

#### PROCEDIMIENTO.

- 1.- Lee en forma general los puntos del capítulo I.
- 2.- Subraya lo más importante del material incluido para esta unidad.
- 3.- Realiza un resumen de lo subrayado y escríbelo en tu libreta de apuntes.
- 4.- Analiza los problemas del punto 1-5 relacionados con esta unidad.

#### PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberás entregar completamente resueltos, los problemas del 1 al 6 de la autoevaluación del capítulo I.

3er. SEMESTRE.

FÍSICA.

UNIDAD II.

#### EL PLANO INCLINADO.

El plano inclinado es una de las máquinas simples más útiles en la vida diaria, como ya se estudió el semestre pasado. En esta unidad haremos el análisis del movimiento de objetos sobre el plano inclinado, para esto deberás cumplir con los siguientes:

#### OBJETIVOS.

- 1.- Calcular el valor del ángulo de deslizamiento uniforme para un plano inclinado.
- 2.- Resolver problemas del plano inclinado bajo las siguientes condiciones:
  - a) Con fricción.
  - b) Sin fricción.
  - c) Con velocidad constante.
  - d) Con movimiento uniformemente acelerado.

#### PROCEDIMIENTO.

- 1.- Lee en forma general el punto 1-4 del capítulo I.
- 2.- Subraya lo más importante.
- 3.- Extracta un resumen de lo subrayado.
- 4.- Analiza los problemas relacionados con el punto 1-4 del

#### PROCEDIMIENTO.

- 1.- Lee en forma general los puntos del capítulo I.
- 2.- Subraya lo más importante del material incluido para esta unidad.
- 3.- Realiza un resumen de lo subrayado y escríbelo en tu libreta de apuntes.
- 4.- Analiza los problemas del punto 1-5 relacionados con esta unidad.

#### PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberás entregar completamente resueltos, los problemas del 1 al 6 de la autoevaluación del capítulo I.

3er. SEMESTRE.

FÍSICA.

UNIDAD II.

#### EL PLANO INCLINADO.

El plano inclinado es una de las máquinas simples más útiles en la vida diaria, como ya se estudió el semestre pasado. En esta unidad haremos el análisis del movimiento de objetos sobre el plano inclinado, para esto deberás cumplir con los siguientes:

#### OBJETIVOS.

- 1.- Calcular el valor del ángulo de deslizamiento uniforme para un plano inclinado.
- 2.- Resolver problemas del plano inclinado bajo las siguientes condiciones:
  - a) Con fricción.
  - b) Sin fricción.
  - c) Con velocidad constante.
  - d) Con movimiento uniformemente acelerado.

#### PROCEDIMIENTO.

- 1.- Lee en forma general el punto 1-4 del capítulo I.
- 2.- Subraya lo más importante.
- 3.- Extracta un resumen de lo subrayado.
- 4.- Analiza los problemas relacionados con el punto 1-4 del capítulo I.

## PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberás entregar completamente resueltos en hojas tamaño carta, los problemas del 7 al 11 de la autoevaluación del capítulo I.

## CAPÍTULO I.

### FRICCIÓN Y PLANO INCLINADO.

#### 1-1 INTRODUCCIÓN.

Cuando se desliza un cuerpo sobre otro, o sobre un piso, existen fuerzas entre el cuerpo que se desliza y la superficie sobre la cual se produce ese deslizamiento. Estas reciben el nombre de fuerzas de fricción, o simplemente fricción, la cual se opone al movimiento de objetos que están en contacto entre sí.

La causa de la fricción no es sencilla. Algunos científicos creen que se debe principalmente al roce de las superficies desiguales de los objetos en contacto. A medida que las superficies se frotan, tienden a entrelazarse resistiéndose al desplazamiento de una sobre otra. Se ha demostrado que, en realidad, partículas diminutas se separan de una superficie y llegan a encajarse en la otra.

