

TEMA 6: DINÁMICA

Las Fuerzas y el movimiento



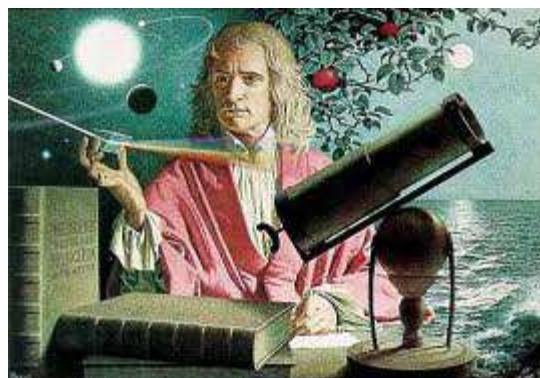
Cuando una jugadora de hockey sobre hierba golpea a una bola en reposo, la bola se pone inicialmente en movimiento con velocidad v_0 : la jugadora ejerce una fuerza sobre la bola (al golpearla con el stick) y la bola pasa de estar quieta a tener movimiento en la dirección y sentido de la fuerza aplicada. Después, cuando va rodando sobre el césped, sobre ella actúa la fuerza de rozamiento F_R , opuesta al desplazamiento, que irá modificando su velocidad, disminuyéndola progresivamente hasta conseguir que la bola se pare.

El ejemplo anterior muestra que **uno de los efectos de las fuerzas es modificar el estado de movimiento de los cuerpos.**

Cuando sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, dicho cuerpo se mueve bajo la acción de la fuerza total F_T (resultante). Sin embargo, un cuerpo puede estar moviéndose aunque sobre él no actúe ninguna fuerza o si la fuerza total a la que está sometido es nula. En este caso, el cuerpo no modifica su movimiento y se dice que se mueve por inercia.

LEYES DE LA DINÁMICA: LEYES DE NEWTON

Isaac Newton ha sido uno de los grandes científicos que ha dado la humanidad. Hay quien opina que ha sido el más grande, el más importante, por sus muchas aportaciones en campos de la física y de la matemática.



Newton, continuando los trabajos realizados por Galileo en este campo, estableció tres leyes que relacionaban el movimiento con las fuerzas. Estas leyes se conocen como leyes de la dinámica o leyes de Newton.

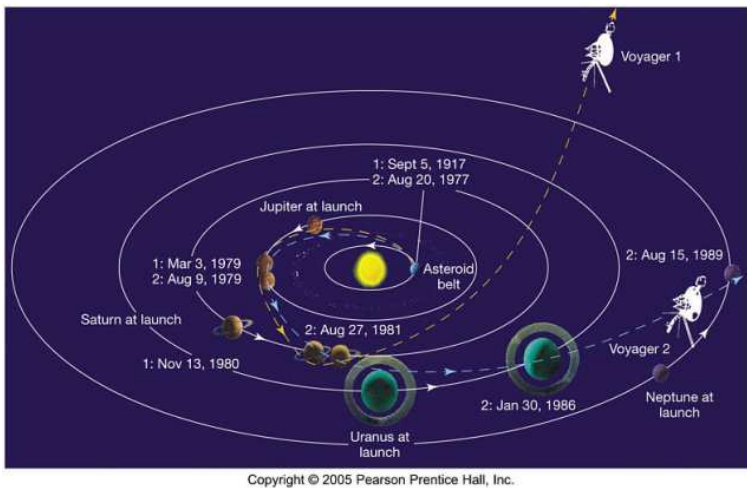
Primera ley: Ley de la inercia

Si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza o la fuerza total sobre él es nula, dicho cuerpo se encontrará en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.

Se la llama ley de la inercia porque **la inercia es la tendencia de los cuerpos a mantener su estado de movimiento.**

Esta primera ley sirve para saber cuándo la fuerza total F_T (resultante) que actúa sobre un cuerpo es 0 o distinta de 0: si al observar el movimiento de un cuerpo detectamos cambios en su velocidad o en la dirección de su movimiento, debemos concluir que existe una fuerza total F_T no nula

sobre dicho cuerpo, pero si no observamos cambios en su velocidad ni en la dirección de movimiento, concluiremos que la fuerza total F_T sobre el cuerpo es nula.



