De este modo podemos calcular el coeficiente de fricción estática a partir de la ecuación (1-1).

$$\mu_s = \frac{\mathcal{F}_s}{\mathcal{N}} = \frac{10\ \text{lb}}{50\ \text{lb}} = 0.2$$

La fuerza que contrarresta la fricción cinética es de 5 lb. De aquí que la suma de las fuerzas a lo largo del eje x resulte.

$$5\ \text{lb} - \mathcal{F}_k = 0$$

o sea

$$\mathcal{F}_k = 5\ \text{lb}$$

La fuerza normal es aún 50 lb, y así

$$\mu_k = \frac{\mathcal{F}_k}{\mathcal{N}} = \frac{5\ \text{lb}}{50\ \text{lb}} = 0.1$$

Ahora resuelve:

Problema 1. Una fuerza horizontal de 70 lb. se dispone a dar impulso a un trineo vacío de 600 lb. a través de nieve compacta. ¿Cuál es el coeficiente de fricción estático?

Problema 2. El trineo del problema anterior, una vez que empieza a moverse requiere una fuerza de 30 lb para mantenerlo en movimiento. ¿Cuál es el coeficiente de fricción en deslizamiento?

Ejemplo 1-2

¿Qué fuerza T con ángulo de 30° sobre la horizontal se requiere para arrastrar un bloque de 40 lb hacia la derecha a velocidad constante si $\mu_k = 0.2$?

Solución.-

Dibujemos primero un bosquejo del problema y tracemos después el diagrama de cuerpo libre tal como se muestra en la figura 4. Al aplicar la primera condición del equilibrio obtenemos

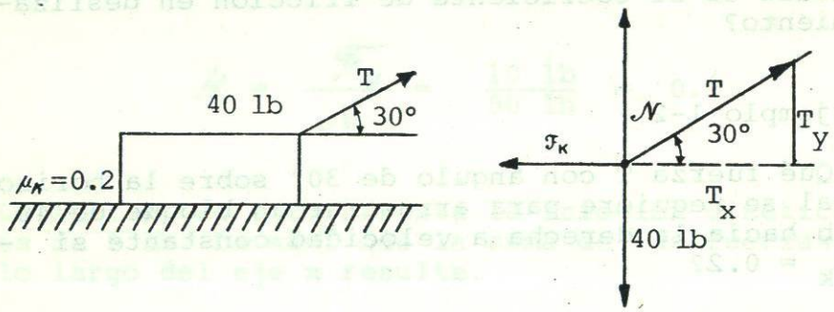
$$\sum F_x = 0 \qquad T_x - \mathcal{F}_k = 0$$

$$\sum F_y = 0 \qquad \mathcal{N} + T_y - 40\ \text{lb} = 0 \qquad (1\text{-}3)$$

La última ecuación muestra que la fuerza normal es

$$\mathcal{N} = 40\ \text{lb} - T_y \qquad (1\text{-}4)$$

Fig. 4 La fuerza T con un ángulo sobre la horizontal reduce la fuerza normal, resultando en una fuerza de fricción menor.



Nótese que la fuerza normal está disminuida por la componente y de T. Sustituyendo $\mathcal{F}_k = \mu_k \mathcal{N}$ en la ecuación (1-3) nos da

$$T_x - \mu_k \mathcal{N} = 0$$

Pero $\mathcal{N}$ = 40 lb - T_y de acuerdo con la ecuación (1-3), con lo que

$$T_x - \mu_k(40 \text{ lb} - T_y) = 0 \qquad (1\text{-}5)$$

Del diagrama de cuerpo libre podemos notar que

$$T_x = T \cos 30° = 0.866T$$

y

$$T_y = T \text{ sen } 30° = 0.5T$$

De aquí, y recordando que μ_k = 0.2, podemos escribir la ecuación (1-5) como

$$0.866T - (0.2)(40 \text{ lb} - 0.5T) = 0$$

De la que podemos resolver T como sigue:

$$0.866T - 8 \text{ lb} + 0.1T = 0$$

$$0.966T - 8 \text{ lb} = 0$$

$$0.966T = 8 \text{ lb}$$

$$T = \frac{8 \text{ lb}}{0.966} = 8.3 \text{ lb}$$

Por lo tanto se necesita una fuerza de 8.3 lb para arrastrar el bloque a velocidad constante si la cuerda hace un ángulo de 30° sobre la horizontal.

