

6-5 PROBLEMAS PARA ANALIZAR.

Los siguientes problemas te servirán para comprender mejor los principios teóricos explicados anteriormente. Consulta cualquier duda con tu maestro o compañeros.

Ejemplo 1.

Supongamos que se quiera mover un bloque de cierto material que pesa 40 kg. Los coeficientes de fricción entre él y la superficie son $\mu_e = 0.6$ y $\mu_c = 0.3$. a) Si se aplica una fuerza de 20 kg y el bloque sigue sin moverse, cuál será el valor de la fuerza de fricción estática, b) ¿Qué fuerza se deberá aplicar para que el bloque empiece a moverse?, c) Ya con el bloque en movimiento, ¿qué valor deberá tener la fuerza aplicada para que el bloque se mueva a velocidad constante?

Solución:

a) Si el bloque está en reposo, existe un equilibrio de fuerzas. Por lo tanto, para mover el bloque se necesita aplicar una fuerza, un poco mayor de 24 kg.

$$F = f_e$$

$$F = 20 \text{ kg}$$

b) Para que se inicie el movimiento se deberá exceder la fuerza de fricción estática máxima, la cual es:

$$f_e = \mu_e N$$

y como la normal es igual al peso del bloque (éste se moverá en una superficie plana):

$$f_e = (0.6)(40 \text{ kg})$$

$$= 24 \text{ kg (valor máx)}$$

c) Para mover el bloque a velocidad constante, la fuerza aplicada deberá ser igual en magnitud a la fuerza de fricción cinética:

$$F = f_c$$

$$= \mu_c N$$

$$= (0.3)(40 \text{ kg})$$

$$= 12 \text{ kg.}$$

NOTA:

En este ejemplo se comprueba que la fuerza de fricción estática es mayor que la cinética, o en otras palabras, que es necesario aplicar una fuerza mayor para vencer la inercia o estado de reposo del bloque, que para mantenerlo en movimiento a velocidad constante

Ejemplo 2

Se arrastra una caja a una velocidad constante sobre una superficie plana, con una fuerza de 20 kg. Si el peso de la caja es de 80 kg, a) cuál será el valor de la fuerza de fricción cinética?, b) cuál es el coeficiente de fricción cinético?

Solución:

a) Para comprender mejor este problema, es conveniente dibujar cada una de las fuerzas que actúan sobre la caja. A esto le llamaremos diagrama de cuerpo libre (D.C.L.).

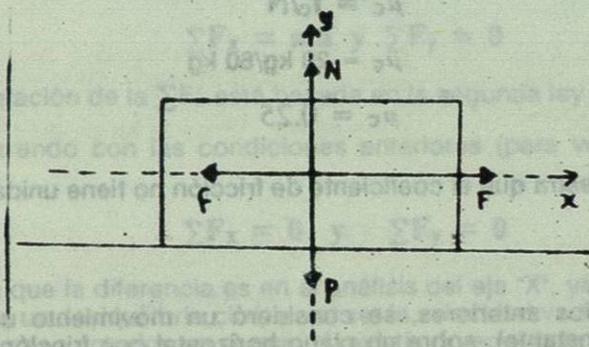


Fig. 6. Diagrama de cuerpo libre para un objeto que se desliza por una superficie plana, a velocidad constante.

En este caso, como la caja se mueve a velocidad constante, se considerará en equilibrio. Por lo tanto:

$$\sum F_x = 0 \text{ y } \sum F_y = 0$$

En el eje "x":

$$\sum F_x = 0 \text{ --- (+)}$$

6-5 PROBLEMAS PARA EL ALUMNO

$$F - f_c = 0$$

$$= 20 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la fuerza de fricción cinética se considerará igual a la fuerza aplicada (20 kg)

b) en el eje "y":

$$\sum F_y = 0 \uparrow (+)$$

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

$$= 80 \text{ kg}$$

Con este valor, podemos calcular el coeficiente de fricción cinética (μ_c) con la fórmula:

$$f_c = \mu_c N$$

despejando

$$\mu_c = f_c / N$$

$$\mu_c = 20 \text{ kg} / 80 \text{ kg}$$

$$\mu_c = 0.25$$

Aquí se demuestra que el coeficiente de fricción no tiene unidades.

