



## GUÍA DE FÍSICA N° 2: LEYES DE NEWTON

PROF. RODRIGO NAVAS F.

### I. INTRODUCCIÓN

La sistematización de Newton de la mecánica que derivó en sus tres leyes fundamentales describe la fenomenología del movimiento, estableciéndose de esta manera la dinámica, rama de la mecánica que estudia el movimiento desde sus causas, es decir, las fuerzas.

En nuestra vida cotidiana nos familiarizamos con el concepto de fuerza por medio de una acción que modifique el estado de movimiento de un cuerpo, ya sea en su rapidez, dirección de movimiento o ambos. Entendiendo por estado de movimiento al estado de equilibrio, es decir, cuando un cuerpo se encuentra en reposo o posee velocidad lineal constante. Sin embargo, es posible aplicar una fuerza a un cuerpo sin que este cambie su estado (como por ejemplo cuando empuja una pared\*). Por el contrario, cuando un cuerpo cambia de estado necesariamente ha experimentado una fuerza, de modo que definiremos fuerza como aquello que causa que un cuerpo acelere.

\* Una pared no se mueve cuando la empujamos, debido a que hay más fuerzas en juego, de modo tal que ellas se anulan, impidiendo el movimiento.

Existen dos tipos fundamentales de fuerza:

- De contacto:** Son aquellas que se producen por el contacto físico del cuerpo y sus alrededores, y pueden producir deformaciones en estos.
- De acción a distancia:** Conocidas también como fuerzas de campo, son aquellas que, aunque no habiendo contacto estas actúan a través del espacio

Fuerzas de Contacto	Fuerzas de Acción a Distancia
Patear una pelota	Fuerza de gravedad
Tirar un carro	Fuerza eléctrica entre dos cargas
Colisión	Fuerza magnética entre imanes

Tabla n°1: Clasificación de los tipos de fuerza.

Sin embargo, en última instancia las fuerzas fundamentales de la naturaleza son la fuerza gravitatoria entre los objetos, debido a las masas, las fuerzas electromagnéticas entre cargas estáticas o en movimiento, y las fuerzas nucleares, ya sea de unión o semidesintegración atómica.

### II. LEYES DE NEWTON.

Establecidas en 1687 por **Isaac Newton** en su libro "Principios Matemáticos de la Filosofía Natural", proporciona los principios básicos de la mecánica:

**1ª LEY (DE INERCIA):** Un cuerpo permanecerá en su estado de movimiento (rapidez constante o reposo) a menos que actúe una fuerza externa sobre él.

a)



b)



Figura n°1: a) nos muestra la tendencia a mantener el desplazamiento, en tanto que b) la tendencia a mantener el reposo.

**2ª LEY (FUNDAMENTAL DE LA DINÁMICA O DE MASA):** La aceleración que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, e inversamente proporcional a su masa:  $\frac{F}{m} = a \Rightarrow \boxed{F = m \cdot a}$

**3ª LEY (DE ACCIÓN Y REACCIÓN):** Si dos cuerpos interaccionan la fuerza que aplica un cuerpo A sobre uno B, es igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza aplicada por B sobre A.

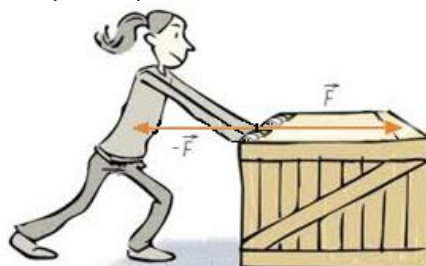


Figura n°2: La caja produce una fuerza del mismo módulo, que la fuerza que sobre ella se aplica, pero con dirección opuesta.

La unidad del S.I. para la fuerza es el Newton (N) y se define como la fuerza necesaria para que un cuerpo de 1 kg de masa acelere a  $1 \text{ m/s}^2$ :  $1 \text{ N} = 1 \text{ [kg m/s}^2] = 1 \times 10^5 \text{ dyn} = 1 \text{ [g cm/s}^2]$ .

