

Este mismo procedimiento se puede utilizar para determinar el coeficiente de fricción estática ( $\mu_s$ ), solamente que aquí se considerará el valor del ángulo ( $\theta$ ) de inclinación del plano un poco antes de que inicie su movimiento sobre el mismo, al ir variando el ángulo de inclinación. De donde

Al comparar los valores de  $\mu_s$  y  $\mu_k$ , obtenidos experimentalmente, se tiene que en general, el coeficiente de fricción estática ( $\mu_s$ ) es mayor que el coeficiente de fricción cinética ( $\mu_k$ ). Lo anterior se observa al empujar un objeto para ponerlo en movimiento, ya que la fuerza que se opone a que el objeto comience a moverse es mayor que la fuerza de fricción cuando está en movimiento, es decir

$$f_s > f_k$$

En la siguiente tabla se dan los valores aproximados de  $\mu_s$  y  $\mu_k$  para algunas superficies en contacto.

Materiales	$\mu_s$	$\mu_k$
Acero sobre acero	0.76	0.42
Madera sobre madera	0.58	0.40
Madera sobre acero	0.50	0.30
Hule sobre concreto (seco)	0.90	0.70
Hule sobre concreto (húmedo)	0.70	0.56
Vidrio sobre vidrio	0.89	0.44

Estos valores son aproximados y dependen del pulido de las superficies, de la lubricación de las mismas y en general de las condiciones climáticas del medio.

A continuación vamos a resolver algunos ejemplos del movimiento de los cuerpos, en donde se considera el efecto de la fuerza de fricción.

### Ejemplo 5.

Una fuerza horizontal de 100 N tira de un bloque de 64 kg colocado sobre el piso. Si el coeficiente de fricción cinética es de 0.12, ¿Cuál es la aceleración del bloque?

DATOS:  $F = 100 \text{ N}$ ;  $m = 64 \text{ kg}$ ;  $\mu_k = 0.12$

Establecer las ecuaciones con el diagrama de cuerpo libre.

$$\Sigma F_x = F \cos 0^\circ + N \cos 90^\circ + f_k \cos 180^\circ + w \cos 270^\circ = ma_x$$

$$\Sigma F_y = F \sin 0^\circ + N \sin 90^\circ + f_k \sin 180^\circ + w \sin 270^\circ = ma_y = 0$$

$$\Sigma F_x = F - f_k = ma_x$$

$$\Sigma F_y = N - w = 0$$

$$N = w$$

$$N = (64 \text{ kg})(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$N = 727.2 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k N = 0.12 \times 727.2 \text{ N}$$

$$f_k = 75.26 \text{ N}$$

$$100 \text{ N} - 75.26 \text{ N} = 24.74 \text{ N}$$

$$a_x = \frac{24.74 \text{ N}}{64 \text{ kg}}$$

$$a_x = 0.38 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

### Ejemplo 6.

Sobre un bloque de 40 N se aplica una fuerza de 16 N que forma un ángulo de  $25^\circ$  con la horizontal. Si el bloque adquiere una aceleración de  $1.5 \text{ m/s}^2$ , calcular el coeficiente de fricción cinética.

Datos:  $w = 40 \text{ N}$ ;  $F = 16 \text{ N}$ ;  $\theta = 24^\circ$ ;  $a = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Establecer las ecuaciones en base al diagrama de cuerpo libre.

$$\Sigma F_x = F \cos 25^\circ + N \cos 90^\circ + f_k \cos 180^\circ + w \cos 270^\circ = ma_x$$

$$\Sigma F_y = F \sin 25^\circ + N \sin 90^\circ + f_k \sin 180^\circ + w \sin 270^\circ = ma_y$$

$$\Sigma F_x = 16 \text{ N} \cos 25^\circ - f_k = \frac{40 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \times 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Sigma F_y = 16 \text{ N} \sin 25^\circ + N - \frac{40 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0$$

$$N = 40 \text{ N} - 6.77 = 33.23 \text{ N}$$

$$14.5 \text{ N} - \mu_k (33.23 \text{ N}) = 6.12 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{14.5 \text{ N} - 6.12 \text{ N}}{33.23 \text{ N}} = 0.25$$

### Ejemplo 7.

Calcular la fuerza que se debe aplicar para jalar hacia arriba un bloque de 10 kilogramos de masa sobre un plano inclinado  $24^\circ$  con la horizontal, a velocidad constante, si el coeficiente de fricción cinética es de 0.16.