A partir de esta teoría de la fricción, podría pensarse que si se pulen cuidadosamente las dos superficies, la fricción deslizante que se produzca entre ellas habría de disminuir; sin embargo, se ha demostrado que hay un límite del grado de fricción que puede reducirse mediante el pulido de las superficies en contacto, pues cuando éstas quedan muy lisas, aumenta la fricción entre ellas. Por lo anterior se ha incluido otra teoría según la cual es posible que en algunos casos la fricción se deba a las mismas fuerzas que mantienen unidos a los átomos y moléculas de las superficies en contacto.

Los efectos de la fricción están muy presentes en la vida diaria, aunque muchas veces no nos demos cuenta de ello. Por ejemplo, no podríamos caminar si no existiera fricción entre las suelas de los zapatos y el piso. Además, para que un automóvil empiece a moverse es necesario que exista fricción entre las llantas y la carretera y, al aplicar los frenos del vehículo, se produce este mismo tipo de fuerzas por el rozamiento de las balatas y los tambores o discos de las ruedas; de manera que se reduce la rapidez de su giro, mientras que la fricción de las llantas con el piso es la que termina de detener el automóvil.

Las mismas fuerzas de fricción son las que permiten que nos mantengamos parados y evitan que los platos se deslicen fuera de la mesa si ésta no está bien nivelada. En todos los casos anteriores la fricción es deseable, pero en otras ocasiones ésta puede constituir una desventaja. Por ejemplo, cuando tratamos de mover un mueble pesado deslizándolo sobre el piso, es la fuerza de fricción (estática en este caso), la que se opone al movimiento; también se tratan de disminuir los efectos de la fricción (cinética) entre dos piezas en movimiento, cuando se utilizan lubricantes (por ejemplo, el aceite para motores o transmisiones de automóviles).

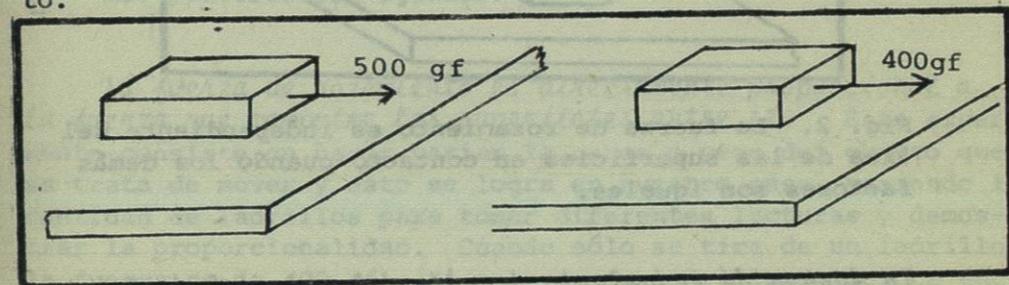
## 1-2 FUERZA DE ROZAMIENTO.

La fuerza de rozamiento o de fricción puede definirse como la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre otra, debido a su atracción mutua, o a sus irregularidades o a ambas cosas.

La dirección de esta fuerza es la del movimiento, pero en sentido opuesto. Esto se puede comprobar cuando se empuja una caja pesada sobre un piso de madera o de cualquier otro material, y se puede sentir un esfuerzo necesario en nuestros brazos para mover hacia uno u otro lado la caja y vencer la fuerza de rozamiento que la mantiene en reposo (o estática).

Mediante algunos experimentos sencillos podemos demostrar ciertos factores de los que depende la fuerza de rozamiento.

La fuerza de rozamiento depende de la clase de movimiento de las superficies. En la fig. 1, un ladrillo está colocado sobre una mesa y se tira de él con un dinamómetro (aparato que muestra la cantidad de fuerza aplicada para poder mover el ladrillo a una velocidad constante, superando las fuerzas de rozamiento entre las superficies), la fuerza indicada en su lectura es igual en magnitud y dirección a la fuerza de rozamiento, pero de sentido contrario. Cuando la tensión del dinamómetro se lee en el instante preciso antes de que el ladrillo se ponga en movimiento y se mira de nuevo cuando avanza con velocidad uniforme, las observaciones demuestran que la fricción estática es mayor que la cinética (se lee 500 gf con el ladrillo inmóvil y 400 gf con el ladrillo en movimiento).



a) Ladrillo inmóvil.

b) Ladrillo en movimiento.