En el análisis siempre hay que tener presente que:

1. Las fuerzas de acción-reacción no suman cero, ya que, como la acción actúa sobre un cuerpo y la reacción sobre el otro, por lo tanto, no se anulan y pueden modificar el estado de movimiento de los cuerpos sobre los que actúan. El que cada uno de esos cuerpos tenga o no, una resultante nula, depende de las otras fuerzas que estén actuando sobre ellos.

2. El que las dos fuerzas sean iguales no implica que produzcan el mismo efecto (aceleración), porque eso también depende de la masa los dos cuerpos.

**Problema resuelto 1:** Un coche de 2000 kg moviéndose a 90 km/h puede llevarse al reposo en 75 m mediante una fuerza de frenado constante: a) ¿Cuánto tiempo tardará en detenerse? y b) ¿Cuál es la fuerza necesaria para detener el coche en esa distancia?

**1° Datos e incógnitas:**

$$m = 2000 \text{ kg}$$

$$v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$v = 0 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = 75 \text{ m}$$

$$t = ?$$

$$F = ?$$

**2° Ecuaciones, reemplazos y soluciones:**

$$a) \Delta x = \frac{(v + v_0)t}{2} \Rightarrow t = \frac{2\Delta x}{(v + v_0)} = \frac{2 \cdot 75 \text{ m}}{(0 \text{ m/s} + 25 \text{ m/s})} = \frac{150 \text{ m}}{25 \text{ m/s}} \Rightarrow \boxed{t = 6 \text{ s}}$$

**b) Calculamos la aceleración** (pues es la variable común a las ecuaciones cinemáticas y la segunda ley de Newton):

$$v = v_0 + at \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{-25 \text{ m/s}}{6 \text{ s}} \Rightarrow a = -4,17 \text{ m/s}^2$$

Luego:

$$\therefore F = m \cdot a = 2000 \text{ kg} \cdot -4,17 \text{ m/s}^2 = -8340 \text{ N} \Rightarrow \boxed{F = -8,34 \text{ kN}}$$

### III. ANÁLISIS GEOMÉTRICO VECTORIAL

No obstante, el desplazamiento no queda completamente descrito sólo por su cantidad (módulo y unidad de medida). Es necesario especificar también su dirección, pues evidentemente no es lo mismo desplazarse hacia el Sur que el Norte. Toda magnitud física que es descrita por su módulo y dirección<sup>2</sup>, se conoce como magnitud **vectorial**. Aquella que sólo requiere de módulo para una adecuada descripción, se denomina magnitud **escalar**. Por ejemplo, para describir el tiempo o la temperatura, es claro que solo es necesario especificar su cantidad, pues no tiene sentido físico asignarle una dirección. Ejemplos de magnitudes vectoriales importantes en mecánica, además del desplazamiento, son la velocidad, la aceleración, y la fuerza. Todo vector puede representarse geoméricamente mediante una flecha, la que especifica tanto su módulo como su dirección.

2 Es posible (aunque cada vez menos frecuente) describir un vector en términos de módulo, dirección y sentido, pero como veremos, matemáticamente solo se requiere de dos elementos para informar correctamente a una magnitud vectorial.

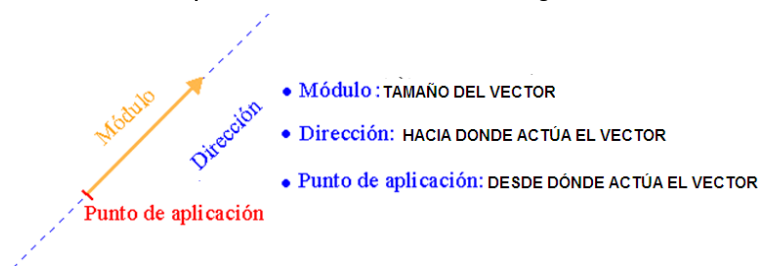


Figura 3: Representación gráfica de un vector.

La operatoria con vectores es un poco más compleja que lo que muestra las ecuaciones. El análisis algebraico sobrepasa los objetivos de la unidad, sin embargo, sí atenderemos el análisis geométrico que, si bien no es precisa, nos da una noción adecuada de la acción que ejercen vectores de fuerza sobre un cuerpo. Algunas de las propiedades de los vectores son:

Sean A y B dos vectores cualesquiera:

1. A y B son iguales si tienen la misma magnitud y dirección.
2. La multiplicación de un vector A por un escalar m cualquiera queda establecida por mA que queda establecida por la dirección del vector A amplificado m veces en su magnitud.
3. El negativo de un vector A se define como el vector que al sumarse con A produce cero para una suma vectorial, y en términos prácticos es aquel vector que posee igual magnitud y es opuesto en dirección que A.

