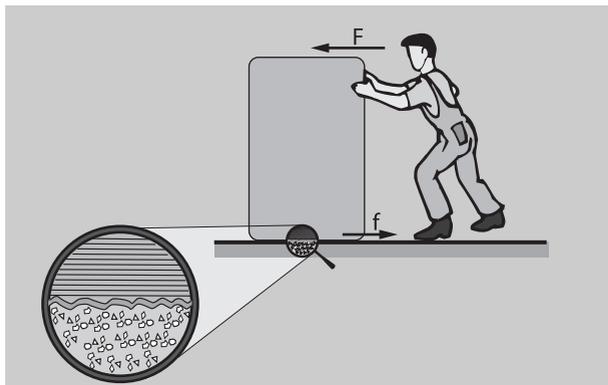
Ilustración



ROZAMIENTO

Cuando dos superficies están en contacto y se intenta mover una de ellas respecto a la otra, siempre aparecen fuerzas tangenciales llamadas fuerzas de rozamiento que impiden el movimiento, por otra parte, estas fuerzas de rozamiento son limitadas y no evitarán el movimiento si se aplican fuerzas suficientemente grandes.

Ilustración



FUERZA DE ROZAMIENTO

Es aquella fuerza que surge entre dos cuerpos cuando uno trata de moverse con respecto al otro, esta fuerza siempre es contraria al movimiento o posible movimiento.

CLASES DE ROZAMIENTO

A) Por Deslizamiento

Cuando un sólido se desliza o trata de deslizar sobre otro.

B) Por Rodadura

Si un sólido rueda sobre otro sólido.

C) Por Viscosidad

En los líquidos o gases.

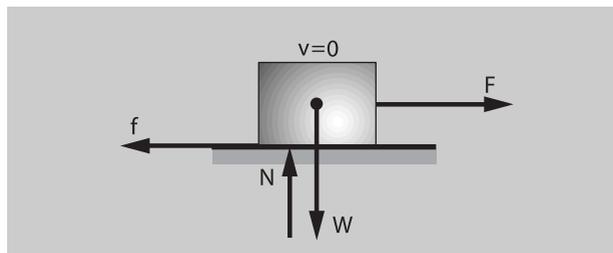
CLASES DE ROZAMIENTO POR DESLIZAMIENTO

A) Rozamiento Estático

Es la que se presenta entre superficies que se encuentran en reposo.

El valor de la fuerza de rozamiento estático varía desde cero hasta un valor máximo, el cual lo adquiere cuando el cuerpo en contacto está a punto de moverse, pero sin conseguirlo (movimiento inminente).

Este valor máximo de la fuerza de rozamiento estático equivale a la fuerza mínima para iniciar el movimiento, el cual puede calcularse mediante la siguiente fórmula.



$$f_s = \mu_s N$$

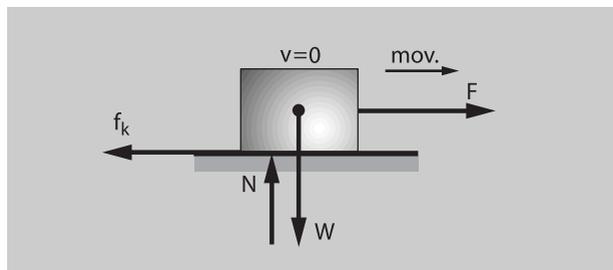
Siendo:

- f_s = fuerza de rozamiento estático máximo
- μ_s = coeficiente de rozamiento estático
- N = reacción normal

B) Rozamiento Cinético

Es aquella que se presenta cuando hay movimiento de un cuerpo respecto al otro.

Cuando el cuerpo pasa del movimiento inminente al movimiento propiamente dicho, el valor de la fuerza de rozamiento disminuye y permanece casi constante, si es que la velocidad no es muy grande. (Entre 0,01 m/s y 20 m/s).



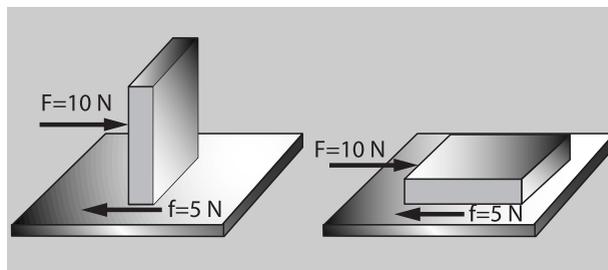
$$f_k = \mu_k N$$

Siendo:

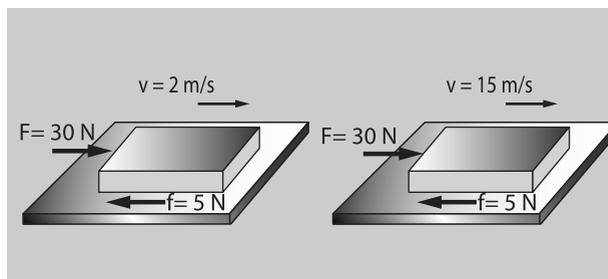
- f_k = fuerza de rozamiento cinético
- μ_k = coeficiente de rozamiento cinético
- N = reacción normal

LEYES DEL ROZAMIENTO POR DESLIZAMIENTO

1° La fuerza de rozamiento es independiente del área de las superficies en contacto.