DATOS:  $m = 10 \text{ kg}$ ;  $\theta = 24^\circ$ ;  $a = 0$ ;  $\mu_k = 0.16$ .

$$\Sigma F_x = F \cos 0^\circ + N \cos 90^\circ + f_k \cos 180^\circ + w \cos 246^\circ = ma_x$$

$$\Sigma F_x = F - f_k + (10 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cos 246^\circ = 0$$

$$\Sigma F_x = F - f_k - 39.82 \text{ N} = 0$$

$$\Sigma F_y = F \sin 0^\circ + N \sin 90^\circ + f_k \sin 180^\circ + w \sin 246^\circ = ma_y = 0$$

$$\Sigma F_y = N - (10 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \sin 246^\circ = 0$$

$$\Sigma f_y = N - 89.52 \text{ N} = 0$$

$$N = 89.52 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k N = 89.52 \text{ N} \times 0.16$$

$$f_k = 14.32 \text{ N}$$

$$\Sigma f_x = F - 39.82 \text{ N} - 14.32 \text{ N} = 0$$

$$F = 39.82 \text{ N} + 14.32 \text{ N} = 54.20 \text{ N}$$

### Ejemplo 8.

Una masa de 12 kilogramos se desliza hacia abajo sobre un plano inclinado  $28^\circ$  con la horizontal. Si el coeficiente de fricción cinética es de 0.16. Calcular la aceleración de la masa y la fuerza de fricción.

Datos:  $m = 12 \text{ kg}$ ;  $\theta = 28^\circ$ ;  $\mu_k = 0.16$

Las ecuaciones Las ecuaciones a partir del diagrama de cuerpo libre:

$$\Sigma F_x = N \cos 90^\circ + f_k \cos 0^\circ + w \cos 242^\circ = ma_x$$

$$\Sigma F_y = N \sin 90^\circ + f_k \sin 0^\circ + w \sin 242^\circ = ma_y = 0$$

$$\Sigma F_x = f_k + (12 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cos 242^\circ = 12 \text{ kg } a_x$$

$$\Sigma f_x = f_k - 55.21 \text{ N} = 12 \text{ kg } a_x$$

$$\Sigma F_y = N + (12 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \sin 242^\circ = 0$$

$$N - 103.835 \text{ N} = 0$$

$$N = 103.835 \text{ N}$$

$$f_k = 0.16 \times 103.835 \text{ N} = 16.614 \text{ N}$$

$$a_x = \frac{16.614 \text{ N} - 55.21 \text{ N}}{12 \text{ kg}}$$

$$a_x = -3.216 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(la aceleración tiene dirección hacia abajo)

## ESTÁTICA

En esta última parte de la unidad, estudiaremos la *Estática*, la cual se encuentra comprendida dentro de la Dinámica y se encarga de analizar el equilibrio de los cuerpos. El tipo de problema que consideraremos es aquél en el cual la fuerza resultante ( $F_R$ ) que actúa sobre un cuerpo es nula. Es decir

$$F_R = 0$$

o bien, en el caso de dos dimensiones

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

En donde la fuerza resultante ( $F_R$ ) que actúa sobre un cuerpo, es aquella que produce el mismo efecto que todas las fuerzas aplicadas sobre él.

Bajo esta condición ( $F_R = 0$ ), tenemos cualquiera de los casos siguientes:

El objeto se encuentra en reposo (caso estático).

- Describe un movimiento rectilíneo uniforme (caso dinámico).

Lo anterior se puede sintetizar en la llamada la Primera Condición de Equilibrio:

- Un cuerpo se encuentra en equilibrio traslacional si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es nula.