4. La suma de A y B se da solo si tienen las mismas unidades. Por ejemplo: no tiene sentido sumar un vector velocidad con un vector desplazamiento. Geométricamente queda establecido por los métodos del paralelogramo y del triángulo, que se muestran a continuación

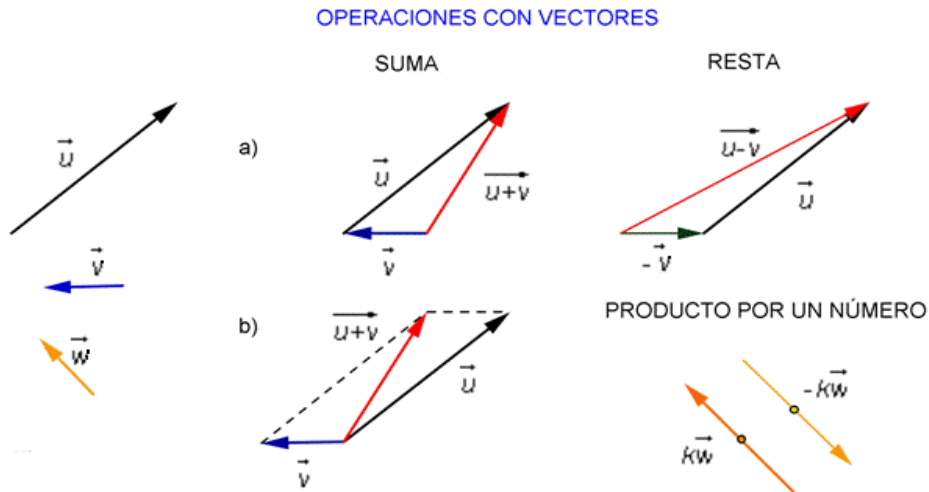


Figura 4: producto de un vector por un escalar y suma de vectores.

#### IV. TIPOS DE FUERZA

##### a) Peso (W):

La fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo **hacia su centro**, es decir, la fuerza gravitatoria que sobre él ejerce, se denomina peso (W), así podemos diferenciar masa de peso, pues la primera es una medida de cantidad de materia y de la inercia de un cuerpo, en tanto que la segunda corresponde a un tipo de fuerza. Un ejemplo que nos permite diferenciarlos es imaginar un cuerpo en dos planetas con gravedades diferentes, dicho cuerpo presentará pesos distintos, aunque su masa será la misma, es decir, será jalado hacia el centro de cada planeta con una fuerza diferente, en cambio si lo empujamos presentará la misma inercia, es decir, idéntica resistencia a cambiar su estado movimiento.

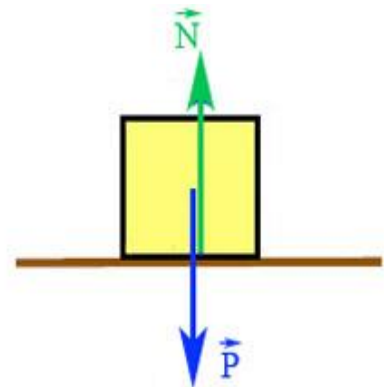


Figura 5: Representación geométrica de la normal y el peso.

De acuerdo con la segunda ley de Newton, una fuerza genera una aceleración tenemos entonces que esta fuerza genera una aceleración, que es la aceleración de gravedad  $g$ , así el peso de un cuerpo de masa  $m$  es:  $W = m \cdot g$

##### b) Normal (N):

La normal es la fuerza perpendicular a una superficie que surge de la reacción a la fuerza que, debido a su peso, ejerce un cuerpo sobre dicha superficie. De acuerdo con lo anterior, es importante tener presente que el peso y la fuerza normal no constituyen un par acción-reacción puesto que no se ejercen sobre cuerpos distintos.