Fig. 1. La fuerza de rozamiento en reposo (estática) es mayor que la cinética o en movimiento.

La fuerza de rozamiento es independiente del área de las superficies en contacto. Si el ladrillo se desliza por su cara mayor, media o menor, la fuerza aplicada sigue siendo la misma. En la fig. 2 se muestra que para las 3 posiciones del ladrillo, la fuerza aplicada es siempre 400 gf.

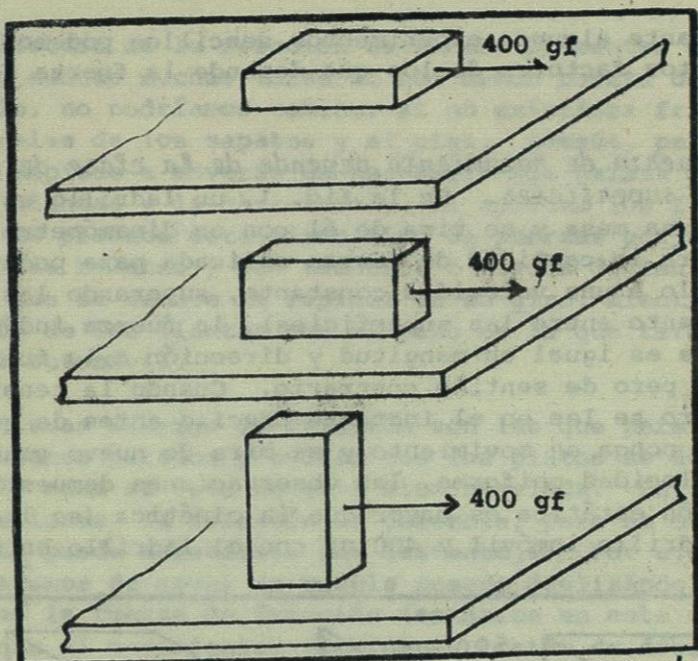


Fig. 2. La fuerza de rozamiento es independiente del área de las superficies en contacto cuando los demás factores son iguales.

La fuerza de rozamiento depende del material de las superficies enfrentadas. Si envolviéramos el ladrillo con un papel disminuiríamos la fuerza de rozamiento como se muestra en la fig. 3, donde se puede notar que con el ladrillo envuelto, la fuerza de rozamiento disminuye de 400 gf hasta 150 gf por el diferente material de la superficie en contacto con la mesa.

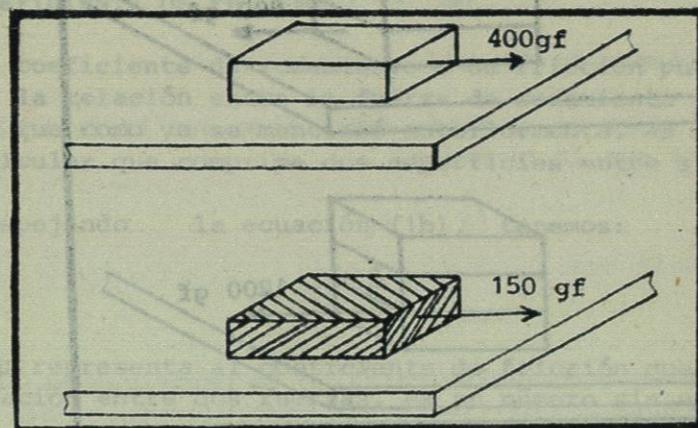


Fig. 3. La fuerza de rozamiento depende del material de las superficies enfrentadas, cuando los demás factores son iguales.

La fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza que comprime las superficies entre sí. Este experimento consiste en hacer variar la carga o peso del objeto que se trata de mover y esto se logra en nuestro caso, variando la cantidad de ladrillos para tomar diferentes lecturas y demostrar la proporcionalidad. Cuando sólo se tira de un ladrillo, la fuerza es de 400 gf. Si un segundo ladrillo se coloca encima del primero, la fuerza llega a 800 gf, con otra carga de 3 ladrillos, la fuerza será de 1200 gf.

