PRIMERA UNIDAD

OBJETIVO TERMINAL

Al término de sus estudios de bachillerato, el alumno será capaz de aplicar los conocimientos adquiridos, en la interpretación de fenómenos físicos.

OBJETIVO GENERAL

Al término del semestre, el alumno será capaz de aplicar los conceptos de fricción, trabajo, energía y potencia y leyes de la conservación e hidrostática, en la solución de problemas afines.

PRIMERA UNIDAD

INTRODUCCION

En esta unidad verás las fuerzas que resultan del rozamiento. El rozamiento o fuerza de fricción es muy importante en nuestra vida diaria. Al obrar sola, la fuerza de rozamiento hace que se detenga cualquier eje que esté en rotación. En un automóvil, un porcentaje de la potencia de su motor se consume para contrarrestar las fuerzas de rozamiento. El rozamiento hace que se desgasten o se traben las partes móviles. Por otra parte, sin el rozamiento no podríamos marchar como lo hacemos; no podríamos sostener un lápiz en nuestra mano y si lo hiciéramos, no podríamos escribir; el transporte con ruedas, tal como lo conocemos en la actualidad, no sería posible.

Por otra parte verás también como expresar las fuerzas de rozamiento en función de las propiedades del cuerpo y de su medio ambiente. Consideraremos el deslizamiento de una superficie seca sobre otra.

PRIMERA UNIDAD

FRICCION

OBJETIVO DE UNIDAD

El alumno al terminar la unidad en el tema:

I. FRICCION.

1. Aplicará los principios básicos de fricción, en la solución de problemas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

El alumno por escrito en su cuaderno, sin error en el tema:

I. FRICCION.

1.1 Explicará el término fricción.

1.2 Determinará el valor de la normal, en diferentes condiciones físicas de un cuerpo.

1.3 Diferenciará entre coeficiente de fricción estático y cinético.

1.4 Identificará las unidades que maneja la fricción y el coeficiente de fricción.

1.5 Deducirá la expresión matemática para el coeficiente de fricción, por deslizamiento uniforme.

1.6 Resolverá problemas de planos horizontales, bajo las siguientes condiciones:

a) sin fricción.
b) con fricción.
c) con velocidad constante.
d) con movimiento uniformemente acelerado.

1.7 Ubicará, gráficamente, las fuerzas que inciden sobre un cuerpo en un plano inclinado.

1.8 Resolverá problemas de planos inclinados, bajo las siguientes condiciones:

a) sin fricción.
b) con fricción.
c) con velocidad constante.
d) con movimiento uniformemente acelerado.

I. ROZAMIENTO O FRICCION.

Siempre que un cuerpo se mueve estando en contacto con otro objeto, existen fuerzas de rozamiento que se oponen al movimiento relativo. Estas fuerzas son consecuencia de la adhesión de una superficie a la otra y por la trabazón de las irregularidades en las superficies en roce. Es precisamente este rozamiento lo que mantiene a un clavo dentro de una tabla, la que nos permite caminar y la que hace que los frenos de un automóvil funcionen. En todos estos casos el rozamiento tiene un efecto deseable.

En muchas otras circunstancias, sin embargo, es deseable minimizar el efecto del rozamiento. Por ejemplo, el rozamiento aumenta el trabajo necesario para operar alguna máquina, causa desgaste y genera calor, que en muchos casos provoca a su vez daños adicionales. Los automóviles y los aviones son diseñados aerodinámicamente para reducir el rozamiento con el aire, que resulta ser muy grande a altas velocidades.

Siempre que una superficie se desliza sobre otra, la fuerza de rozamiento ejercida por cada cuerpo sobre el otro es paralela o tangente a las dos superficies y actúa de tal manera que se opone al movimiento relativo de las superficies. Es importante notar que estas fuerzas no sólo existen cuando ocurre un movimiento relativo, sino que también están presentes en cuanto uno de los cuerpos tiende a deslizarse sobre el otro.