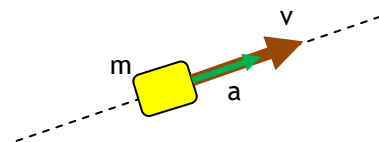
Las sondas espaciales Voyager 1 y 2, que están saliendo de nuestro sistema solar, se encuentran en medio de un espacio inmensamente vacío y no están sometidas a interacciones. Sobre ellas no existen fuerzas que modifiquen su movimiento y se mueven en línea recta, con velocidad constante (MRU), sin necesidad de motores que las empujen.

Relación entre aceleración y velocidad

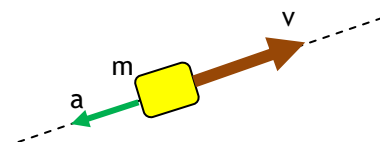
Durante el estudio de la cinemática vimos que cuando un cuerpo cambia su velocidad es porque está sometido a aceleración. Dicho de otra manera: **las aceleraciones cambian las velocidades de los cuerpos.**

Tenemos que tener en cuenta que la velocidad y la aceleración, al igual que las fuerzas, son vectores que poseen módulo, dirección y sentido. **Cuando una aceleración actúa sobre un cuerpo en movimiento, puede cambiar cualquiera de las tres características del vector velocidad: su módulo, su dirección y su sentido.** Veamos algunos casos concretos:

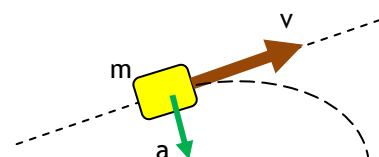
- 1) Si la aceleración tiene la misma dirección y sentido que la velocidad, el móvil aumentará el módulo de su velocidad (su rapidez), pero mantendrá constante su dirección de movimiento y su sentido.



- 2) Si la aceleración tiene la misma dirección que la velocidad, pero son de sentidos contrarios, el cuerpo se irá frenado, irá disminuyendo su velocidad, incluso podrá pararse y cambiar su sentido de movimiento. En este caso, la aceleración modifica el módulo de la velocidad, disminuyéndolo, y puede cambiar el sentido de dicha velocidad, invirtiendo el movimiento.

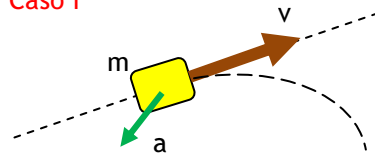


- 3) Si la aceleración es perpendicular a la dirección de movimiento, la trayectoria del móvil deja de ser rectilínea y pasa a ser curvilínea. En este caso, la aceleración modifica la dirección de la velocidad, sin modificar su módulo y sentido.

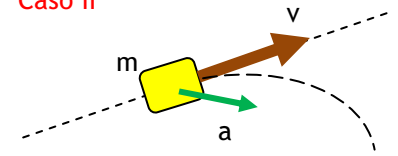


- 4) Si la aceleración no lleva la misma dirección que la velocidad, modifica el módulo (disminuyéndolo en el caso I y aumentándolo en el caso II) y modifica la dirección de movimiento, haciendo que se curve la trayectoria.

Caso I



Caso II



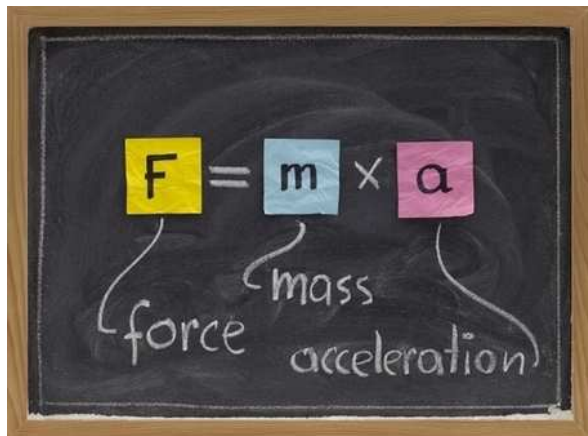
Resumen

Siempre que hay aceleración, se produce un cambio en cualquiera de los tres aspectos de la velocidad.

Segunda ley: Ley fundamental de la dinámica

Isaac Newton halló la relación entre la fuerza total F_T a la que se somete un cuerpo y la aceleración a que experimenta:

Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza total F_T , el cuerpo adquiere una aceleración a que es proporcional al valor de F_T e inversamente proporcional a la masa m que posee. La aceleración así aplicada tiene la misma dirección y sentido que la fuerza total.