Ahora resuelve:

Problema 3. Un bloque de hielo se desliza con velocidad constante sobre un piso de madera cuando una fuerza horizontal de 10 lb es aplicada. ¿Cuál es el peso del bloque de hielo si μ_k = .15?

Problema 4. Una caja de 150 lb descansa sobre un plano horizontal. Se le aplica una fuerza de 70 lb a un ángulo de 35° sobre la horizontal para que empiece a moverse
¿Cuál es el coeficiente de fricción estático?

Ejemplo 1-3

Un bloque de 100 lb descansa sobre un plano inclinado de 30°. Si $\mu_k = 0.1$, ¿qué empuje P paralelo al plano y dirigido hacia arriba se requerirá para que el bloque se mueva a) hacia arriba a velocidad constante y b) hacia abajo a velocidad constante?

Solución a)

El problema general se ha bosquejado en la figura 5a. Para el movimiento hacia arriba, la fuerza de fricción apunta hacia abajo del plano como se ilustra en la figura 5b. Aplicando la primera condición del equilibrio obtenemos

$$\sum F_x = 0 \qquad P - \mathcal{F}_k - W_x = 0 \qquad (1\text{-}6)$$

$$\sum F_y = 0 \qquad \mathcal{N} - W_y = 0 \qquad (1\text{-}7)$$

De la figura vemos que los componentes x y y del peso son

$$W_x = (100\ \text{lb})(\text{sen } 30°) = 50\ \text{lb}$$

$$W_y = (100\ \text{lb})(\cos 30°) = 86.6\ \text{lb}$$

Sustituyendo la última ecuación en la 1-7 nos permite obtener la fuerza normal, que es

$$\mathcal{N} - 86.6\ \text{lb} = 0$$

$$\mathcal{N} = 86.6\ \text{lb}$$

De la ecuación 1-6, el empuje requerido para mover el bloque hacia arriba es

$$P = \mathcal{F}_k + W_x$$

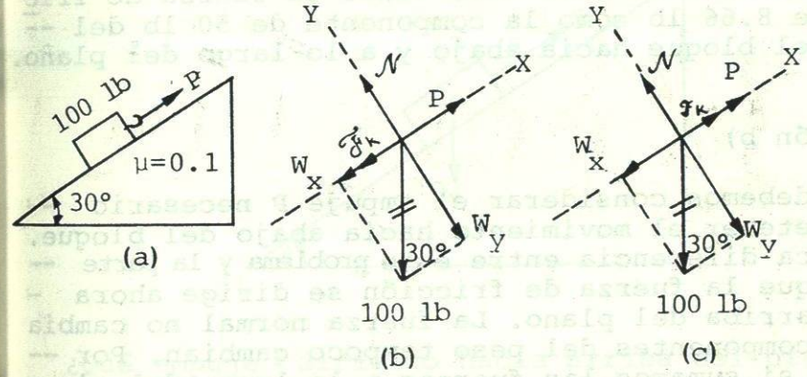


Fig. 5 Fricción en el plano inclinado.

Pero $F_k = \mu_k N$, por lo que

$$P = \mu_k N + W_x$$

Sustituyendo los valores conocidos de μ_k, N, y W_x, obtenemos

$$P = (0.1)\ 986.6\ lb) + 50\ lb$$

$$= 58.7\ lb$$

Nótese que el empuje hacia arriba del plano debe contrarrestar en este caso tanto la fuerza de fricción de 8.66 lb como la componente de 50 lb del peso del bloque hacia abajo y a lo largo del plano.