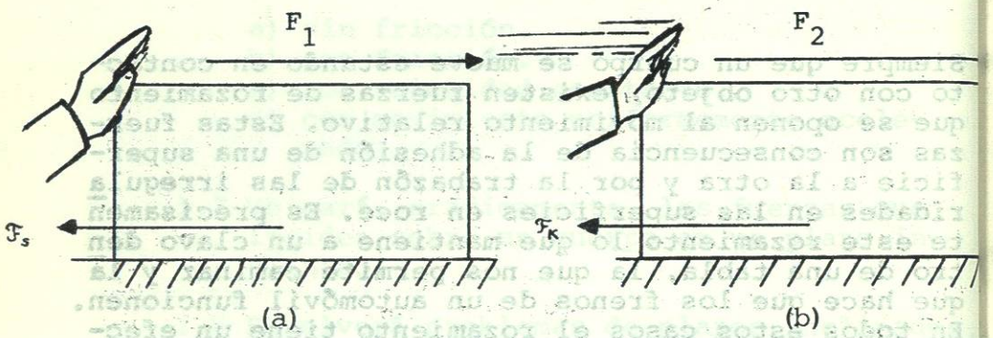

Fig. 1 a) En la fricción estática, el movimiento está impedido; b) en la fricción cinética, las dos superficies están en movimiento relativo.

Supóngase que una fuerza se ejerce sobre un bloque que descansa en reposo sobre una superficie horizontal como se muestra en la figura 1. Al principio el bloque no se moverá debido a la acción de una fuerza llamada fuerza de rozamiento estático $\mathcal{F}_s$. Pero a medida que la fuerza aplicada se aumenta, llega un momento que que se provoca el movimiento del bloque, y la fuerza de rozamiento ejercida por la superficie horizontal mientras el bloque se encuentra en movimiento se denomina fuerza de rozamiento cinético $\mathcal{F}_K$.

Las leyes que gobiernan a las fuerzas de rozamiento se determinan experimentalmente en el laboratorio por medio de un aparato similar al que se ilustra en la figura 2a. Una caja de peso W se coloca sobre una mesa horizontal y un cordel ligero

que está atado a la caja se pasa por una polea con rozamiento despreciable, y se cuelga del otro extremo del cordel una serie de pesas conocidas. Todas las fuerzas que actúan sobre la caja y las pesas se muestran en sus correspondientes diagramas de cuerpo libre (Figs. 2a. y 2b).

Consideremos que el sistema está en equilibrio, para lo cual la caja debe permanecer en reposo o moviéndose con velocidad constante. En cualquiera de los casos podemos aplicar la primera condición de equilibrio. Consideremos el diagrama de fuerzas como se muestra en la figura 2c.

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

o sea

$$\sum F_y = 0 \qquad \mathcal{N} - W = 0$$

$$\mathcal{F} = T \text{ y } \mathcal{N} = W$$

Vemos así que la fuerza de rozamiento es de magnitud igual que la tensión en el cordón y que la fuerza normal ejercida por la mesa sobre la caja es igual al peso de la caja. Nótese que la tensión en el cordón es a su vez igual al peso de las pesas más el peso de su soporte.

Empezamos el experimento colocando gradualmente pesas en el soporte, para aumentar lentamente la tensión del cordel. Al aumentar la tensión, la fuerza de rozamiento estático, que es igual en magnitud pero opuesta en dirección, también aumenta. Si T se aumenta lo suficiente, la caja se empezará a mover, indicando que T ha sobrepasado la máxima fuerza de rozamiento estático $\mathcal{F}_{s\,max}$. Así, aunque la fuerza de

rozamiento estático $\mathcal{F}_s$ variará de acuerdo con los valores de la tensión del cordel, existe un valor máximo único $\mathcal{F}_{s,\,MAX}$. Sólo este valor máximo es útil en la solución de problemas de fricción. Por lo tanto, en este libro $\mathcal{F}_s$ se entenderá que representa a $\mathcal{F}_{s,\,máx}$.