Matemáticamente:

$$a = \frac{F_T}{m}$$

Cuanto mayor sea la fuerza total aplicada, mayor aceleración se le proporciona al cuerpo, pero cuanto mayor es la masa del cuerpo, menor es la aceleración comunicada, es decir, más difícil es acelerarlo.

La ecuación anterior se suele escribir como:

$$F_T = m \cdot a$$

y se la conoce como **ecuación fundamental de la dinámica**.

La fuerza total F_T es un vector que tiene la misma dirección y sentido que el vector aceleración a .

Unidades

En el sistema internacional (SI), la unidad de fuerza es el newton (N), la unidad de masa es el kilogramo (kg) y la unidad de aceleración es el m/s^2 .

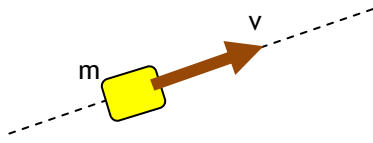
Como

$$F_T = m \cdot a \qquad 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}^2}$$

Definición de newton: 1 newton es la fuerza capaz de proporcionarle a una masa de 1 kg una aceleración de 1 m/s^2 .

RELACIÓN ENTRE LAS FUERZAS Y LOS MOVIMIENTOS ESTUDIADOS

Movimiento rectilíneo uniforme

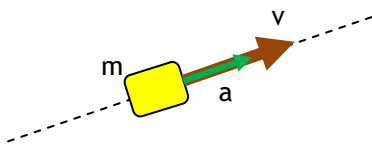


Puesto que en los movimientos rectilíneos uniformes (MRU) la velocidad permanece constante (no cambia ni su módulo, ni su dirección, ni su sentido), en estos movimientos no existe aceleración ($a = 0$).

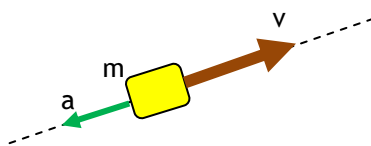
Y como $F_T = m \cdot a = m \cdot 0 = 0$, **la fuerza total en un MRU es nula.**

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Acelerado:



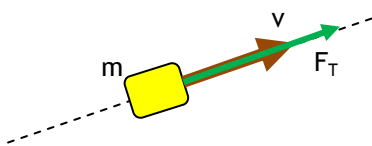
Desacelerado o retardado:



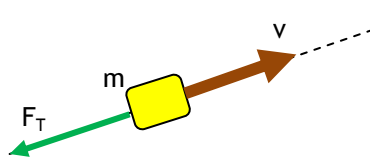
Puesto que el movimiento es rectilíneo, la trayectoria es una línea recta y no se produce cambio en la dirección de la velocidad, pero como el módulo de la

velocidad varía, aumentando o disminuyendo, existirá aceleración y se debe cumplir el segundo principio de la dinámica: $F_T = m \cdot a$.

Acelerado:



Desacelerado o retardado:

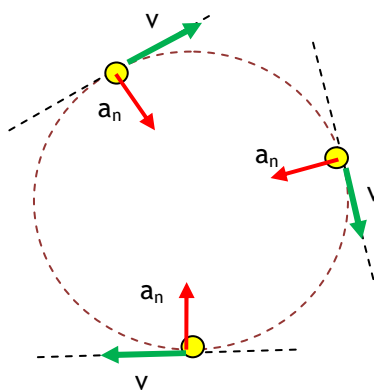
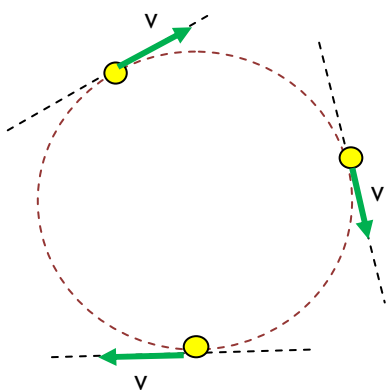


En los movimientos rectilíneos acelerados la F_T tiene la misma dirección y sentido que la velocidad,

mientras que en los movimientos rectilíneos desacelerados o retardados, la F_T posee la misma dirección que la velocidad pero tiene sentido contrario a ésta.

Movimiento circular uniforme

En este movimiento, la trayectoria del móvil es una circunferencia que se recorre con rapidez constante: el módulo de la velocidad no se modifica pero sí cambia constantemente su dirección.