Solución b)

Ahora debemos considerar el empuje P necesario para detener el movimiento hacia abajo del bloque. La única diferencia entre este problema y la parte a) es que la fuerza de fricción se dirige ahora hacia arriba del plano. La fuerza normal no cambia y los componentes del peso tampoco cambian. Por tanto, si sumamos las fuerzas a lo largo del eje x de la figura 5c tenemos

$$\sum F_x = 0 \qquad P + \mathcal{F}_k - W_x = 0$$

de la cual

$$P = W_x - \mathcal{F}_k$$

o

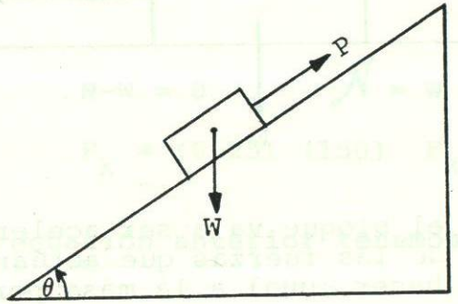
$$P = 50\ lb - 8.66\ lb$$

$$= 41.3\ lb$$

La fuerza de 41.3 lb está dirigida hacia arriba del plano inclinado y detiene el movimiento hacia abajo del bloque de tal manera que su velocidad sea constante. Si esta fuerza P no se ejerciera, el bloque se aceleraría hacia abajo del plano por su propio peso.

Ahora resuelve:

Problema 5.- En la siguiente figura considérese que W = 350 N, $\theta = 35°$, $\mu_s = 0.2$

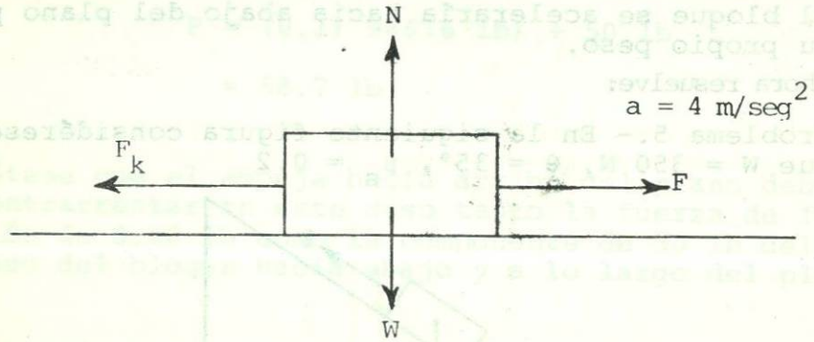


¿Qué empuje P dirigido hacia arriba del plano se requiere para que el bloque empiece a moverse hacia arriba?

Ejemplo 1-4 Un bloque de 150 N peso descansa sobre un plano horizontal. Encontrar la magnitud de la fuerza "F" para comunicarle una aceleración de 4 m/seg². El coeficiente de fricción cinético μ_k = 0.25.

Solución del problema.

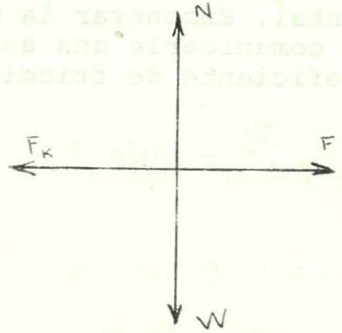
Lo primero que debemos hacer es dibujar el bloque y las fuerzas que actúan en él



En este caso el bloque va a ser acelerado y por es la sumatoria de las fuerzas que actúan en el eje "x" se van a hacer igual a la masa por la aceleración.

$$\sum F_x = ma$$

Después hay que aislar el cuerpo haciendo el diagrama de cuerpo libre para que así las fuerzas queden sobre los ejes "x" y "y".



$F_x = ma$

$F - F_k = ma$

Para calcular la masa del cuerpo hay que dividir el peso entre la gravedad.

$$m = \frac{w}{g} \qquad m = \frac{150\ N}{9.8\ m/seg^2} \qquad m = 15.3\ Kg$$

Como no hay movimiento vertical al sumar las fuerzas en el eje de las "Y" éstas se hacen igual a cero.