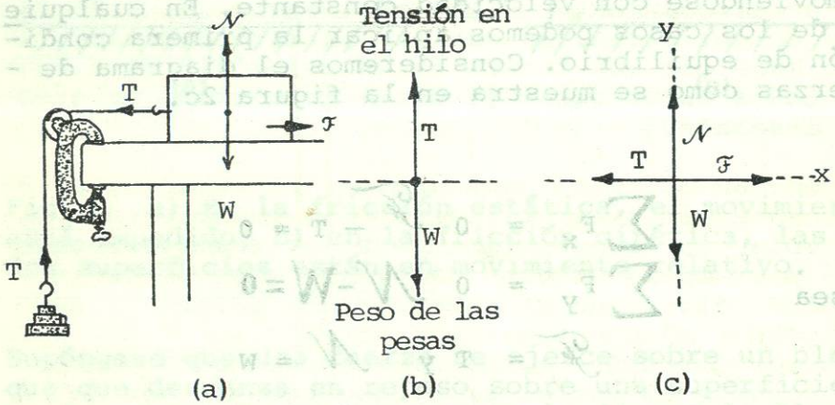

Fig. 2. Experimento para determinar la fuerza de fricción.

Para continuar el experimento, supóngase que agregamos peso a la caja, con lo que aumentaríamos la presión normal entre la caja y la mesa. Nuestra fuerza normal será ahora

$$\mathcal{N} = W + \text{peso agregado.}$$

Al repetir nuestro experimento anterior, veremos que un nuevo valor de T proporcionalmente mayor será necesario para contrarrestar $\mathcal{F}_s$. En otras palabras, al duplicar la fuerza normal entre las dos superficies, la máxima fuerza de rozamiento estático que debemos contrarrestar también se duplica. Si $\mathcal{N}$ se triplica, $\mathcal{F}_s$ también se triplica, y así ocurre para los demás factores. Puede decirse por tanto que la máxima fuerza de rozamiento estático es directamente proporcional a la fuerza normal entre las dos superficies. Esta proporcionalidad puede escribirse como

$$\mathcal{F}_s \propto \mathcal{N}$$

que puede escribirse como ecuación:

$$\boxed{\mathcal{F}_s = \mu_s \mathcal{N}} \qquad (1\text{-}1)$$

En la que μ_s es una constante de proporcionalidad denominada coeficiente de rozamiento estático. Dado que μ_s es una relación constante entre dos fuerzas, es una cantidad sin dimensiones.

En el experimento que precede debe notarse que una vez que T ha superado en magnitud a $\mathcal{F}_s$ la caja aumentará su velocidad, o se acelerará, hasta topar con la polea. Esto indica que un valor menor que T bastaría para mantener a la caja moviéndose con velocidad constante. Por tanto, la fuerza de rozamiento cinético $\mathcal{F}_k$ debe ser menor que $\mathcal{F}_s$ para las mismas superficies. En otras palabras, se requiere de más fuerza para iniciar el movimiento de un bloque que para mantenerlo moviéndose a velo

cidad constante. En este último caso la primera condición de equilibrio también se satisface; así, el mismo razonamiento que nos llevó a derivar la ecuación (1-1) para el rozamiento estático, nos dará la siguiente proporcionalidad para el rozamiento cinético:

$$\mathcal{F}_k \propto \mathcal{N}$$

que puede también expresarse como una ecuación, como antes:

$$\boxed{\mathcal{F}_k = \mu_k \mathcal{N}} \qquad (1\text{-}2)$$

donde μ_s es una constante de proporcionalidad llamada coeficiente de rozamiento cinético.

Se puede demostrar que los coeficientes de proporcionalidad μ_s y μ_k dependen de la rugosidad de las superficies pero no del área de contacto entre las superficies. Puede verse de las ecuaciones anteriores que μ depende tan sólo de la fuerza de rozamiento $\mathcal{F}$ y de la fuerza normal $\mathcal{N}$ entre las superficies. Desde luego que debemos aceptar que las ecuaciones (1-1) y (1-2) no son fundamentalmente rigurosas como otras ecuaciones físicas. Existen muchas variables que interfieren con la aplicación general de estas fórmulas. Nadie que haya tenido algo de experiencia en carreras de autos, por ejemplo, podrá creer que la fuerza de rozamiento sea completamente independientemente al área de

contacto. Pero aún así las ecuaciones son herramientas útiles para determinar en forma estimativa las fuerzas de resistencia en casos específicos.