En este movimiento existe una aceleración de valor constante, perpendicular en todo momento a la trayectoria y a la velocidad. Esta aceleración es la responsable de que el móvil no siga en línea recta y curve constantemente su trayectoria.

Esta aceleración tiene dos características: 1) siempre está dirigida hacia el centro de la circunferencia, y 2) siempre es perpendicular (normal) al vector velocidad. Por estas dos razones es llamada **aceleración centrípeta o aceleración normal**. Se representa como a_n . Su valor es:

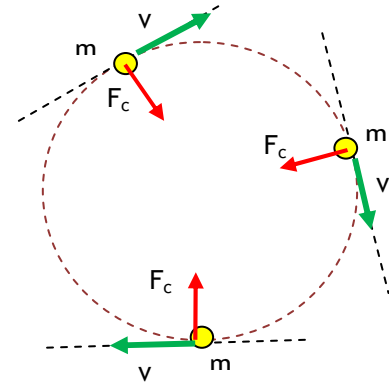
$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

donde R es el radio de la circunferencia descrita.

Como siempre que existe una masa en movimiento se cumple el segundo principio de la dinámica: $F_T = m \cdot a$, en este caso, el producto de la masa en movimiento por la aceleración normal ha de ser igual a la fuerza total a la que está sometido el móvil.

Como esta fuerza total está constantemente dirigida hacia el centro de la circunferencia, se le llama **fuerza centrípeta F_c** . Su valor es:

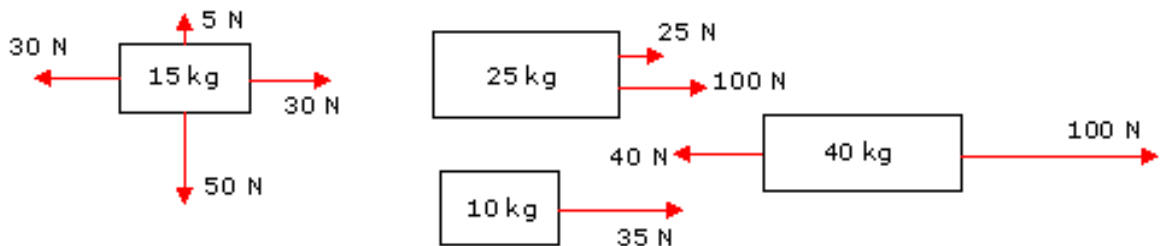
$$F_c = m \cdot a_n = m \cdot \frac{v^2}{R}$$



$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

EJERCICIOS

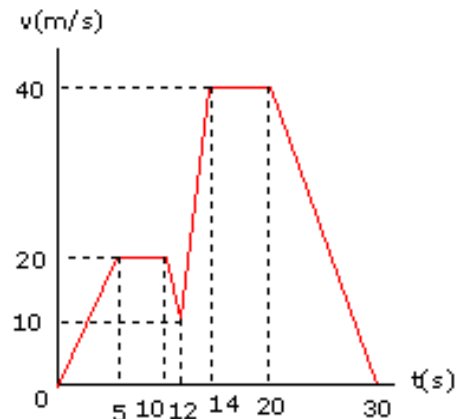
1. Calcula la aceleración con la que se moverán los siguientes objetos:



2. Supongamos que un objeto se mueve con una velocidad constante de 30 m/s. ¿Puede deducirse de este dato que no se ejerce ninguna fuerza sobre dicho objeto?
3. ¿Qué es más fácil de acelerar: un cuerpo ligero o uno pesado? ¿Cuál es más difícil de frenar? Justifica tu respuesta de acuerdo con la segunda ley de Newton.
4. Indicar mediante un esquema la fuerza o fuerzas que actúan sobre los cuerpos que se citan: a) Un libro situado sobre una mesa. b) La Luna orbitando alrededor de la Tierra. c) Un proyectil lanzado verticalmente hacia arriba mientras sube (sin rozamiento con el aire). d) Un móvil que se mueve sobre una superficie horizontal en una trayectoria rectilínea con velocidad constante.
5. Explica qué significa la frase: "un cuerpo se mueve por inercia".
6. Se pretende reducir a la mitad la velocidad de un móvil de 100 kg que circula a una velocidad de 65 km/h, en un intervalo de tiempo de 5 s. Determina la fuerza que se debe aplicar.