##### c) Fuerza de roce ( $f_r$ ):

La interacción que se produce entre un cuerpo y la superficie en donde este se desliza, genera una resistencia al movimiento (esta resistencia surge debido a las imbricaciones que se producen entre las rugosidades de ambas superficies, aún en las más lisas), que se denomina fuerza de roce o fricción ( $f_r$ ) de las que existen dos tipos. La fuerza de roce estática ( $f_e$ ) se da cuando un cuerpo, aunque bajo la acción de una fuerza externa  $F$ , se mantiene en reposo, es decir, cuando  $F = f_e$  (esto es obvio, de haber desequilibrado entre las fuerzas, el cuerpo aceleraría en la dirección de la fuerza mayor). Si  $F$  es cada vez mayor, también lo será  $f_e$ , hasta alcanzar un máximo en el momento precisamente anterior al instante en que el cuerpo comienza a moverse. Si aumenta la fuerza tenemos que  $F \geq f_r$  y el cuerpo se moverá. La fuerza de roce que actúa sobre el cuerpo cuando está en movimiento se denomina fuerza de roce cinético  $f_c$ . Si en algún momento mientras el cuerpo se encuentra acelerado,  $F$  comienza a disminuir hasta que  $F = f_c$ , la aceleración cesará, y de ahí en más el cuerpo se moverá con velocidad constante.

Experimentalmente se ha encontrado que la fuerza de roce queda adecuadamente descrita por:  $f_e \leq \mu_e N$  y  $f_c = \mu_c N$ , donde  $\mu_e$  y  $\mu_c$  son los coeficientes de roce estático y cinético, propios para cada par de superficies en contacto, y  $N$  es la normal.



Figura 6: Representación de la fuerza de roce y su origen a escala molecular.

**d) Tensión (T):**

Es la fuerza que se ejerce a través de **cuerdas inextensibles**.

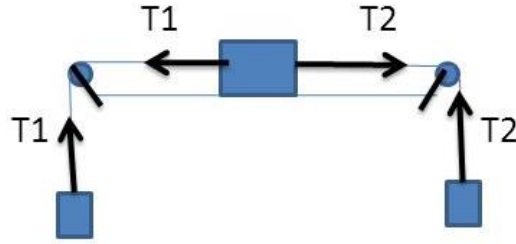
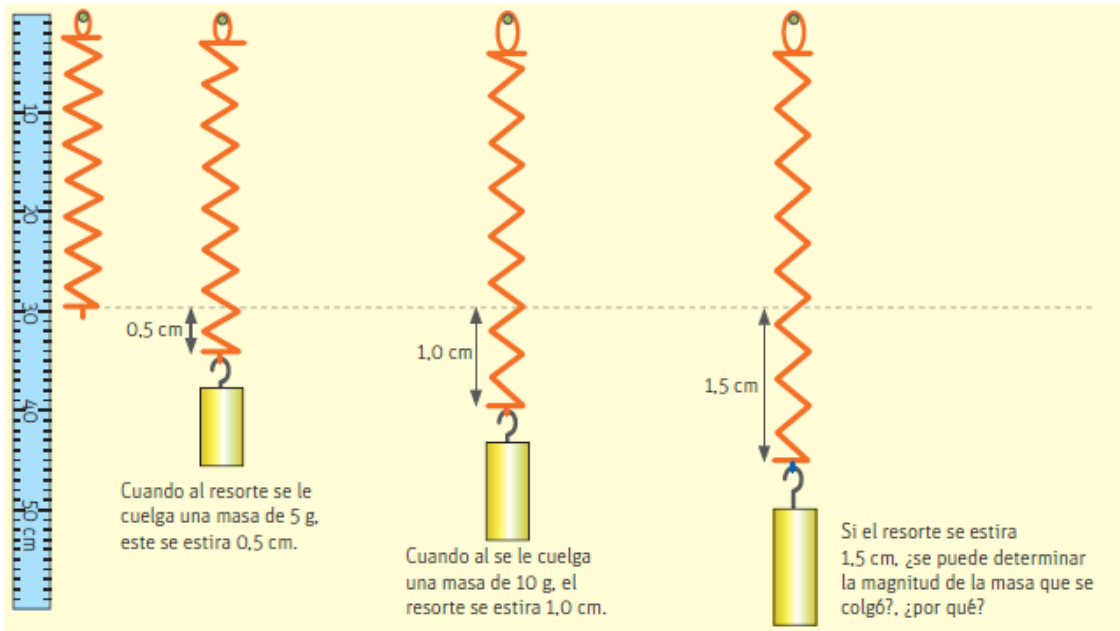


Figura 7: Representación de fuerzas de acción y reacción de tensiones.