NOTA:

En los ejemplos anteriores, se consideró un movimiento uniforme (velocidad constante), sobre un plano horizontal con fricción. Ahora analizaremos el movimiento uniformemente acelerado, sobre el mismo plano horizontal con y sin fricción:

Ejemplo 3.

Una caja de madera de 50 kg, se empuja a lo largo de un piso horizontal de madera con una fuerza de 200 newtons. Si el coeficiente de fricción cinético tiene un valor de 0.1, calcular la aceleración de la caja.

Solución:

Empezaremos por dibujar el diagrama de cuerpo libre (D.C.L) para este problema, suponiendo que el bloque (o caja) se mueve hacia la derecha incluyendo el vector aceleración.

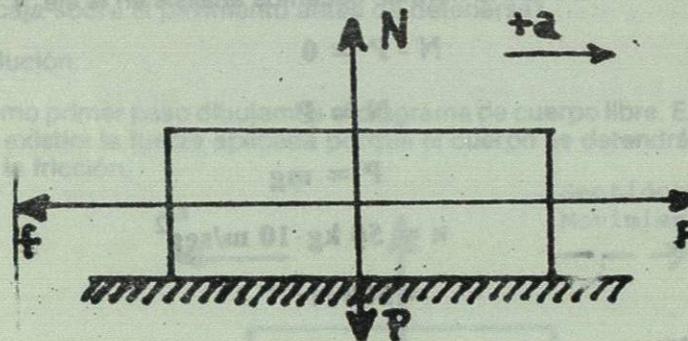


Fig. 7. Diagrama de cuerpo libre para un objeto que se desliza por un plano horizontal (o superficie plana) con movimiento uniformemente acelerado.

Las condiciones para las sumatorias de fuerzas en este caso, serán las siguientes:

$$\sum F_x = ma \text{ y } \sum F_y = 0$$

La igualdad de la $\sum F_x$ está basada en la segunda ley de Newton.

Comparando con las condiciones anteriores (para velocidad constante).

$$\sum F_x = 0 \text{ y } \sum F_y = 0$$

Vemos que la diferencia es en el análisis del eje "X", ya que, ahora se trata de un desequilibrio cinético al ser la velocidad variable, a diferencia del caso anterior, en el que si existía un equilibrio (ver otra vez el ejemplo 2)

Analizando el eje "X"

$$\sum F_x = ma \text{ (} \rightarrow + \text{)}$$

$$+ F - f = ma$$

Despejando la aceleración "a"

$$a = (F - f) / m$$

Ya conocemos el valor de la fuerza aplicada ($F = 200 \text{ N}$), pero desconocemos los otros valores.

$$f = \mu \cdot N \text{ y } P = mg$$

Para calcular el valor de la normal, hacemos análisis en el eje "Y".

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

$$P = mg$$

$$= 50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/seg}^2$$

$$= 500 \text{ N}$$

Por lo tanto:

$$f = \mu N$$

$$= 0.1 \times 500 \text{ N}$$

$$= 50 \text{ N}$$

$$m = P/g$$

$$= 500 \text{ N} / 10 \text{ m/seg}^2$$

$$= 50 \text{ kg}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$a = (F - f) / m$$

$$= (200 \text{ N} - 50 \text{ N}) / 50 \text{ kg}$$

$$= 150 \text{ N} / 50 \text{ kg}$$

$$= 3 \text{ m/seg}^2$$

(El signo positivo nos indica sentido hacia la derecha).

Ejemplo 4.

Un mueble rectangular de madera de 50 kg, cae desde un camión que se mueva a 90 km/hr. Si el coeficiente de fricción por deslizamiento entre la madera y el pavimento es de 0.5. ¿Qué distancia se deslizará la caja sobre el pavimento antes de detenerse?

Solución:

Como primer paso dibujamos el diagrama de cuerpo libre. En este caso no existirá la fuerza aplicada porque el cuerpo se detendrá por efecto de la fricción.