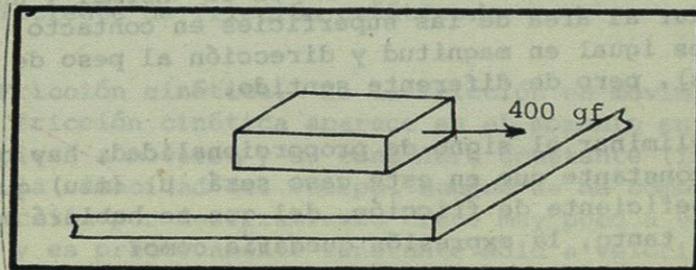


Fig. 4-a.

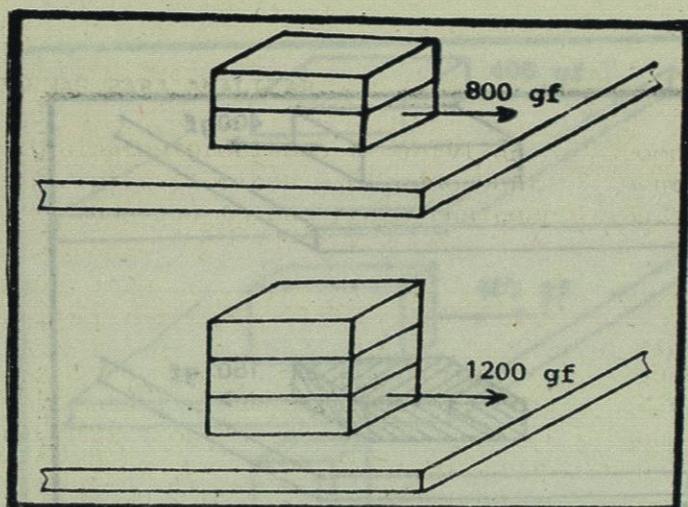


Fig. 4-b. La fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza que comprime a las superficies entre sí.

Este último caso nos servirá para definir algunos conceptos importantes. Por ejemplo, la proporcionalidad es directa porque nos permite suponer que si colocamos 4 ladrillos, la fuerza será de 1600 gf, con 5 sería de 2000 gf, y así sucesivamente. Expresando en forma matemática lo anterior, tenemos:

$$f \propto N \quad (1a)$$

donde  $f$  es la fuerza de rozamiento o de fricción,  $\alpha$  (alfa) es un signo de proporcionalidad y  $N$  es la "normal", una fuerza perpendicular al área de las superficies en contacto, que en este caso es igual en magnitud y dirección al peso de el (los) ladrillo (s), pero de diferente sentido.

Para eliminar el signo de proporcionalidad, hay que introducir una constante que en este caso será  $\mu$  (miu) que representa el coeficiente de fricción, del que se hablará más adelante. Por lo tanto, la expresión quedaría como:

$$f = \mu N \quad (1b)$$

### 1-3. COEFICIENTE DE FRICCIÓN. = 34

de bombe

El coeficiente de rozamiento o de fricción puede definirse como la relación entre la fuerza de rozamiento y la fuerza normal, que como ya se mencionó anteriormente, es la fuerza perpendicular que comprime dos superficies entre sí.

Despejando la ecuación (1b), tenemos:

$$\mu = \frac{f}{N} \quad (1c)$$

donde  $\mu$  representa al coeficiente de fricción que, por ser una relación entre dos fuerzas, es un número sin unidades.

Existen 2 tipos de coeficientes de fricción, así como también hay 2 tipos de fricción:

1.- Fricción estática. Es la que se presenta cuando el cuerpo está en reposo, si no hay tendencia al movimiento, no habrá fuerza de fricción, o bien, se puede decir que la fuerza de fricción estática ( $f_e$ ) es cero. Su valor aumentará si se empieza a aplicar una fuerza uniformemente hasta llegar a un valor máximo en el instante en que el cuerpo empezara a moverse. La ecuación que representa a la fricción estática es:

$$f_e = \mu_e N \quad (2a)$$

$$\text{donde } \mu_e = f_e / N \quad (2b)$$

es el coeficiente de fricción estático.