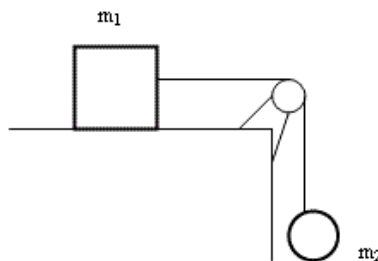
**e) Fuerza potencial elástica (Ley de Hooke):**

Corresponde a la fuerza que puede ejercer un resorte debido a una compresión de este. La relación entre la fuerza y la deformación de los materiales fue establecida por el físico Robert Hooke, quien observó que el estiramiento del resorte es proporcional al peso que se cuelga de él. Así, estableció la siguiente relación matemática:  $F = -k \Delta x$ ; F es la fuerza que ejerce el resorte, k es la constante de deformación según sus propiedades y  $\Delta x$  la longitud de alargamiento.

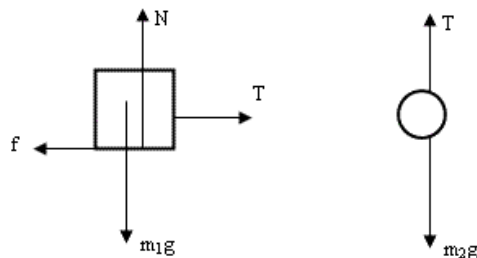


**V. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE (DCL)**

Este método permite analizar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, y como modifican su estado. Por ejemplo, considere el siguiente sistema:



1° Se dibuja un sencillo y claro del o los cuerpos aislados, y que involucre **SOLO** las fuerzas que actúan sobre el:



2° Utilizando un sistema de referencias de coordenadas rectangulares en cada cuerpo, se suman las fuerzas por ejes (teniendo especial cuidado en los signos establecidos por el sistema de referencia). Se iguala a cero en el eje en el cual no se produce movimiento, y se aplica Newton ( $F = m a$ ) en el eje donde existe desplazamiento:

Cuerpo 1:	Cuerpo 2:
$\sum F_x: T - f_r = m_1 a$	$\sum F_x: 0$
$\sum F_y: N - m_1 g = 0$	$\sum F_y: T - m_2 g = -m_2 a$

3° Finalmente, las ecuaciones se resuelven de acuerdo con los valores de las distintas variables como por ejemplo la masa de ambos cuerpos. Sin embargo, en esta guía solo se realizará un análisis geométrico de diferentes sistemas mecánicos, tal como se presentan en este punto.

### VI. ECUACIONES ÚTILES EN DINÁMICA

<p>1) <math>F_n = F_a - f_r</math></p> <p>2) <math>F_n = F_a - f_r \Rightarrow ma_n = ma_a - ma_r \Rightarrow \cancel{m}a_n = \cancel{m}(a_a - a_r) \Rightarrow a_n = a_a - a_r</math></p> <p>3) <math>f_e \leq \mu_e N</math></p> <p>4) <math>f_c = \mu_c N</math></p> <p>5) <math>N = m \cdot g</math></p>	<p>* En las ecuaciones 1) y 2) el subíndice a significa "aplicada". Así <math>F_a</math> corresponde a la fuerza aplicada y <math>F_n</math> a la fuerza neta o experimentada.</p> <p>* En 3) la igualdad corresponde cuando <math>f_e</math> es máxima (<math>f_{em\acute{a}x} = \mu_e N</math>).</p> <p>* En 5) la igualdad para la normal solo es válida para cuerpos que se mueven horizontalmente.</p>
--	---

Tabla nº 2: Cuerpo de ecuaciones útiles para problemas con fuerza de roce

### VIII. PREGUNTAS Y PROBLEMAS

#### 1. Defina:

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| a) Fuerza           | e) Estado de equilibrio    |
| b) 1º ley de Newton | f) Fuerza de roce          |
| c) 2º ley de Newton | g) Fuerza de roce estático |
| d) 3º Ley de Newton | h) Fuerza de roce cinético |

2. ¿Qué es una fuerza de acción a distancia, una de contacto y cuáles son las fuerzas fundamentales de la naturaleza?