La tabla I muestra algunos valores representativos de los coeficientes de rozamiento estático para diferentes tipos de superficies. Estos valores son aproximados y dependen de las condiciones en que se encuentren las superficies.

TABLA I COEFICIENTES DE FRICCION APROXIMADOS

Material	μ_s	μ_k
Madera sobre madera	0.7	0.4
Acero sobre acero	0.15	0.09
Metal sobre cuero	0.6	0.5
Madera sobre cuero	0.5	0.4
Hule sobre concreto, seco	0.9	0.7
húmedo	0.7	0.57

Los problemas que incluyen fricción se resuelven como otros problemas de fuerzas, excepto que se deben considerar los siguientes puntos:

1. Las fuerzas de rozamiento son paralelas a las superficies y se oponen directamente al movimiento relativo de las superficies entre sí.

2. La fuerza de rozamiento estático es mayor que la fuerza de rozamiento cinético para los mismos materiales.

3. Al dibujar diagramas de cuerpo libre, generalmente resulta más expeditivo elegir el eje x paralelo al plano del movimiento y el eje y normal al plano del movimiento.

4. Se puede aplicar la primera condición del equilibrio para obtener dos ecuaciones que representan las fuerzas a lo largo del plano de movimiento y normales a él. (Los problemas más complicados en los que se incluye una fuerza resultante serán estudiados posteriormente.)

5. Las relaciones $\mathcal{F}_s = \mu_s \mathcal{N}$ y $\mathcal{F}_k = \mu_k \mathcal{N}$ se pueden aplicar para obtener la cantidad deseada.

EJEMPLO 1-1.

Un bloque de 50 lb descansa sobre una superficie horizontal. Se requiere una fuerza horizontal de 10 lb para iniciar el movimiento del bloque. Una vez en movimiento, sólo se necesita una fuerza de 5 lb para mantener una velocidad constante. Encuéntrense los coeficientes de fricción estática y cinética.

Solución

Las palabras clave que deben ser reconocidas son para iniciar el movimiento y movimiento con velocidad constante. Las primeras implican fricción estática, mientras que las últimas se refieren a fricción cinética. En cada caso existe una condición

de equilibrio. Los diagramas de cuerpo libre correctos se ilustran en las figuras 3a y 3b. Consideremos la fuerza que contrarresta la fricción estática. Al aplicar la primera condición del equilibrio en la figura 3-a obtenemos

$$\sum F_x = 0 \qquad 10\text{lb} - \mathcal{F}_s = 0$$

$$\sum F_x = 0 \qquad \mathcal{N} - 50\text{lb} = 0$$

de lo que podemos observar que

$$\mathcal{F}_s = 10\text{lb} \quad \mathcal{N} = 50\text{lb}$$

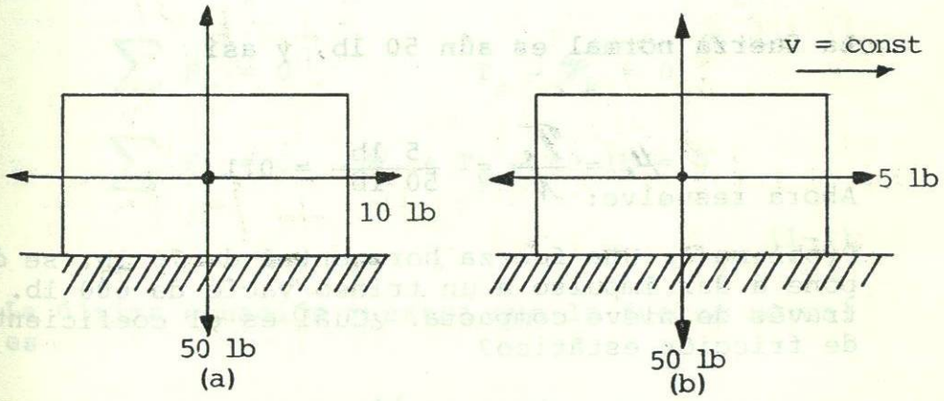

Fig. 3 a) Se requiere una fuerza de 10 lb para contrarrestar la fuerza máxima de fricción estática. b) Se requiere una fuerza de solamente 5 lb para mover el bloque con velocidad constante.