En la configuración de un sistema de fuerzas se dice que son coplanares si todas las fuerzas se encuentran en el mismo plano y no-coplanares si se encuentran en el espacio de tres dimensiones.

Cuando dos o más fuerzas están actuando sobre un mismo punto reciben el nombre de fuerzas concurrentes.

En este punto nos concretaremos al estudio del equilibrio estático de un cuerpo, considerando además que las fuerzas que actúan sobre él son coplanares y concurrentes.

Si sobre un objeto actúan dos o más fuerzas, éstas producen una fuerza resultante. Si queremos que este objeto quede en equilibrio, se aplica una fuerza de igual magnitud, en la misma dirección y en sentido contrario a la resultante. A esta fuerza se le llama la fuerza equilibrante.

**Ejemplo 9.**

Dos fuerzas de 20 y 14 N, actúan sobre el mismo cuerpo. Si forman un ángulo de  $60^\circ$ , calcula la magnitud y dirección de la fuerza equilibrante.

Datos:  $F_1 = 20 \text{ N}$ ;  $F_2 = 14 \text{ N}$ ;  $\theta = 60^\circ$

Primeramente se calcula la magnitud y la dirección de la fuerza resultante. Para esto, se construye el paralelogramo de fuerzas. El ángulo que está enfrente de la fuerza resultante es de  $120^\circ$ , como se muestra en la figura anterior.

De tal forma que su magnitud viene dada por

$$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos 120^\circ$$

$$F_R^2 = (20 \text{ N})^2 + (14 \text{ N})^2 - 2(20 \text{ N})(14 \text{ N})(-0.500)$$

$$F_R^2 = 400 \text{ N}^2 + 196 \text{ N}^2 + 280 \text{ N}^2$$

$$F_R = \sqrt{876 \text{ N}^2}$$

Para calcular su dirección, se utiliza la ley de los senos, en donde

$$\frac{\text{sen } \phi}{F_2} = \frac{\text{sen } 120^\circ}{F_R}$$

$$\text{sen } \phi = \frac{F_2 \cdot \text{sen } 120^\circ}{F_R}$$

$$\text{sen } \phi = \frac{(14 \text{ N})(0.866)}{29.59 \text{ N}} = 0.410$$

$$\phi = \text{sen}^{-1}(0.410) = 24.2^\circ$$

$$F_R = 29.59 \text{ N} @ 24.2^\circ$$

entonces la fuerza equilibrante ( $F_E$ ) será aquella que tiene igual magnitud ( $F_E = 29.59 \text{ N}$ ), pero en sentido contrario, de tal forma que su dirección es de  $204.2^\circ$ .

Para resolver un problema de equilibrio estático se pueden utilizar los métodos gráfico o analítico que se vieron en la introducción del curso.

En cuanto al uso del método gráfico en la solución de problemas, el polígono de fuerzas debe ser cerrado, ya que la resultante de ellas es nula. Este método es aproximado.

En la solución por el método analítico tenemos las opciones que se plantearon en la introducción del curso, en donde se propusieron los métodos del triángulo (si el sistema es de dos fuerzas) y el de las componentes. Este método es exacto.

**Ejemplo 10.**

Una masa de 12 kilogramos está suspendida mediante una cuerda, la cual se encuentra atada al extremo de un poste. Si se desprecia la masa del poste, calcular la tensión (T) de la cuerda y el empuje (F) que ejerce el poste.

Datos:  $m = 12 \text{ kg}$ ;  $\theta = 50^\circ$

Dado que la masa se encuentra en equilibrio, se tiene que

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

A partir del diagrama de cuerpo libre

$$\Sigma F_x = F \cos 40^\circ + T \cos 180^\circ + w \cos 270^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = F \sin 40^\circ + T \sin 180^\circ + w \sin 270^\circ = 0$$

$$\Sigma F_x = F \cos 40^\circ - T = 0$$

$$\Sigma F_y = F \sin 40^\circ - w = 0$$

$$0.642F - (12 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 0$$

$$0.642F = 117.6 \text{ N}$$

$$F = \frac{117.6 \text{ N}}{0.642} = 183.178 \text{ N}$$

$$183.178 \text{ N} \times 0.766 - T = 0$$

$$T = 140.323 \text{ N}$$

**Ejemplo 11.**

Un cuadro que pesa 8 N está suspendido mediante dos cables de tensión  $T_1$  y  $T_2$ . Determinar la tensión de los cables.