2° La fuerza de rozamiento es independiente de la velocidad del cuerpo en movimiento, si su velocidad no es muy grande (entre 0,01 m/s y 20 m/s).



3° El valor del coeficiente de rozamiento depende del tipo de materiales de las superficies en contacto.

4° El coeficiente de rozamiento cinético (μ_k) siempre es menor que el estático (μ_s).

$$0 \leq \mu_k \leq \mu_s \leq 1$$

SUPERFICIES EN CONTACTO	μ_s	μ_k
Acero sobre acero	0,74	0,57
Cobre sobre cobre	0,53	0,36
Vidrio sobre vidrio	0,94	0,40
Teflón sobre acero	0,04	0,04
Madera sobre madera	0,50	0,25
Piedra sobre piedra	0,70	0,40

LEYES DE NEWTON - 1^{ERA} CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

Las leyes de Newton constituyen verdaderos pilares de la mecánica, fueron enunciadas en la famosa obra de Newton "Principios Matemáticos de la Filosofía Natural", publicada en 1686. Ellas son conocidas como la 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} Ley de Newton, de acuerdo con el orden que aparecen en esta obra citada. En este capítulo, estudiamos la 1^{ra} y 3^{ra} ley, que nos permitirán analizar el equilibrio del cuerpo, esto es el estudio de la estática; la 2^{da} ley será estudiada en el capítulo: "Dinámica".

1^{era} LEY DE NEWTON (Ley de la Inercia)

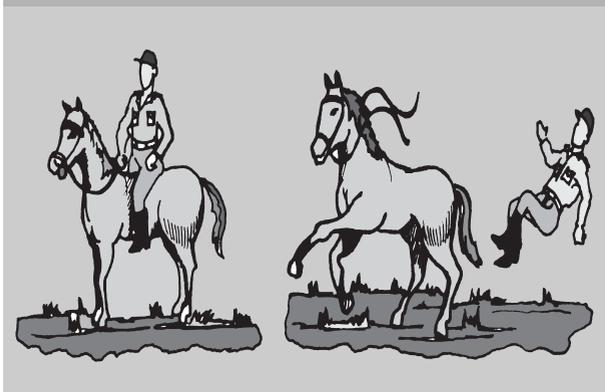
"Un cuerpo de masa constante permanece en estado de reposo o de movimiento con una velocidad constante en línea recta, a menos que sobre ella actúe una fuerza"

Ilustraciones:

Para los ejemplos, idealizaremos varios casos:

Supondremos que un caballo no tenga porosidades en su cuerpo, esto para evitar el rozamiento de los cuerpos.

En la figura (izquierda) se observa una persona y un caballo en reposo. En la figura (derecha) se observa que el caballo se mueve bruscamente hacia la izquierda y la persona aparentemente se mueve hacia atrás. En realidad la persona no se va hacia atrás, sino más bien queda atrás. ¿Por qué? inicialmente la persona y el caballo estaban en reposo, luego el caballo se movió (por efectos que no estudiaremos todavía); pero ¿quién movió a la persona? Nadie o nada, motivo por el cual; se queda en su lugar o en el punto inicial.



En este caso supondremos que los cubiertos y el mantel son completamente lisos, esto para evitar el rozamiento. La explicación es la misma que el ejemplo anterior.



Consideremos que un móvil cuya base inferior sea lisa, así como la suela de los zapatos de una persona.

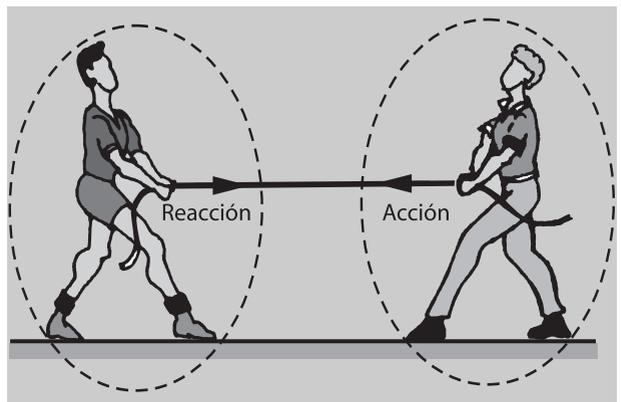
Inicialmente el microbús se mueve con velocidad v ; como la persona se encuentra dentro del móvil, también estará moviéndose con la velocidad v .

De pronto el móvil se detiene; pero la persona sigue moviéndose en línea recta y con velocidad v , hasta que algo lo detenga. ¿Por qué? – porque el microbús se detuvo por acción de los frenos; pero ¿quién o qué detuvo a la persona?. Nadie o nada, motivo por el cual la persona seguirá moviéndose.