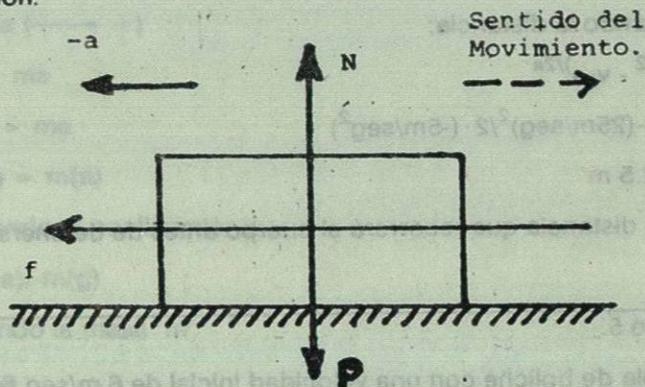


Fig. 8. Diagrama de cuerpo libre para un objeto que se detiene con movimiento uniformemente acelerado sobre un plano horizontal.

Con el análisis en el eje "Y", obtenemos:

$$F_y = 0 \text{ (+)}$$

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

$$P = mg$$

$$= 50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/seg}^2$$

$$= 500 \text{ N}$$

Analizando ahora el eje "X"

$$\Sigma F_x = ma \text{ (} \rightarrow \text{ +)}$$

$$-f = ma$$

$$\mu N = ma$$

Despejando la aceleración:

$$= -0.5 \cdot 500 \text{ N} / 50 \text{ kg}$$

$$= -5 \text{ m/seg}^2$$

Para calcular la distancia, debemos seleccionar la fórmula adecuada (4 fórmulas generales del movimiento uniformemente acelerado).

Datos: $v_0 = 90 \text{ km/hr}$, $v = 0$, $a = -5 \text{ m/seg}^2$

$$v^2 = v_0^2 + 2ad$$

despejando la distancia:

$$d = (v^2 - v_0^2) / 2a$$

$$d = (0) - (25 \text{ m/seg})^2 / 2 \cdot (-5 \text{ m/seg}^2)$$

$$d = 62.5 \text{ m}$$

Será la distancia que recorrerá el cuerpo antes de detenerse.

Ejemplo 5.

Una bola de boliche con una velocidad inicial de 6 m/seg se desplaza 50 m a lo largo de un piso completamente nivelado (horizontal) antes de detenerse. Calcular el coeficiente de fricción de rodadura.

Solución:

El diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) será similar al anterior.

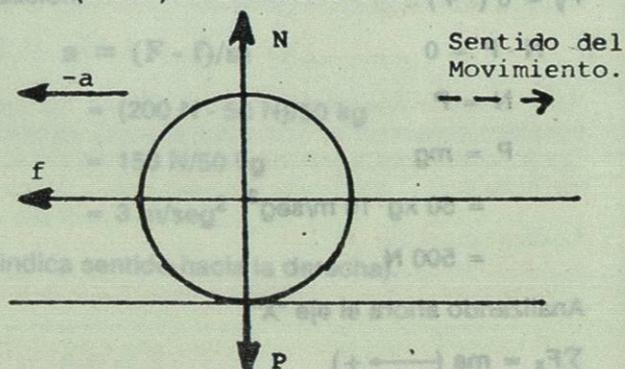


Fig. 9.

En el análisis en el eje "Y", obtenemos.

$$\sum F_y = 0 (\rightarrow +)$$

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

Pero como no se nos da el peso "P", ni la masa "m" para calcularlo, expresamos el valor de la normal de la siguiente manera.

$$N = P$$

$$= mg$$

Analizando ahora el eje "X"

$$F_x = ma (\rightarrow +)$$

$$-f = ma$$

$$-\mu N = ma$$

$$\mu - mg = m(a)$$

despejando el coeficiente: μ

$$\mu = m(a) / -m(g)$$

eliminando la masa "m"

$$\mu = a / -g$$

necesitamos el valor de la aceleración, y esta la podemos calcular por la siguiente fórmula:

$$v^2 = v_0^2 + 2ad$$

$$a = (v^2 - v_0^2) / 2d$$

$$a = (0) - (6 \text{ m/seg})^2 / 2 \cdot 50 \text{ m}$$

$$= -0.36 \text{ m/seg}^2$$

$$\mu = -0.36 \text{ m/seg}^2 / -10 \text{ m/seg}^2$$

$$= 0.036$$

Será el valor del coeficiente de fricción para rodadura. (recuerda que esta cantidad es adimensional, esto es sin unidades).