Sol: -180 N.

7. Determina la fuerza neta (total) necesaria para que un móvil de 25 kg aumente su velocidad en un 150 % en 15 s, si se movía a la velocidad de 20 m/s.
Sol: 50 N.
8. Un cuerpo de 50 kg de masa desliza libremente sobre una superficie horizontal, disminuyendo su velocidad hasta pararse. Si la fuerza de rozamiento es de 10 N, ¿a qué aceleración se encuentra sometido el cuerpo?
Sol: $-0,2 \text{ m/s}^2$.
9. Un tren de 60 toneladas circula a una velocidad de 100 km/h. Sabiendo que cuando actúan los frenos proporcionan una fuerza de 90.000 N, calcula: a) La aceleración del tren cuando frena. b) El tiempo que tarda en pararse. c) El espacio recorrido durante el frenado.
Sol: a) $-1,5 \text{ m/s}^2$ b) 18,5 s. c) 257,6 m.
10. Observa la siguiente gráfica: a) ¿Cuál es la aceleración del móvil en cada tramo? b) Calcula la fuerza ejercida sobre el móvil en cada tramo sabiendo que la masa de éste es de 80 kg.
Sol: a) 4 m/s^2 ; 0; -5 m/s^2 ; 15 m/s^2 ; 0; -4 m/s^2 . b) 320 N; 0; -400 N ; 1200 N ; 0; -320 N .
11. Nos dicen que al aplicar a un cuerpo fuerzas de 10 N, 25 N, 40 N y 60 N, sus aceleraciones han sido 24 m/s^2 , 60 m/s^2 , 80 m/s^2 y 144 m/s^2 , respectivamente. Una de estas aceleraciones es errónea. ¿Cuál de ellas?
Sol: 80 m/s^2 .
12. ¿Qué fuerza hay que aplicar a un cuerpo de masa 50 kg, que se encuentra en reposo, para que adquiera una velocidad de 27 km/h en 5 s?
Sol: 75 N.
13. Calcula la intensidad de la fuerza de frenado necesaria para detener en 4 s a un coche de masa 800 kg que circula a una velocidad de 90 km/h.
Sol: -5000 N .
14. Sobre un cuerpo de masa 30 kg, cuya velocidad inicial es de 8 m/s, actúa una fuerza constante de 24 N en la dirección del movimiento. Calcula la velocidad del cuerpo al cabo de 15 s si el sentido de la fuerza es: a) el mismo que el de la velocidad inicial; b) el contrario al de la velocidad inicial.
Sol: a) 20 m/s b) -4 m/s .
15. ¿Cuál es la intensidad de la fuerza resultante sobre un móvil de 200 kg de masa, si alcanza una velocidad de 8 m/s después de recorrer 25 m partiendo del reposo?
Sol: 256 N.
16. Sobre un cuerpo de 30 kg de masa actúan dos fuerzas perpendiculares entre sí cuyas intensidades son 2,1 N y 7,2 N. Calcula su aceleración suponiendo que no actúa ninguna otra fuerza sobre él.
Sol: $0,25 \text{ m/s}^2$.
17. Una bala de masa 30 g sale de un fusil con una velocidad de 600 m/s. La longitud del cañón es de 50 cm. Suponiendo nulo el rozamiento en el interior del fusil, calcula: a) la aceleración de la bala dentro del cañón; b) la fuerza que actúa sobre la bala.
Sol: a) $3,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}^2$. b) 10800 N.
18. Un móvil de 300 kg, inicialmente en reposo, alcanza una velocidad de 20 m/s en 8 s. a) ¿Cuál es la aceleración del móvil? b) ¿Cuál es el valor de la fuerza que ejerce el motor? c) Si a los 8 s deja de actuar el motor y comienza a actuar una fuerza de rozamiento constante de 600 N, ¿cuánto tiempo