3^{era} LEY DE NEWTON (Ley de la Acción y la Reacción)

"Si un cuerpo le aplica una fuerza a otro (acción); entonces el otro le aplica una fuerza igual y en sentido contrario al primero (reacción)"



OBSERVACIONES

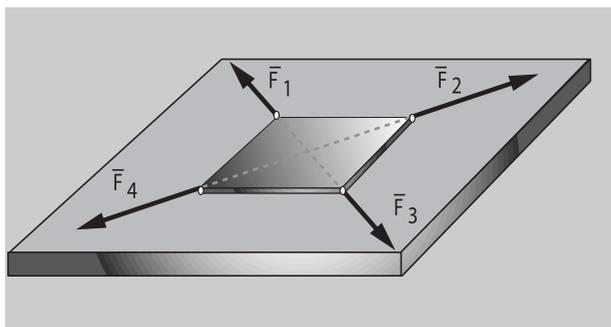
- La acción y reacción no se anulan porque no actúan en el mismo cuerpo.
- La acción y reacción no necesariamente producen los mismos efectos.

NOTA

De lo visto hasta el momento, se puede afirmar que estamos listos para poder estudiar las condiciones que deben cumplir las fuerzas que actúan sobre un cuerpo para que éste se encuentre en equilibrio. Empezaremos con las fuerzas concurrentes y coplanares.

1ª CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

“Un cuerpo se encontrará en equilibrio cuando la fuerza resultante que actúa sobre él, sea igual a cero, para esto, las fuerzas componentes deben ser necesariamente coplanares y concurrentes”.

Ilustración**A) Condición Algebraica**

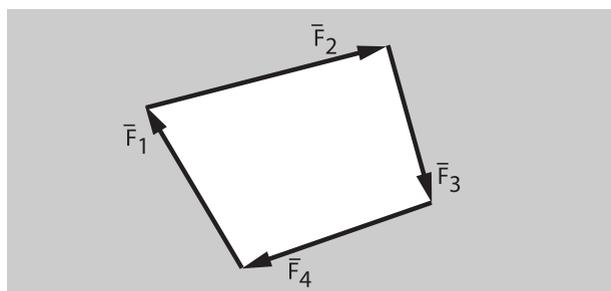
$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \bar{F}_4 \Rightarrow$$

$$\bar{R} = 0 \begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = 0 \end{cases}$$

B) Condición Gráfica

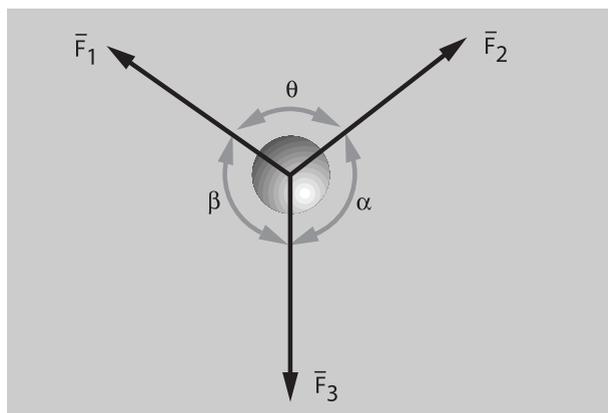
Se sabe que si la resultante de un sistema de vectores es nula, el polígono que se forma será cerrado.

$$\text{Si: } \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \bar{F}_4 = \bar{0}$$

Polígono cerrado**TEOREMA DE LAMY**

Cuando se tienen tres fuerzas concurrentes y coplanares actuando sobre un cuerpo en equilibrio, se cumple:

$$\frac{F_1}{\text{sen } \alpha} = \frac{F_2}{\text{sen } \beta} = \frac{F_3}{\text{sen } \theta}$$

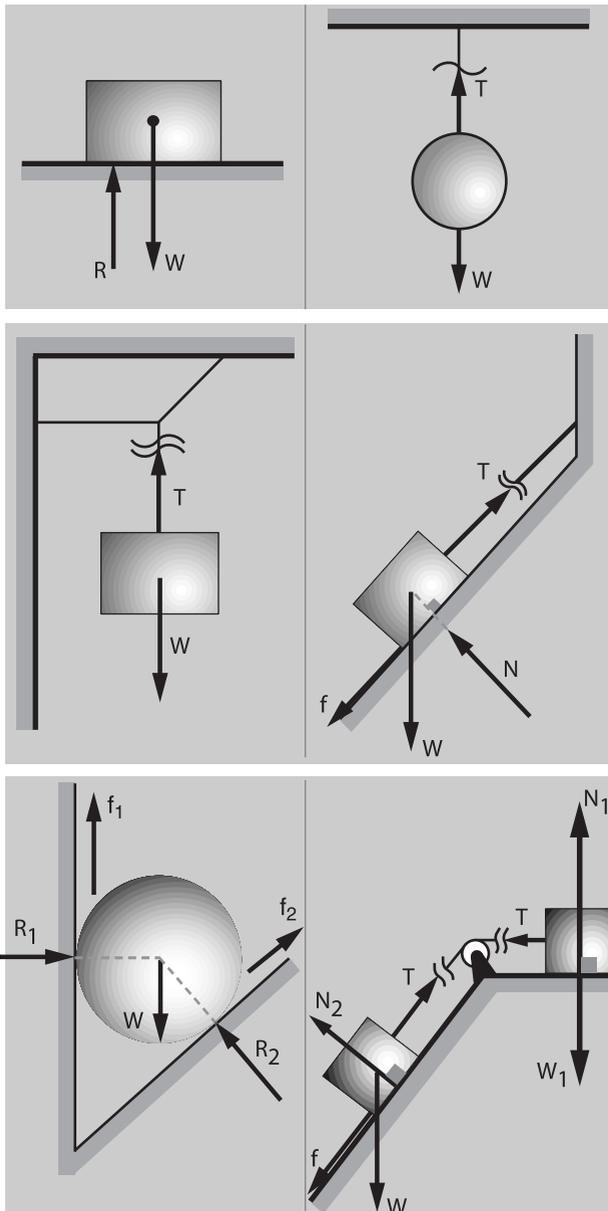
Ilustración**DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE (D.C.L.)**