2.- Fricción cinética. Es la fricción en movimiento, la fuerza de fricción cinética aparece en el momento en que el cuerpo empieza a moverse, y se considera constante (independiente de la velocidad del cuerpo, aunque se ha comprobado que la fricción por deslizamiento crece muy poco a velocidades bajas y es prácticamente constante sólo a velocidades altas). Su expresión matemática es:

$$f_c = \mu_c N \quad (3a)$$

de donde

$$\mu_c = f_c/N \quad (3b)$$

es el coeficiente de fricción cinético.

Además, como ya se había mencionado que la fricción estática es mayor que la cinética,

$$f_e > f_c$$

podemos deducir que:

$$\mu_e > \mu_c$$

(El coeficiente de fricción estático es mayor que el cinético. La comprobación de esto queda como ejercicio para el alumno).

En la tabla 1-1 que se muestra a continuación, se proporcionan algunos valores de coeficientes de fricción para diferentes superficies en contacto.

TABLA 1-1. Valores medios de coeficientes de fricción (para superficies secas).

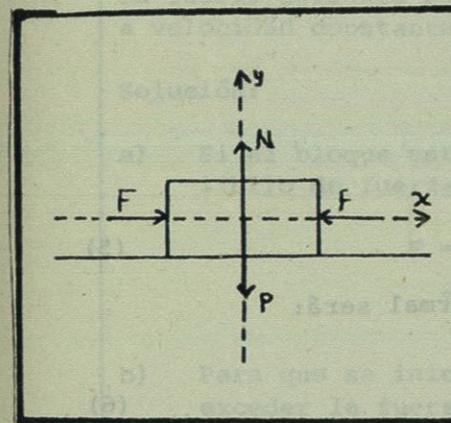
Material de las superficies.	$\mu$
Roble sobre roble.	0.25
Hule sobre concreto.	0.70
Metales sobre roble.	0.55
Pino sobre pino.	0.35
Acero sobre acero.	0.18
Superficies engrasadas.	0.05
Hierro sobre concreto.	0.30
Cuero sobre metales.	0.56
Hule sobre roble.	0.46
Acero sobre babbit.	0.14

NOTA:

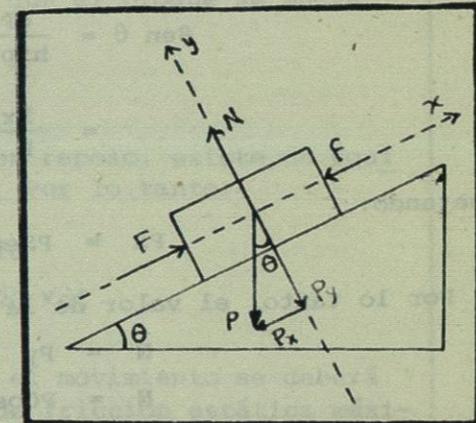
Los valores dados son para superficies secas, porque el agua y otros líquidos pueden afectar al coeficiente de fricción.

#### 1-4 EL PLANO INCLINADO.

Como ya se consideró en nuestro curso anterior, el plano inclinado es una máquina simple que nos sirve para poder subir, a una altura determinada, un objeto pesado a lo largo de su pendiente con menos esfuerzo que si lo levantáramos directamente. En la fig. 5b se puede notar que el valor de la normal "N", ya no es igual al peso "P" del objeto, como lo era cuando éste se deslizaba por una superficie plana (fig. 5a).



a) Cuando el objeto se desliza por una superficie plana, el valor de la normal es igual a su peso ( $N=P$ ).



b) En un plano inclinado, el valor de la normal "N" es igual a la componente en "y" del peso del objeto ( $N=P_y$ ).

Fig. 5. Valor de la normal en diferentes condiciones físicas de un cuerpo.