3. ¿Cuál es la causa del roce mecánico y qué es la fuerza normal?

4. ¿Es qué caso (s) un objeto acelerado (fuerza neta distinta de cero) se encuentra en reposo? Explique.

5. Si una bola de acero de 250g choca con una pared de concreto, y esta le aplica a la bola una fuerza de 5N. Determine la aceleración de la bola antes del choque. Rpta:  $-20m/s^2$ .

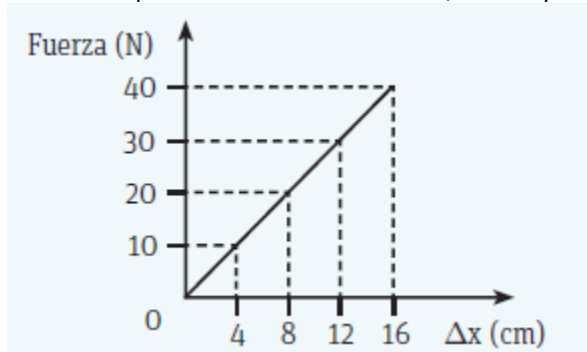
6. Una fuerza produce sobre una masa de 100kg una aceleración de  $2m/s^2$ . ¿Qué aceleración produciría la misma fuerza a un cuerpo de 2,5Ton? Rpta:  $0,08m/s^2$ .

7. Un cuerpo tiene una masa de 80 kg y una velocidad de 6m/s. Determine que fuerza se le debe aplicar para que se detenga en 4s b) qué distancia recorrerá para tal efecto. Rptas:  $-120N$ ; 12m.

8. Un cuerpo experimenta una aceleración de  $15m/s^2$ , si se le aplica una fuerza de 9N, cuando este se desplaza sobre una superficie áspera. Determine la masa del cuerpo si la fuerza de roce entre el cuerpo y la superficie es de 6N. b) Halle el coeficiente de roce cinético. Rptas: 0,2kg; 3,1.

9. De un resorte se cuelga una masa de 250 g y se estira 2 cm: ¿cuál será su estiramiento si cuelga una masa de 100 g?

10. En una clase de Física un grupo de estudiantes realiza la comprobación de la ley de Hooke, usando un resorte y colgando en él masas de diferentes valores. A partir de los datos obtenidos, construyeron el siguiente gráfico:



Si el resorte cumple con la ley de Hooke, ¿cuál es el valor de la constante de elasticidad del resorte?

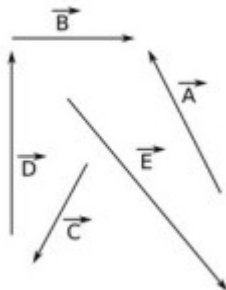
11. Se aplicó diferentes fuerzas sobre un resorte y midieron su estiramiento en cada caso, y se registraron los datos en la siguiente tabla:

Fuerza neta	Elongación (cm)
10	2,5
x	5
30	y
40	10

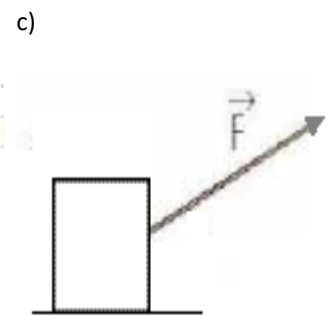
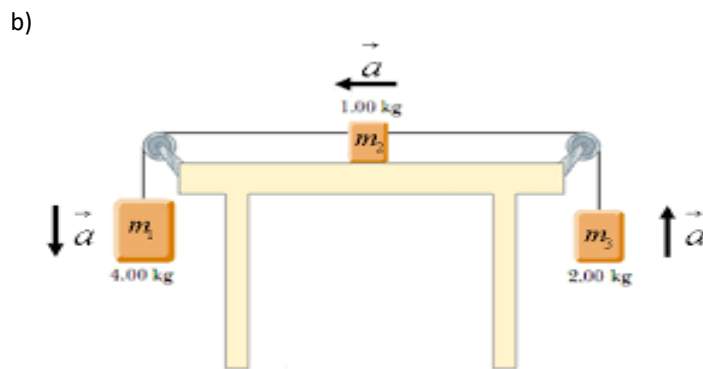
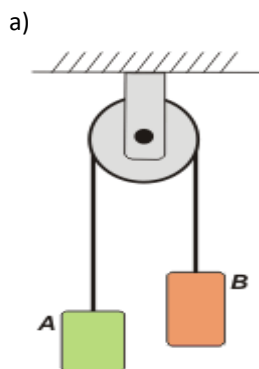
Si el resorte cumple con la ley de Hooke y se encuentra en su rango de elasticidad, ¿cuáles son los valores que faltan en la tabla?

12. A partir de los siguientes vectores, realice las siguientes operaciones:

- a)  $3A$ .
- b)  $-2C$
- c)  $A + D$
- d)  $2E - B$
- e)  $A + B + 2C$
- f)  $D - 4C + 2E$
- g)  $A + B + C + D + E$
- h)  $A + B - 2E + D - C$



17. Dibuje el DCL de cada cuerpo



18. Las fuerzas que se ejercen mutuamente dos cuerpos que interactúan entre sí son iguales y contrarias. Esta afirmación es válida

- A) siempre.
- B) solo si los dos cuerpos son de igual masa.
- C) solo si los dos cuerpos permanecen en reposo.
- D) solo si los dos cuerpos se encuentran en el vacío.
- E) solo si los dos cuerpos son de igual masa, permanecen en reposo y se encuentran en el vacío.

19. Si se da un breve empujón hacia la derecha a un bloque situado sobre una superficie horizontal, este se moverá hacia la derecha, pero después de un rato se detendrá. El bloque se detiene porque



- A) se le acaba la fuerza que inicialmente se le dio en el empujón.
- B) cuando está en movimiento, la fuerza neta sobre él es cero.
- C) la fuerza de roce es mayor que la fuerza que se le aplicó.
- D) cuando está en movimiento, la fuerza neta sobre el bloque es la fuerza de roce.
- E) la fuerza normal es igual al peso.

20. Un cuerpo que se mueve en línea recta aumenta su rapidez desde 4 m/s hasta 10 m/s en 2 segundos. El valor de su aceleración media en estos dos segundos, en  $m/s^2$ , es

- A) 2
- B) 3
- C) 5
- D) 6
- E) 7

21 Cuando un alumno aplica una fuerza  $F$  sobre un cuerpo de masa  $M$  mide, para este, una aceleración  $a$ . Si sobre un segundo cuerpo de masa  $M/2$  aplica una fuerza  $2F$  medirá, para este segundo cuerpo, una aceleración

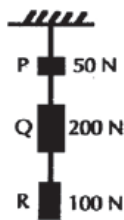
- A)  $4a$
- B)  $2a$
- C)  $a$
- D)  $a/2$
- E)  $a/4$

22. Se lanza una piedra verticalmente hacia arriba. En el punto en que la piedra alcanza su máxima altura, ¿cuál de las siguientes afirmaciones, es **FALSA**?

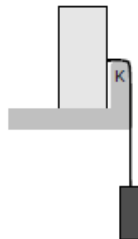
- A) La energía cinética de la piedra alcanza su valor mínimo.
- B) La energía potencial de la piedra alcanza su valor máximo.
- C) El momentum (cantidad de movimiento) de la piedra es nulo
- D) La aceleración de la piedra es nula.
- E) La fuerza neta sobre la piedra es igual a su peso.

23. Los bloques P, Q y R, cuyos pesos son de 50 N, 200 N y 100 N, respectivamente, están suspendidos por cuerdas en la forma representada en la figura. Los bloques permanecen en reposo. En estas condiciones, en la cuerda que sostiene al bloque Q se ejerce una fuerza de

- A) 100 N
- B) 150 N
- C) 200 N
- D) 300 N
- E) 350 N



24. En la figura se ilustra un bloque sólido posando sobre un piso firme horizontal pulido. El bloque es arrimado hacia el canto recto K por una cuerda de cuyo extremo inferior cuelga una pesa. En cierto instante la cuerda se desprende del bloque y la pesa cae por gravedad.