Hacer el D.C.L. de un cuerpo es representar gráficamente las fuerzas que actúan en él. Para esto se siguen los siguientes pasos:

- 1.- Se aísla al cuerpo, de todo el sistema.
- 2.- Se representa al peso del cuerpo mediante un vector dirigido siempre hacia el centro de la Tierra (W).
- 3.- Si existiesen superficies en contacto, se representa la reacción mediante un vector perpendicular a dichas superficies y empujando siempre al cuerpo (N ó R).

- 4.- Si hubiesen cuerdas o cables, se representa a la tensión mediante un vector que está siempre jalando al cuerpo, previo corte imaginario (T).
- 5.- Si existiesen barras comprimidas, se representa a la compresión mediante un vector que está siempre empujando al cuerpo, previo corte imaginario (C).
- 6.- Si hubiese rozamiento se representa a la fuerza de roce mediante un vector tangente a las superficies en contacto y oponiéndose al movimiento o posible movimiento.

Ilustraciones

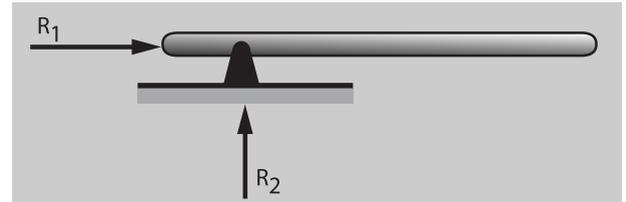


TIPOS DE APOYO

Existen diversos tipos de apoyo, nosotros estudiaremos sólo dos:

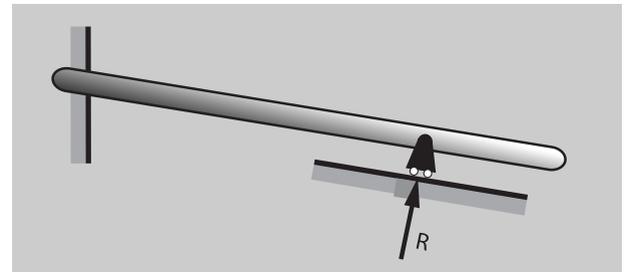
A) Apoyo fijo

En este caso existen dos reacciones perpendiculares entre sí.



B) Apoyo Móvil

En este caso existe sólo una reacción que es perpendicular a las superficies en contacto.



MÉTODO PARA RESOLVER PROBLEMAS

- 1° Se dibuja el diagrama de cuerpo libre (D.C.L.)
- 2° Dado las fuerzas (vectores) se resuelve aplicando uno de los métodos ya conocidos.
 - Coordenadas rectangulares.
 - Polígono cerrado.
 - Teorema de Lamy.
- 3° Se resuelve el problema aplicando los principios matemáticos.

OBSERVACIÓN

Si en el problema hubiesen varios cuerpos, no es necesario hacer el D.C.L. de todos ellos; hay dos posibilidades:

- Hacer el D.C.L. de dos cuerpos o tal vez tres.
- Hacer el D.C.L. de uno de ellos y del sistema completo.

EXPERIENCIA: ESTUDIO ESTÁTICO DE LOS RESORTES

OBJETIVO

Calcular la constante de rigidez del resorte en estudio.

MATERIAL A EMPLEARSE

- Estructura metálica.
- Placa de triplay graduado.
- Un resorte preparado.
- Un juego de pesas (5)