Datos:  $w = 8 \text{ N}$ ;  $\theta_1 = 30^\circ$ ;  $\theta_2 = 120^\circ$

Como el cuadro se encuentra en equilibrio estático, se tiene que

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

A partir del diagrama de fuerzas, se tiene que

$$\Sigma F_x = T_1 \cos 30^\circ + T_2 \cos 120^\circ + w \cos 270^\circ = 0$$

$$\Sigma F_x = 0.866T_1 - 0.5T_2 = 0$$

$$\Sigma F_y = T_1 \sin 30^\circ + T_2 \sin 120^\circ + w \sin 270^\circ = 0$$

$$0.5T_1 + 0.866T_2 = 0$$

$$0.866T_1 - 0.5T_2 = 0.25T_1 + 0.433T_2 = 4 \text{ N}$$

$$0.75T_1 - 0.500T_2 = 0$$

$$T_1 = 4 \text{ N}$$

$$0.5T_1 + 0.866T_2 = 8 \text{ N}$$

$$0.5 \times 4 \text{ N} + 0.866T_2 = 8 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{6 \text{ N}}{0.866} = 6.928 \text{ N}$$

III. Lee detenidamente cada enunciado subraya la respuesta correcta.

1. La aceleración que se le produce a un objeto es directamente proporcional a la magnitud de
  - a) El peso
  - b) La masa
  - c) La velocidad
  - d) La fuerza
2. Se obtiene a partir de la razón de  $w/g$ 
  - a) Aceleración
  - b) Masa
  - c) Fuerza
  - d) Velocidad
3. El peso es una cantidad de tipo
  - a) Escalar
  - b) Sin unidades
  - c) Vectorial
  - d) Proporcional
4. Es la unidad de fuerza que aplicada a una masa de 1 kg le produce una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$ 
  - a) 1 Newton
  - b) 1 Peso
  - c) 1 Dina
  - d) 1 Gramo
5. Representa la fuerza con que la Tierra atrae a todos los cuerpos
  - a) El Newton
  - b) gramo
  - c) La masa
  - d) El peso
6. Es la medida cuantitativa de la inercia
  - a) El peso
  - b) La fuerza
  - c) La masa
  - d) La aceleración
7. Son aquellas fuerzas cuyas direcciones o líneas de acción pasan por un mismo punto
  - a) Fuerzas concurrentes
  - b) Fuerzas colineales
  - c) Fuerza resultante
  - d) Fuerza equilibrante
8. Es un valor constante para cada cuerpo en particular y se expresa como  $F/a$ 
  - a) Masa gravitacional
  - b) Peso
  - c) Inercia
  - d) Masa inercial
9. Es aquella fuerza igual y opuesta a la resultante
  - a) Fuerza eléctrica
  - b) Fuerza equilibrante
  - c) Fuerza media
  - d) Fuerza gravitacional
10. Para que un cuerpo se encuentre en equilibrio traslacional, la magnitud de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él, debe ser
  - a) Igual cero
  - b) Mayor que cero
  - c) Menor que cero
  - d) Igual a uno

IV. Anota en el espacio del lado izquierdo una "F" si el enunciado es falso o una "V" si éste es verdadero. Da la razón de tu respuesta.

\_\_\_ 1. Las fuerzas de acción y reacción actúan sobre cuerpos diferentes.

\_\_\_ 2. Los cambios en la velocidad de un objeto son directamente proporcionales a su masa.

\_\_\_ 3. A mayor masa mayor inercia y viceversa, a menor masa menor inercia.

\_\_\_ 4. Un Newton equivale a 9.8 kg.

\_\_\_ 5. Un cuerpo se encuentra en equilibrio traslacional si está en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme.

\_\_\_ 6. En general, la fuerza de fricción estática es menor que la fuerza de fricción cinética.