$$Fy = 0 \qquad N - W = 0 \qquad N = W = 150\ Kg$$

$$y\ F_k = \mu_k N \qquad F_k = (0.25)\ (150) \qquad F_k = 37.5\ N$$

y tomando la ecuación anterior tenemos:

$$F = ma + F_k$$

$$F = (15.3\ Kg)\ (4\ m/seg^2) + 37.5\ N$$

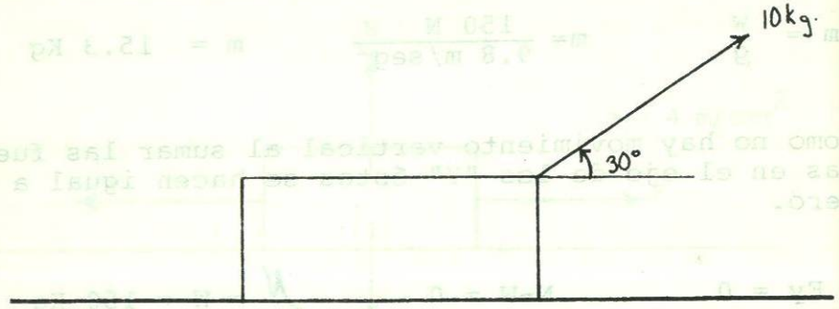
$$F = 98.7\ N$$

que es el valor de la fuerza que le comunica la aceleración al bloque.

Ahora resuelve:

Problema 6. Un bloque de 50 Kg de peso descansa sobre un plano horizontal. Si se aplica una fuerza de 10 Kg como se representa en la figura. Suponiendo que el coeficiente de rozamiento cinético $\mu_k = 0.20$

Calcular la aceleración para el bloque.



Problema 7. Una masa de 100 Kg descansa sobre un plano inclinado 37°. El coeficiente de fricción cinética es 0.2. Se aplica un empuje P paralelo al plano y dirigido hacia arriba para hacer que la masa se acelere $3 m/seg^2$.

a) ¿Cuál es la fuerza resultante hacia arriba del plano?

b) ¿Cuál es la magnitud del empuje P?

RESUMEN

La fricción es una fuerza que se opone al movimiento relativo siempre que un cuerpo se mueve estando en contacto con otro.

La normal es la fuerza ejercida por una superficie sobre un objeto y que es igual al peso del objeto.

Cuando una fuerza se ejerce sobre un objeto que descansa, en reposo, sobre una superficie horizontal, Al principio el objeto no se moverá debido a la acción de una fuerza llamada fuerza de rozamiento estático y la fuerza de rozamiento ejercida por la superficie horizontal mientras el bloque se encuentra en movimiento se denomina fuerza de rozamiento cinético.

Las unidades que se manejan en las fuerzas de fricción son la libra o el kilogramo fuerza.

El coeficiente de fricción es una constante de proporcionalidad; es una relación constante entre dos fuerzas, es una constante sin dimensiones. El coeficiente de fricción depende de la rugosidad de las superficies, pero no del área de contacto entre las superficies.

Existe fricción estática entre dos superficies cuando el movimiento es inminente; la fricción cinética ocurre cuando las dos superficies están en movimiento relativo. En ambos casos las fuerzas de fricción son proporcionales a la normal. Estas fuerzas están dadas por:

$$\mathcal{F}_s = \mu_s \mathcal{N} \qquad \mathcal{F}_k = \mu_k \mathcal{N}$$

Estas fuerzas deben considerarse con frecuencia - en los problemas de equilibrio.

GLOSARIO

FRICCION:	Fuerza que se opone al desplazamiento de un cuerpo sobre - otro debido a las rugosidades en las superficies ásperas.
FRICCION NORMAL:	Fuerza que ejerce cualquiera - de los dos cuerpos sobre el -- otro perpendicularmente a la - cara de contacto mutuo que es de igual magnitud que el peso del objeto.
COEFICIENTE DE FRICCION:	Es el cociente entre la fuerza de rozamiento y la normal.
COEFICIENTE DE FRICCION ESTATICO:	Es igual a la tangente del -- ángulo que forma un plano in-- clinado con la horizontal justo en el instante en que -- empieza a deslizarse sobre el cuerpo.

AUTOEVALUACION

I. INSTRUCCIONES: Subraya la opción que consideres contesta correctamente cada cuestión.

1. Son el tipo de fuerzas que se oponen al movimiento relativo de las superficies de los cuerpos entre sí.

   a) Contacto.
   b) Equilibradas.
   c) Campo.
   d) Fricción.

2. Así se llama la fuerza de fricción cuando dos superficies se encuentran en movimiento relativo.

   a) Estática.
   b) Dinámica.
   c) Cinética.
   d) Mecánica

3. Esta fuerza de rozamiento es menor que la fuerza de rozamiento estático para los mismos materiales.

   a) Cinético.
   b) Mecánico.
   c) Dinámico
   d) Fricción.