- tardará en pararse el móvil?
Sol: a) 2,5 m/s². b) 750 N. c) 10 s.
19. Se ha aplicado sucesivamente la misma fuerza F a dos cuerpos A y B. Al cuerpo A, de masa 4 veces superior a la masa de B, le ha comunicado una aceleración de 2 m/s^2 . Calcula la aceleración que le ha comunicado al B.
Sol: 8 m/s².
20. Un camión de 10 toneladas parte del reposo y alcanza una velocidad de 65 km/h en 15 s . Suponiendo que su movimiento ha sido rectilíneo uniformemente acelerado, ¿cuál es la fuerza total a la que ha estado sometido el camión?
Sol: 12000 N.
21. Se aplica una fuerza horizontal de 9 N a un cuerpo de 12 kg situado en reposo sobre una superficie horizontal y adquiere, al cabo de 10 s , una velocidad de 5 m/s . Calcular: a) El espacio recorrido por el cuerpo en ese tiempo. b) El valor de la fuerza de rozamiento. c) El espacio recorrido por el cuerpo, en el mismo tiempo, si la fuerza aplicada fuese de 6 N .
Sol: a) 25 m. b) 3 N. c) 12,5 m.
22. Un cuerpo que se puede deslizar sin rozamiento sobre una superficie plana y horizontal se encuentra en reposo sobre ella. Si se le aplica una fuerza constante horizontal de 25 N , recorre una distancia de 6 m en 4 s con movimiento uniformemente acelerado. Determina la masa del cuerpo.
Sol: 33,33 kg.
23. Una lancha arrastra a un esquiador acuático con movimiento rectilíneo uniforme sobre las aguas tranquilas de un lago. La fuerza motriz que impulsa a la lancha es de 1400 N . La fuerza de rozamiento que se opone al avance de la lancha es de 1200 N . Determina la intensidad de la fuerza con que el esquiador tira de la cuerda.
Sol: 200 N.
24. Cuando un carrito se abandona con una velocidad de $1,6 \text{ m/s}$ sobre un suelo horizontal de un supermercado, tarda 4 s en detenerse a causa del rozamiento. Si la masa del carrito es de 35 kg , ¿con qué fuerza hay que empujarlo para desplazarlo con movimiento uniforme por el supermercado?
Sol: 14 N.
25. Un trineo, cuya masa es de 70 kg , se desliza sobre un terreno horizontal con una velocidad inicial de 15 m/s . A causa del rozamiento con la nieve, se detiene después de recorrer 30 m . Calcular con qué fuerza habría que tirar de él para que no pierda velocidad.
Sol: 262,5 N.
26. Un carrito de masa $m = 40 \text{ kg}$, se mueve sobre una superficie plana y horizontal. Sobre él actúa una fuerza de rozamiento de 15 N de intensidad. a) ¿Con qué fuerza se le debe empujar para que se mueva con una aceleración de $0,8 \text{ m/s}^2$? b) Una vez que alcance la velocidad de 2 m/s , ¿con qué fuerza habría que empujarle para que se mueva con velocidad constante?
Sol: a) 47 N. b) 15 N.
27. Una nave espacial de 10000 kg de masa, viajando a una velocidad de 30000 km/h , enciende sus motores de frenado durante 2 minutos , con lo que reduce su velocidad a 27300 km/h . Calcular la fuerza de frenado.
Sol: -62500 N.
28. Un patinador tiene una masa de 60 kg . Cuando se mueve a 36 km/h sobre una superficie helada, deja de impulsarse, deteniéndose después de deslizar 100 m . Calcular la fuerza de rozamiento que ha actuado sobre él.
Sol: -30 N.
29. Un caballo arrastra sobre un terreno horizontal una piedra de masa $m = 500 \text{ kg}$. La fuerza de rozamiento de la piedra con el suelo es de 2000 N . Partiendo del reposo, el caballo tira horizontalmente

con una fuerza de 2600 N. a) ¿Qué velocidad alcanzará al cabo de 10 s? b) Si a partir de ese momento, la fuerza que ejerce el caballo es de 1000 N, ¿cuánto tiempo transcurrirá hasta que quede parado? c) Calcula el desplazamiento total de la piedra.

Sol: a) 12 m/s. b) 6 s. c) 96 m.

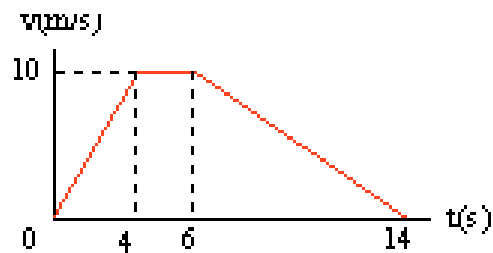
30. Un ascensor de masa $m = 400$ kg comienza a subir, partiendo del reposo, y adquiere una velocidad de 3 m/s en un tiempo de 2 s. Después continúa subiendo durante 10 s con la velocidad adquirida. Finalmente se detiene en 3 s. La fuerza de rozamiento que se opone al movimiento del ascensor es constante y de 500 N de intensidad. Calcula la fuerza que ejerce el cable durante cada una de las tres fases de su movimiento.