\_\_\_ 7. El coeficiente de fricción es adimensional.

\_\_\_ 8. Para aumentar el efecto de la fuerza de fricción se utilizan aceites, lubricantes, baleros, cojinetes, etc.

\_\_\_ 9. La masa de un objeto en la Tierra es la misma que en la Luna.

\_\_\_ 10. La Segunda Ley de Newton del movimiento es válida solamente en situaciones donde se desprece la fricción.

Recomendaciones previas para la solución de problemas.

- Para simplificar la solución de problemas en donde se aplican una o más fuerzas, se sugieren los siguientes pasos.

- Dibuja la situación del problema de acuerdo a la redacción.

- Realiza un diagrama de cuerpo libre.

El diagrama de cuerpo libre consiste en la representación gráfica de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto, en un sistema de coordenadas.

- A partir del diagrama de cuerpo libre, establece las ecuaciones del movimiento para cada masa, en donde se iguale la fuerza resultante con el producto de la masa del objeto sobre el cual actúan las fuerzas, multiplicada por la aceleración en la dirección correspondiente.

- Resuelve la ecuación o el sistema de ecuaciones.

## PROBLEMAS

Resuelve los problemas del 1 al 9, despreciando el efecto de la fuerza de fricción.

1. ¿Cuál es el peso de un cuerpo si al aplicarle una fuerza horizontal de 30 N le produce una aceleración de 0.5 m/s<sup>2</sup>?
2. Se acelera un automóvil de 900 kilogramos a partir del reposo hasta alcanzar una velocidad de 12 m/s en 8 segundos. ¿De qué magnitud es la fuerza que se debe aplicar para producir esta aceleración?
3. Calcula la aceleración que recibe un cuerpo como resultado de las fuerzas aplicadas: 30 N a la derecha y 20 N a la izquierda, si su masa es de 2 kilogramos.
4. Una masa de 8 kilogramos está bajo la acción de una fuerza de 20 N a 30° con la horizontal. ¿Cuál es la aceleración producida en la dirección horizontal?
5. Un niño jala un carrito de 45 N de peso, mediante una fuerza de 50 N a 37° con la horizontal.
  - a) ¿Cuál será la aceleración del carrito?
  - b) ¿Cuál será la magnitud de la fuerza con que el suelo empuja hacia arriba el carrito?
6. Una masa de 10 kilogramos se desliza libremente sobre un plano inclinado a 45° con la horizontal. Calcular su aceleración.
7. A un trineo de 20 kilogramos de masa se le aplica una fuerza de 140 N para subirlo por una pendiente de 40° de inclinación. Si la fuerza es paralela al plano, calcular su aceleración.
8. Un elevador de 420 kilogramos se acelera a razón de 0.4 m/s<sup>2</sup>. Calcular la tensión en los cables que lo sostienen:
  - a) Si sube con esta aceleración.
  - b) Baja con la misma aceleración.
9. Una cuerda que pasa por una polea sostiene dos masas, una de 7 kilogramos y otra de 9 kilogramos, una en cada extremo. Calcular la aceleración del sistema y la tensión de la cuerda.

- Resuelve los siguientes problemas del 9 al 18 del movimiento de un cuerpo, considerando el efecto de la fuerza de fricción.

10. Se aplica una fuerza de 42.5 N sobre un cuerpo para deslizarlo a velocidad constante sobre una superficie horizontal. Si la masa del cuerpo es de 10.5 kilogramos ¿Cuál es el coeficiente de fricción cinética?