4. Así es la fuerza de rozamiento ejercida sobre las superficies de un cuerpo sobre otro.

   a) Tangente.
   b) Normal
   c) Perpendicular
   d) Cinética.

5. Es la fuerza de rozamiento que al principio evita el movimiento de un bloque que descansa en reposo cuando se le aplica una fuerza.

   a) Estático.
   b) Cinético.
   c) Magnético.
   d) Fricción.

6. Es un efecto deseable del rozamiento o fricción.

   a) Hace que funcionen los frenos de un automóvil.
   b) Desgaste de las piezas de una máquina.
   c) Genere calor.
   d) Disminuya la velocidad de los automóviles.

7. Es el cociente de la fuerza de fricción por la normal.

   a) Coeficiente de fricción.
   b) Fricción cinética.
   c) Fricción estática.
   d) Normal.

8. Son las unidades del coeficiente de fricción.

   a) Newtons
   b) Libras
   c) Sin dimensiones
   d) Slugs

9. Son las unidades de las fuerzas de fricción.

   a) Libras o kilogramos fuerza.
   b) Slugs
   c) Sin dimensiones
   d) Libras o kilogramos masa.

10. Así es la fuerza normal ejercida por la superfi cie sobre el objeto.

a) Tangente.
b) Paralela
c) Oblicua
d) Perpendicular

11. Un vagón de 80N con ruedas sin fricción es empu jado hacia arriba en un plano de 35° ¿Cuál es - el empuje mínimo P en N paralelo al plano que s requiere para subir el vagón?

a) 54.2
b) 45.9
c) 71.8
d) 52.4

12. Un bloque de 45 lb descansa sobre una superfici horizontal de madera. El coeficiente de fricció es 0.4 ¿Qué fuerza en libras se necesita para - que el bloque empiece a moverse.?

a) 21
b) 18
c) 12
d) 22.5

13. Un refrigerador de 180 lb se coloca sobre una - manta y es arrastrado sobre un piso de mosaicos Si $\mu_s = 0.4$ y $\mu_k = 0.2$ ¿Qué fuerza hará moverse el refrigerador con una velocidad constante?

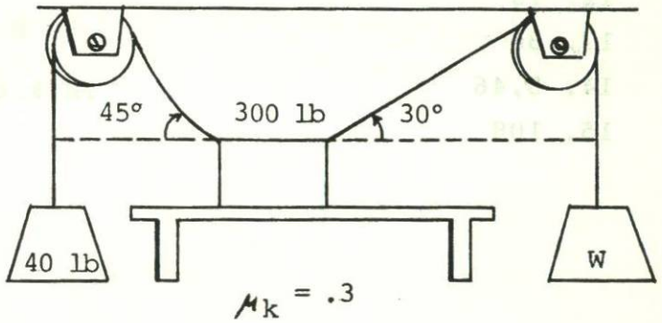
a) 72
b) 180
c) 36
d) 90

14. Un trineo de 50 N tiene una estaca amarrada a - él formando un ángulo de 30° sobre la horizon-- tal. Si $\mu_k = 0.1$, encuéntrese la fuerza requerida para tirar el trineo con velocidad cons-- tante.

a) 42.25
b) 54.6
c) 5.46
d) 48.6

15. Dos pesas están colocadas de dos poleas sin -- fricción, como se muestra en la figura. ¿Qué peso W causará que el bloque empiece a moverse hacia la derecha?

a) 109 lb
b) 108 lb
c) 208 lb
d) 123 lb



PRIMERA UNIDAD

RESPUESTAS A LA AUTOEVALUACION

1. d)
2. c)
3. a)
4. a)
5. a)
6. a)
7. a)
8. c)
9. a)
10. d)
11. 45.9
12. 18
13. 36
14. 5.46
15. 108

PRIMERA UNIDAD

ANEXO: Respuestas a los problemas propuestos.

1. .1167
2. .05
3. 6.67 lb
4. .56
5. 143.38 N
6. .39 m/seg^2
7. a) 300 N

   b) 1045.4 N.