Sol: a) 5020 N. b) 4420 N. c) 4020 N.

31. Mientras baja un ascensor, de masa 600 kg, crece la rapidez de su movimiento con una aceleración constante de $0,8$ m/s². Si la fuerza de rozamiento que actúa sobre él es de 500 N, calcula la intensidad de la fuerza que ejerce el cable.

Sol: 4900 N.

32. En la figura se ha representado la gráfica velocidad-tiempo de un móvil cuya masa es de 600 kg. Halla la intensidad de la fuerza neta que actúa sobre él en cada una de las diferentes fases de su movimiento.



Sol: a) 1500 N. b) 0 N. c) -750 N.

33. Un cuerpo de masa 2 kg se encuentra en reposo sobre un plano horizontal. La fuerza de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 5 N. ¿Qué fuerza horizontal constante se le debe aplicar para que recorra 12 m en 4 s con movimiento uniformemente acelerado?

Sol: 8 N.

34. Un ascensor cuya cabina tiene una masa de 500 kg está bajando con una aceleración de $1,4$ m/s². Si el cable ejerce una fuerza de 3500 N, ¿qué intensidad tiene la fuerza de rozamiento que actúa sobre el ascensor?

Sol: 700 N.

35. Un trineo tirado por perros tiene una masa de 200 kg. Cuando se desliza sobre el suelo horizontal, la fuerza de rozamiento con la nieve es de 300 N. Los perros tiran del trineo con una fuerza constante de 400 N. a) ¿Con qué aceleración se moverá? b) Si parte del reposo, ¿qué velocidad tendrá al cabo de 10 s? c) Transcurridos los 10 s, el trineo continúa moviéndose con la velocidad adquirida durante 30 s. ¿Qué fuerza ejercen entonces los perros? d) Finalmente, el trineo se detiene en 20 s frenando con aceleración constante. ¿Qué fuerza ejercen los perros en este caso? e) ¿Qué distancia total habrá recorrido el trineo en los 60 s?

Sol: a) $0,5$ m/s². b) 5 m/s. c) 300 N. d) 250 N. e) 225 m.

36. Una grúa eleva un cuerpo de 250 kg de masa, que se hallaba en reposo sobre el suelo, hasta una altura de 36 m. Durante los primeros 12 m lo sube con aceleración constante en 4 s. Durante los siguientes 18 m sigue con la velocidad adquirida, con movimiento uniforme. En los últimos 6 m, la velocidad disminuye con aceleración constante, hasta que el cuerpo queda de nuevo en reposo. Suponiendo despreciable el rozamiento, calcula: a) La fuerza que ejerce el cable de la grúa en cada una de las fases de este movimiento. b) El tiempo total empleado por la grúa en elevar el cuerpo hasta los 36 m.

Sol: a) 2825 N. b) 2450 N. c) 1700 N. d) 9 s.

37. Un globo aerostático se encuentra a una altura de 200 m respecto del suelo cuando deja caer un balón de 500 g de masa. Si tarda 20 s en golpear contra el suelo, ¿cuál es el valor de la fuerza de rozamiento con el aire? Tomar $g = 10$ m/s².

Sol: -4,5 N.

38. Lanzamos verticalmente hacia arriba un objeto de 2 kg de masa con una velocidad de 21 m/s. a) Sabiendo que la fuerza de rozamiento con el aire es de 1 N, calcula la altura máxima que alcanza. b) ¿A qué altura habría llegado si consideramos despreciable el rozamiento con el aire?

Tomar $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Sol: a) 21 m. b) 22,05 m.

39. La fuerza centrípeta de un automóvil al tomar una curva de 50 m de radio a una velocidad de 54 km/h es de 4500 N. ¿Cuál es la masa del coche?

Sol: 1000 kg.

40. Una bola de 200 g de masa, sujeta por una cuerda de 1,5 m de longitud, se mueve con una rapidez constante de 6 m/s, sobre una mesa horizontal sin rozamiento, describiendo circunferencias. Calcular la tensión de la cuerda.

Sol: 4,8 N.