Podemos notar que el resultado de este problema, comparándolo con los valores de la tabla 1-1, el coeficiente de fricción por rodadura es mucho menor que cualquier valor de coeficiente de fricción por deslizamiento.

Lo anterior se puede comprobar, empujando una bola de madera y un trozo rectangular del mismo material con idénticas velocidades y observando cual de los dos se detiene primero.

AUTOEVALUACIÓN

1.- Una caja que pesa 80 kg descansa sobre un piso horizontal de madera. Si el coeficiente de fricción estático es de 0.5, calcular la fuerza necesaria para poner la caja en movimiento.

$$[F = 40 \text{ kgf } \text{ ó } 392 \text{ N}].$$

2.- Si con una fuerza de 200 N se puede mover a velocidad constante un objeto de 70 kg, sobre una superficie horizontal, ¿Cuál será su coeficiente de fricción cinética?

$$[\mu_c = 0.291].$$

3.- Si es necesaria una fuerza de 550 gr para poder iniciar el movimiento de un ladrillo de 800 gr de peso y otra fuerza de 400 gr para mantenerlo a velocidad constante, como se muestra en la fig 1 de este capítulo, ¿cuáles serán los valores para el coeficiente de fricción estática?

$$[\mu_e = 0.687, \mu_c = 0.50].$$

4.- ¿Cuál será la fuerza necesaria para poder mantener un automóvil de 2,000 kg moviéndose sobre una carretera plana de concreto? Suponer un coeficiente de fricción cinético entre las llantas de caucho y la carretera de concreto de 0.4.

$$[F = 800 \text{ kgf } \approx 8000 \text{ N}].$$

5.- ¿Qué fuerza se requiere para arrastrar una caja de hierro que pesa 50 kgf, sobre una superficie plana de concreto? (Ver tabla 1-1 de este capítulo). $[F = 15 \text{ kgf } \approx 150 \text{ N}].$

6.- Determinar el valor de la normal, si un baúl de 100 kgf de peso se empuja: a) por una superficie plana con una fuerza de 80 kgf, b) por un plano inclinado que forma un ángulo de 20° con la horizontal si la fuerza con que se empuja (a velocidad constante) es de 81.2 kgf.

$$[a) N = 100 \text{ kgf, b) } N = 93.97 \text{ kg}].$$

7.- Si un niño se encuentra jalando un carrito de juguete de 800 g de masa por medio de una cuerda que forma un ángulo de 30° con la horizontal, si la tensión en la cuerda es de $4 \cdot 10^5$ y el coeficiente de

fricción es de 0.3, contestar las siguientes preguntas.

a) ¿Cuál es el valor de la fuerza normal?

b) ¿Cuánto vale la fuerza de fricción?

c) Calcular la fuerza resultante del sistema propuesto y determinar el tipo de movimiento.

$$[a) N = 6 \cdot 10^5 \text{ dinas, b) } f = 1.8 \cdot 10^5 \text{ dinas, c) fuerza resultante} = 1.664 \cdot 10^5]$$

8.- Se le aplica una fuerza de 80 kgf a un objeto de 100 kg de masa, situada sobre una superficie horizontal durante 6 segundos. Si el coeficiente de fricción cinético entre las superficies es de 0.3, contestar las siguientes preguntas auxiliándose con las 4 fórmulas del movimiento uniformemente acelerado.

a) ¿Cuál será la velocidad que adquiere al final de los 6 seg.

b) ¿Qué distancia recorrerá el objeto mencionado mientras se le aplica la fuerza.

$$[a) v = 30 \text{ m/seg, b) } d = 90 \text{ m}].$$

9.- Con los datos del problema anterior, calcular la distancia en la cual se desplazará el cuerpo antes de detenerse por efecto de la fricción y el tiempo que tardará en detenerse.