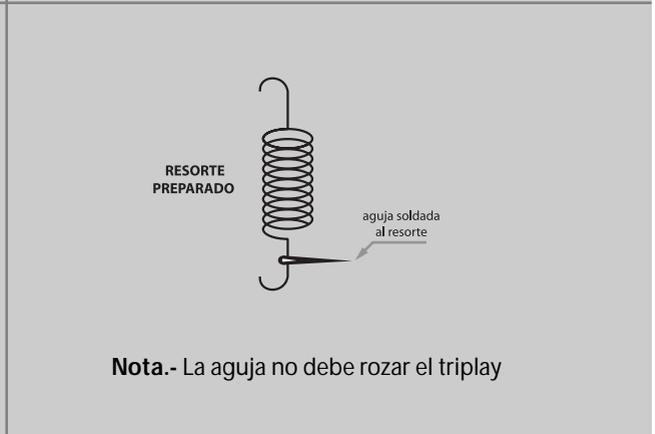
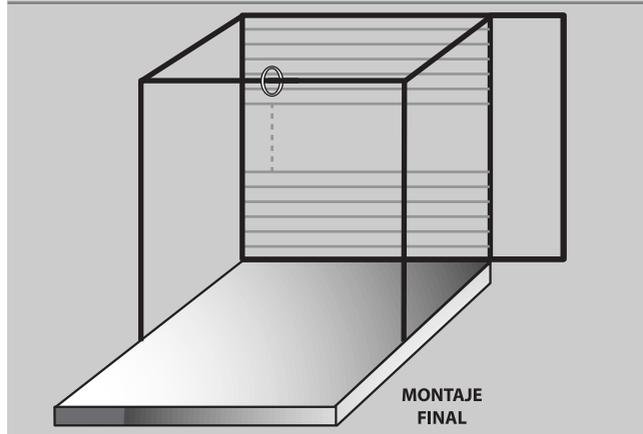
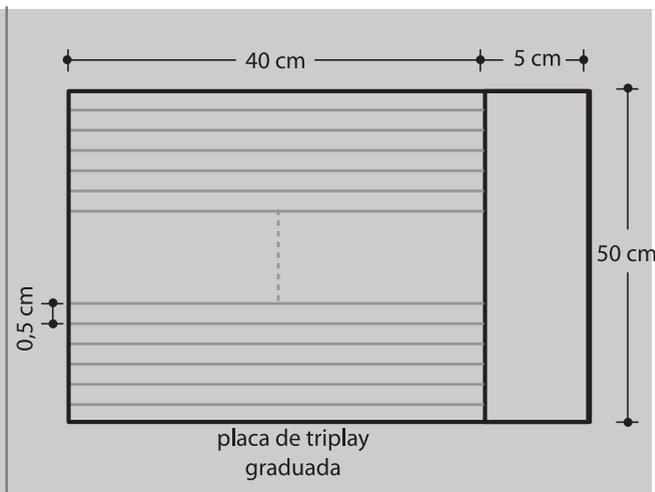
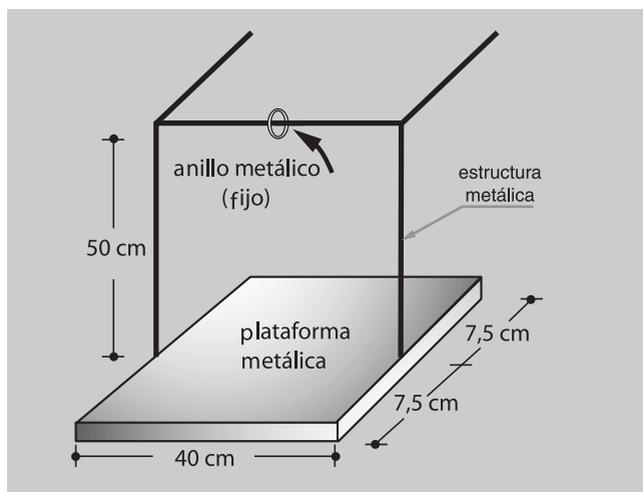
NOTA

El alumno escogerá las pesas a utilizar pero con el respectivo criterio. Así por ejemplo, no se permitirá usar un resorte de lapicero con una pesa de 5 kg.

PROCEDIMIENTO

- 1.- Colocar el resorte como muestra la figura (A), para luego marcar el "cero" (con un lápiz), donde la aguja apunte en el estado de equilibrio.
- 2.- Coger la pesa más liviana y colocarla en el resorte. Apuntar la longitud estirada en la figura (B).
- 3.- Repetir el proceso 2 utilizando las otras dos pesas.
- 4.- Completar la siguiente tabla:

	Pesa 1	Pesa 2	Pesa 3	Pesa 4	Pesa 5
W (kg)					
x (cm)					