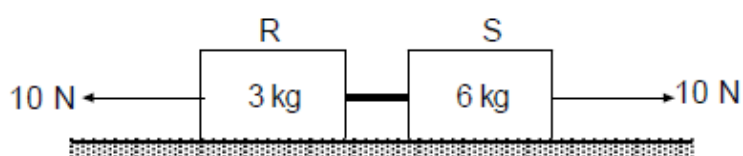
Entonces,

- A) el bloque permanece inmóvil.
- B) el bloque comienza a alejarse del canto K.
- C) el bloque se vuelca.
- D) el movimiento del bloque va a depender de las masas involucradas.
- E) el movimiento del bloque va a depender de la aceleración de gravedad del lugar.

25. En una vereda rectilínea una niña se mueve a  $0,5 \text{ m/s}$  al encuentro de su mascota, la cual corre en sentido opuesto a  $1,5 \text{ m/s}$ . La separación inicial entre ambas es de 30 m. Entonces, el camino recorrido por la niña hasta encontrarse con su mascota es

- A) 7,5 m
- B) 10 m
- C) 15 m
- D) 20 m
- E) 22,5 m

26. Los bloques R y S de la figura, de masas 3 kg y 6 kg respectivamente, se unen mediante una cuerda. Los bloques posan sobre una superficie horizontal pulida, y permanecen inmóviles mientras son tirados en sentidos opuestos con fuerzas de 10 N. Entonces, la tensión de la cuerda es

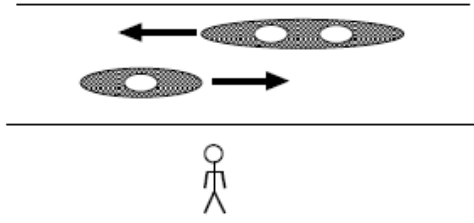


- A) 10 N
- B) 20 N
- C) 30 N
- D) 60 N

E) 90 N

27. Frente a un niño se cruzan dos naves que van por un canal (ver figura). La longitud de las naves son 3m y 5m respectivamente. La rapidez de ambas naves es de 4 m/s. Entonces el lapso en que el niño ve las naves cruzarse completamente, es decir sin que se vean superpuestas, es

- A)  $\frac{3}{4}$  s
- B)  $\frac{5}{4}$  s
- C) 1 s
- D)  $\frac{8}{3}$  s
- E)  $\frac{8}{5}$  s

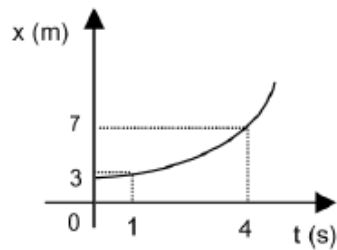


28. Un carro de 2 kg es empujado horizontalmente en un trayecto rectilíneo. Su rapidez cambia uniformemente de 2 m/s a 8 m/s en 2 s. De acuerdo con esto, la magnitud de la fuerza neta sobre el carro, en ese lapso, es

- A)  $\frac{2}{3}$  N
- B)  $\frac{3}{2}$  N
- C) 2 N
- D) 4 N
- E) 6 N

29. El siguiente gráfico, posición  $x(m)$  versus tiempo  $t(s)$ , corresponde a un cuerpo que se mueve en línea recta. Entre  $t = 1$  (s) y  $t = 4$  (s) el módulo de la velocidad media de este cuerpo, medida en (m/s) es

- $\frac{3}{4}$
- 1
- $\frac{4}{3}$
- $\frac{5}{3}$
- $\frac{7}{4}$



30. Un cuerpo se mueve en línea recta y siempre en el mismo sentido, de manera que su rapidez cambia de 2 (m/s) a 8 (m/s) en 2 segundos. La magnitud de la aceleración media en estos 2 segundos es, en (m/s<sup>2</sup>)

- A) 2,5
- B) 3
- C) 4
- D) 5
- E) 12