$$[a) d = 6 \text{ m, b) } t = 2 \text{ seg.}].$$

10.- El coeficiente de fricción cinético entre una llanta de caucho y una carretera de concreto humedo es de 0.5. Calcular: a) El mínimo tiempo que empleo en detenerse un auto que se desplaza por esa carretera humeda con una velocidad de 90 km/hr (sin aplicar los frenos, la única fuerza que lo detiene es la fricción). b) La distancia que recorrerá el auto antes de detenerse.

$$[a) t = 5 \text{ seg, b) } d = 62.2 \text{ m}].$$

11.- Una muchacha que pesa 50 kgf se desplaza sobre unos patines de rueda, sobre un piso completamente nivelado, con una velocidad de 18 km/hr. Si en determinado momento, deja de impulsarse, se empieza a detener por efecto de la fricción, y alcanza el estado de reposo después de cubrir una distancia de 50 m. Calcular el coeficiente de fricción por rotación.

$$[\mu = 0.025].$$

CAPILLA ALFONSO
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTOEVALUACIÓN

1.- Una caja que pesa 20 kg descansa sobre un suelo horizontal. Se aplica una fuerza horizontal de 30 N en el punto medio de la parte superior de la caja, a una altura de 1.00 m del suelo. El coeficiente de fricción cinética entre las superficies es de 0.3. Calcular las siguientes magnitudes: a) la fuerza de fricción, b) la fuerza normal, c) la fuerza resultante.

2.- Si un cuerpo de 500 g se mueve sobre una superficie horizontal con una velocidad constante de 2 m/s, ¿cuál es la fuerza de fricción que actúa sobre él?

3.- Una fuerza de 550 g actúa sobre un cuerpo que se mueve sobre una superficie horizontal. Otra fuerza de 400 g actúa sobre el mismo cuerpo perpendicularmente a la primera. Calcular la fuerza resultante.

4.- ¿Cuál será la fuerza necesaria para detener un cuerpo que se mueve sobre una superficie horizontal con una velocidad de 30 km/h en un tiempo de 2 segundos? El coeficiente de fricción es de 0.3.

5.- ¿Qué fuerza se requiere para arrastrar una caja de 50 kg sobre una superficie horizontal? El coeficiente de fricción es de 0.3.

6.- Una fuerza de 100 kg actúa sobre un cuerpo que se mueve sobre una superficie horizontal. Otra fuerza de 99.97 kg actúa sobre el mismo cuerpo perpendicularmente a la primera. Calcular la fuerza resultante.

7.- Si un niño se encuentra jugando en un carril de juguete de 300 g, ¿cuál es la fuerza normal que actúa sobre él cuando se encuentra en un ángulo de 30° con la horizontal? El coeficiente de fricción es de 0.3.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **Alvarenga Beatriz Gonzalvez de, Antonio Máximo**
FÍSICA GENERAL.
Harla, S. A.
México, 1976
- 2.- **Beiser, Arthur.**
CONCEPTOS DE FÍSICA MODERNA.
Mc Graw Hill.
España, 1974
- 3.- **Brandwein, Burnett, Stollberg.**
FÍSICA.
Publicaciones Culturales, S. A.
México, 1975.
- 4.- **Bueche F.**
FUNDAMENTOS DE FÍSICA.
Mc Graw-Hill.
México, 1975.
- 5.- **Mc. Gervy, John D.**
INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA MODERNA.
Ed. Trillas.
México, 1975.
- 6.- **Merwe., Van Der.**
FÍSICA GENERAL.
Mc Graw Hill.
Colombia, 1973.

- 7.- **Semat Henry, Baumel Philip.**
FUNDAMENTOS DE FÍSICA MODERNA.
 Interamericana.
 México, 1976.
- 8.- **White, Harvey E.**
FÍSICA MODERNA.
 Montaner y Simon, S. A.
 España, 1965.
- 9.- **Holton, Gerard; Rutherford, F. James; Watson, Fletcher.**
THE PROJECT PHYSICS COURSE (TEXT).
 Holt, Rinehart and Winston, inc.
 New York, 1973