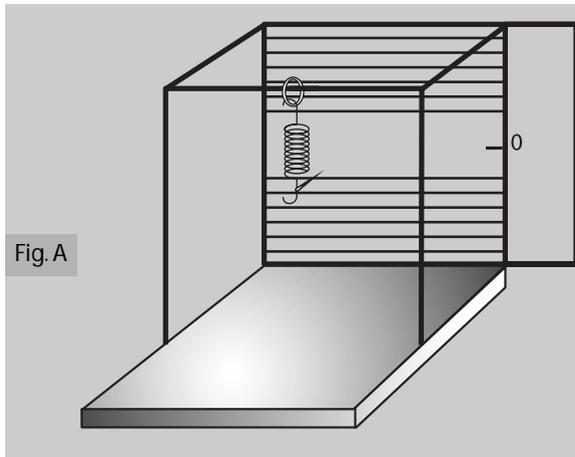


Fig. A

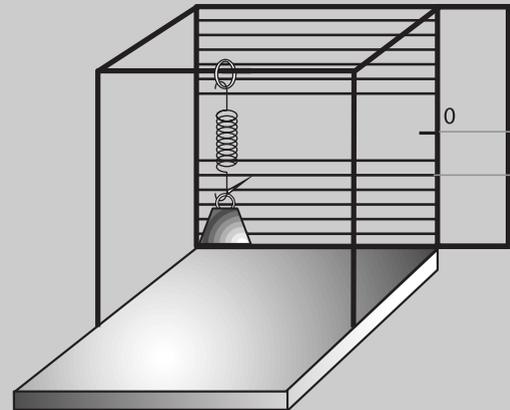
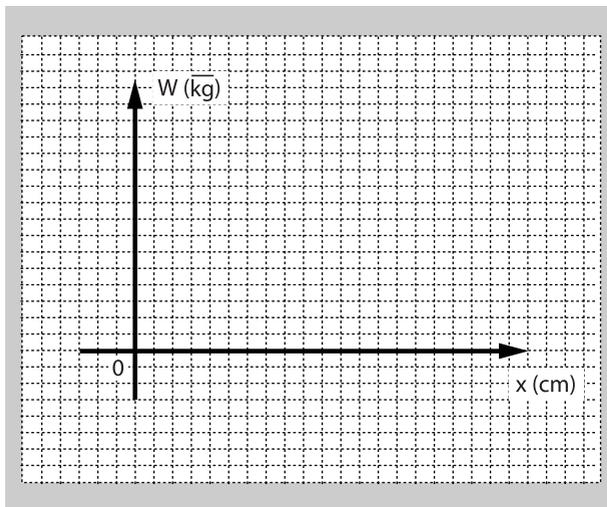


Fig. B

PROCESO ADICIONAL

En un papel milimetrado dibuja el gráfico W vs x .



PREGUNTAS

- 1.- Del gráfico, calcular la pendiente de la recta.
- 2.- Si la pendiente de la recta es numéricamente igual a la constante K de rigidez del resorte. Determine una expresión que relacione F , K y x .
- 3.- Deducir la unidad de K en el sistema internacional.
- 4.- Realizar el mismo experimento con otro resorte y calcular su constante K .
- 5.- Físicamente, intente explicar: ¿Qué es la constante de rigidez K de un resorte?

EXPERIENCIA: ROZAMIENTO

OBJETIVO

Determinar experimentalmente el coeficiente de rozamiento estático (μ_s), así como la fuerza de rozamiento estática máxima.

MATERIALES A EMPLEARSE

- Una madera de 10 cm de ancho y 1 m de largo aproximadamente.
- Un ladrillo king kong.
- Una cinta métrica.
- Un dinamómetro.
- Una balanza.

NÚMERO DE ALUMNOS: Dos

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Pesar el ladrillo.
- 2.- Colocar la madera y el ladrillo, en la posición mostrada (ver figura A).
- 3.- Inclinar la madera poco a poco hasta que el ladrillo de síntomas de un posible movimiento.
- 4.- En ese momento medir la altura " h " con la cinta métrica.

5.- Ahora desmontar el sistema y colocar todo en la posición mostrada (ver figura B)

6.- Jalar el ladrillo hasta que el movimiento de éste sea inminente; en ese momento tomar la lectura que marca el dinamómetro.

Fig. (A)

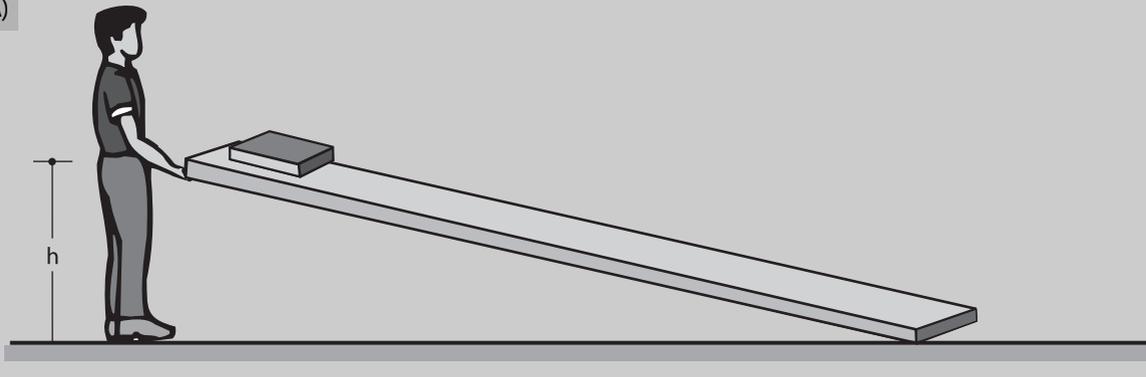
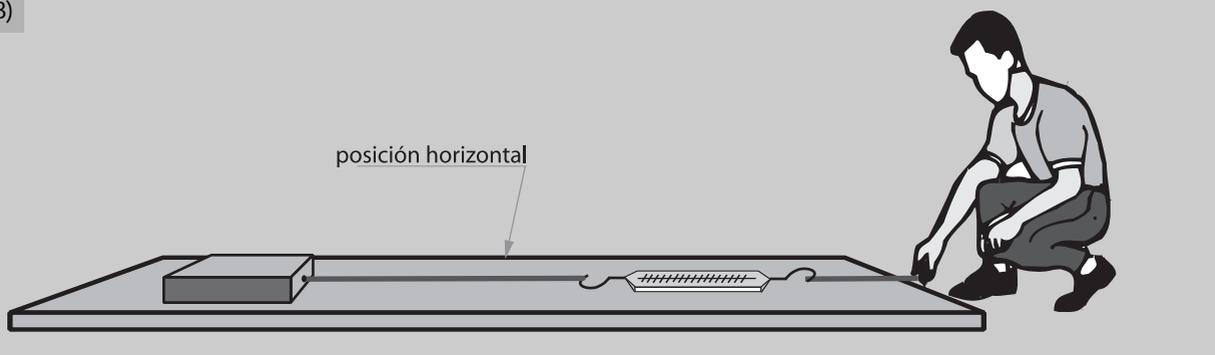
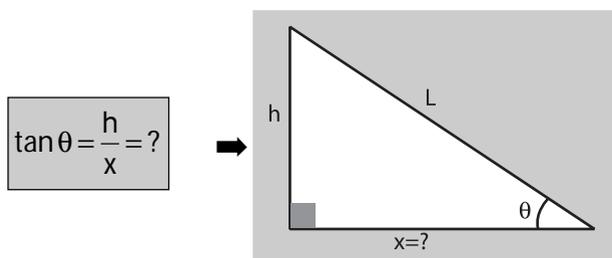