11. Se aplica una fuerza de 20 N durante 5 segundos, sobre un bloque de 45 N de peso para desplazarlo sobre una superficie horizontal con un coeficiente de fricción cinética  $\mu_k = 0.27$ . Suponiendo que parte del reposo, calcular:
- La aceleración del bloque.
  - La velocidad que llevará a los 5 segundos.
  - La distancia que recorre el bloque al cabo de los 5 segundos.
12. Una motocicleta cuyo peso es de 1,470 N se mueve a velocidad de 72 km/h. Al aplicar los frenos se detiene en una distancia de 25 metros. Calcula la fuerza de fricción que la lleva al reposo.
13. Sobre un bloque de 80 N se aplica una fuerza de 30 N formando un ángulo de  $25^\circ$  con la horizontal. Si el bloque adquiere una aceleración de  $1.5 \text{ m/s}^2$ , calcular el coeficiente de fricción cinética ( $\mu_k$ ).
14. Supóngase que una fuerza de 200 N a un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal, empuja una caja de 22 kilogramos de masa. Si el coeficiente de rozamiento cinético es  $\mu_k = 0.5$ , calcular la aceleración de la caja.
15. Calcular la fuerza que se debe aplicar para deslizar un bloque de 147 N con velocidad constante sobre una superficie horizontal con coeficiente de fricción  $\mu_k = 0.4$ , al presentarse las siguientes situaciones:
- Se empuja el bloque con un ángulo de  $30^\circ$ .
  - Se jala el bloque con un ángulo de  $30^\circ$ .
16. Una caja de 49 N de peso se empuja sobre una tabla. Si el coeficiente de fricción cinética es  $\mu_k = 0.3$ , calcular la fuerza paralela al movimiento que se debe aplicar a la caja para que se mueva con velocidad constante en los siguientes casos:
- La tabla se encuentra en posición horizontal.
  - La tabla forma un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la horizontal y la caja se mueve hacia arriba.
17. Cuando una fuerza de 600 N empuja hacia arriba una caja de 30 kg sobre un plano inclinado  $40^\circ$  con la horizontal, le produce una aceleración de  $0.75 \text{ m/s}^2$ . Calcular el coeficiente de fricción cinética entre la caja y el plano.
18. Un esquiador de 80 kg con los esquís puestos parte del reposo desde el punto más alto de una pendiente de  $30^\circ$ , siendo el coeficiente de fricción entre los esquís y la nieve  $\mu_k = 0.12$ . Si el esquiador se desliza hacia abajo.
- ¿Cuál es la fuerza de fricción.
  - ¿Cuál es la aceleración?
  - ¿Cuál será su velocidad a los 30 segundos de iniciado su deslizamiento, sin tomar en cuenta la fricción del aire?
19. El número de una casa está colgado de un poste, como se ve en la figura. Si el rótulo pesa 4.9 N. ¿Cuál será la tensión en la cadena?
20. Encuentra la tensión de los cordeles A y B en cada uno de los ejemplos que se ilustran a continuación.

## UNIDAD IV GRAVITACIÓN

### INTRODUCCIÓN

En el análisis matemático que realizamos en el movimiento de proyectiles, la aceleración es constante tanto en magnitud como en dirección, pero la velocidad del proyectil cambia tanto en magnitud como en dirección. En el presente capítulo, examinaremos el movimiento de un punto material (partícula), que describe una trayectoria circular bajo la acción de una fuerza central que varía solamente el sentido de la velocidad, pero cuya magnitud permanece constante al que llamaremos **MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME**. Como veremos más adelante, en este tipo de movimiento tanto la velocidad como la aceleración son de magnitud constante pero ambas cambian de dirección constantemente.

La fuerza gravitatoria desempeña un papel importante en la caracterización de los movimientos de los planetas, dado que suministra la fuerza que les permite mantener sus órbitas casi circulares. En este capítulo se considerará **LA LEY DE LA GRAVITACION UNIVERSAL DE NEWTON**, que describe esta fuerza fundamental, y se analizarán los movimientos de los planetas en términos de ciertas leyes fundamentales llamadas **LAS LEYES DE KEPLER**. Conocer y comprender la cinemática del movimiento circular nos ayudará a comprender los movimientos que describen los planetas, así como de los satélites de la tierra, de los cuales hay uno natural (la luna) y muchos artificiales.

### MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

Un objeto se acelera siempre que actúe sobre él una fuerza resultante diferente de cero. Si esta fuerza se encuentra a lo largo de la dirección de la velocidad, la rapidez cambia, pero no así la dirección de la velocidad. Por otro lado, si una fuerza constante se encuentra en ángulo recto con la velocidad, la direc-