Fig. (B)



PREGUNTAS

1.- Con el primer montaje, completar el triángulo.



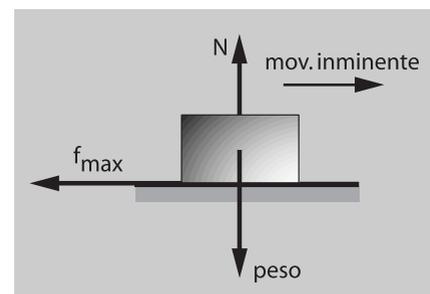
2.- Según lo aprendido en la teoría. ¿Cómo se determina experimentalmente el coeficiente de rozamiento μ_s entre dos cuerpos en contacto?. En nuestro caso: ¿Cuánto vale μ_s ?

3.- Según el segundo montaje, graficar el diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) del ladrillo.

4.- Según el segundo montaje, el ladrillo al encontrarse en movimiento inminente: ¿El cuerpo (ladrillo) está en equilibrio? ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento según el D.C.L.?

5.- Se sabe que la fuerza de rozamiento estático máxima se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f_{\max} = \mu_s N$$



Para usar esta fórmula, Ud. ya conoce:
 μ_s (resuelto en la pregunta 2)
 N = peso del ladrillo

Según dicha expresión: ¿Cuánto vale f_{\max} ?

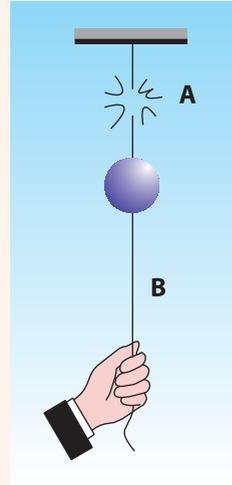
6.- Compare la fuerza de rozamiento determinado en la pregunta 4 y 5. Teóricamente dichos valores deberán ser iguales? Si – No. Comentar.

Inercia

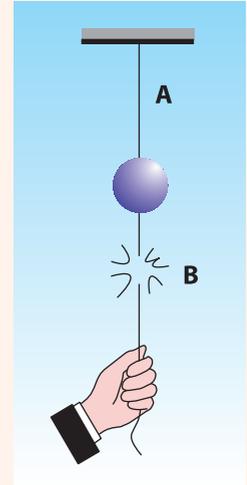
Inicialmente antes de tirar del cordel, la cuerda en "A" ya soporta cierta tensión cuyo valor es igual al peso de la piedra.

Al jalar lentamente la cuerda inferior, la tensión se transmite hacia "A" pero, como allí ya existe tensión, la fuerza siempre será mayor en dicho punto; por tal motivo se romperá primero en "A".

Cuando se jala repentinamente la cuerda en "B", la piedra quedará en su lugar por efecto de la inercia y actuará momentáneamente como un soporte, haciendo que la cuerda se rompa en "B".



Al jalar lentamente el cordel, se rompe en "A".



Al tirar el cordel bruscamente, se rompe en "B".

Fuerzas concurrentes y coplanares en equilibrio



En la posición mostrada, el muchacho permanecerá en equilibrio, no obstante su incomodidad, debido a la fuerte tracción (tensión) que debe soportar en un solo brazo:
Nótese: $T = P$



En esta posición, el niño también conserva el equilibrio gracias a las tres fuerzas concurrentes; sin embargo la posición es más cómoda que la anterior, puesto que los brazos del muchacho comparten la tracción (tensión) total.

¿Cinturón de seguridad? - inercia



Es recomendable que toda persona que se encuentre dentro de un móvil en movimiento haga uso del “cinturón de seguridad”.

De no usar dicho cinturón, correremos el riesgo de salir despedido por el parabrisas y caer aleatoriamente en el pavimento, cuando el móvil por algún motivo circunstancial detenga su movimiento bruscamente; ¿por qué?

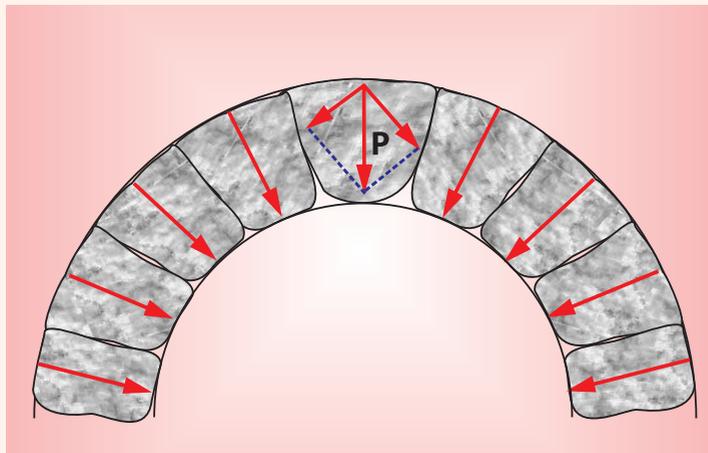
Hay que recordar que cuando el auto está en movimiento, sus ocupantes también lo están (con la misma velocidad). El auto se detiene por que las fuerzas de rozamiento

(por acción de los frenos) se oponen al movimiento; sin embargo a los viajeros nadie los detiene (principio de la inercia) por tal motivo ellos seguirán moviéndose hacia adelante incluso cuando el móvil se haya detenido; es por ello que se usa el cinturón de seguridad para controlar la inercia de las personas.

Fuerzas en un arco

- Cuando las fuerzas actúan sobre el lado convexo:

Analizando el peso P de la piedra central; dicha fuerza presiona a la piedra hacia abajo pero la geometría del conjunto lo impide, lo que se consigue es presionar mediante sus componentes a la piedras vecinas, sin embargo estas componentes se ven anuladas por fuerzas semejantes que generan las piedras contiguas.



- Cuando la fuerza actúa sobre el lado cóncavo, la geometría del conjunto que impide que las piedras no caigan, no es obstáculo para que no puedan ser levantadas, de allí su vulnerabilidad por dicho lado.



En la construcción se aprovecha la geometría de los arcos para resistir fuerzas externas grandes.

Es muy difícil romper un huevo por la zona más convexa. Sin embargo el polluelo no necesita mucho esfuerzo para hacerlo desde adentro.



Caminamos gracias al rozamiento

Cuando una persona camina hacia delante impulsa uno de sus pies hacia atrás, por tal razón la fuerza de rozamiento es también hacia adelante. Imagine Ud. caminando sobre una plataforma de hielo (donde el rozamiento es pequeño).



El rozamiento en las curvas



Si el pavimento fuese liso, el auto no podría dar la vuelta en la curva.

Recuerde Ud. cuando realiza la misma experiencia a gran velocidad, seguramente su cuerpo tratará de seguir en línea recta al igual que el móvil (principio de la inercia); sin embargo Ud. podrá realizar la curva gracias a las fuerzas de rozamiento entre el pavimento y las llantas.

Rozamiento - calor



El lubricante

Los elementos de un motor están en constante movimiento y rozando entre ellos produciendo aumento de temperatura, si esto no se controla, el motor podría sufrir graves daños.



Para evitar consecuencias negativas se introduce entre las piezas aceite o lubricante permitiendo su fácil deslizamiento y conservación.

Muchas veces el roce entre dos cuerpos puede producir calor debido al incremento de temperatura en ambos cuerpos.

Frenos - rozamiento

Cuando un conductor frena su vehículo; el rozamiento actúa más de una vez en el frenado del mismo.



- 1.- Al pisar el freno, la zapata se adhiere al tambor que está en movimiento de rotación, deteniendo en corto tiempo dicho movimiento.
Para que esto suceda, la zapata presenta en su superficie externa una faja muy áspera que hace un coeficiente de rozamiento alto.
- 2.- Cuando las ruedas dejan de girar, si la velocidad es importante el carro puede patinar, esto se puede anular gracias al rozamiento entre las llantas y el pavimento; en virtud a ello es que las pistas se construyen con cierta porosidad.

Cerro



Las montañas o cerros son producto de un proceso geológico; sin embargo no se puede negar que sus pendientes están limitados por el coeficiente de rozamiento estático máximo (μ_s) que hay entre sus componentes.

Rozamiento produce fuego



El rozamiento produce incremento de temperatura. La cerilla del fósforo combustiona a los 50 °C, para llegar a dicha temperatura basta frotar dicha cerilla con el rascador, por ello es que el rascador se hace rugoso.