

**CINEMÁTICA III**

**CAÍDA LIBRE**

En cinemática, la **caída libre** es un movimiento donde solamente influye la gravedad. En este movimiento se desprecia el rozamiento del cuerpo con el aire, es decir, se estudia en el vacío. El movimiento de la caída libre es un **movimiento uniformemente acelerado**. Según Galileo Galilei (1564 – 1642), la aceleración instantánea es independiente de la masa del cuerpo, es decir, si soltamos un coche y una pulga, ambos cuerpos tendrán la misma aceleración, que coincide con la aceleración de la gravedad ( $\vec{g}$ ). Esto último implica que, si dejamos caer (en  $t = 0s$ ) cuerpos de diferentes masas desde la misma altura, llegarán al suelo con la misma velocidad y en el mismo instante.

Antes de analizar las ecuaciones, es conveniente hacer algunos comentarios generales. En problemas que tratan con cuerpos en caída libre y lanzamientos verticales, es demasiado importante elegir una dirección como la positiva y seguir este criterio en forma consistente al sustituir los valores conocidos. El signo de la respuesta es necesario para determinar desplazamiento y velocidad en tiempos específicos, no así cuando se desea determinar distancia recorrida y rapidez, ya que en ese caso tomamos el módulo (magnitud) del resultado. Si la dirección ascendente se elige como positiva, un valor positivo para  $\mathbf{x(t)}$  indica un desplazamiento por arriba del punto de partida; si  $\mathbf{x(t)}$  es negativo, representa un desplazamiento por debajo del punto de partida. En forma similar los signos de  $\mathbf{v_0}$  (velocidad inicial) y la velocidades instantáneas  $\mathbf{v(t)}$ . La figura 1 muestra el comportamiento de un cuerpo en caída libre.

Por simplicidad en los cálculos, se tomará  $x_0 = 0$  m

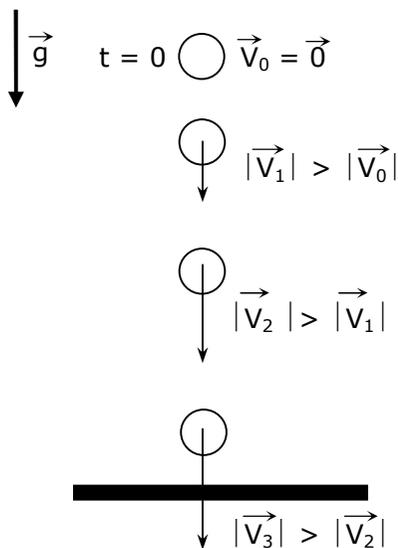


fig. 1

$x(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ $v(t) = -g \cdot t$ $a(t) = -g = \text{cte}$
--

**Nota:** El signo negativo aparece porque se ha tomado negativo hacia abajo

## LANZAMIENTOS VERTICALES

El **lanzamiento vertical hacia abajo** es similar a la caída libre (movimiento rectilíneo uniformemente acelerado), con la diferencia que la velocidad inicial es diferente de cero ( $\vec{v}_0 \neq \vec{0}$ ).

El **lanzamiento vertical hacia arriba**, es un movimiento rectilíneo uniformemente retardado.

Si tomamos positivo hacia arriba las ecuaciones que rigen a estos movimientos son las siguientes:

$$\begin{aligned} \mathbf{x(t)} &= \pm \mathbf{v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2} \\ \mathbf{v(t)} &= \pm \mathbf{v_0 - g \cdot t} \\ \mathbf{a(t)} &= \mathbf{-g = cte} \end{aligned}$$

**Nota:** recuerda que por conveniencia, la velocidad inicial es positiva si el lanzamiento es vertical hacia arriba y viceversa, todo esto para el cálculo de desplazamiento y velocidad instantánea. En el caso que se requiera distancia recorrida o rapidez instantánea, debes tomar la magnitud del resultado.

Para la mayoría de los ejercicios se usará  $|\vec{g}| \approx 10 \text{ m/s}^2$ .

### Análisis del movimiento de ida y vuelta:

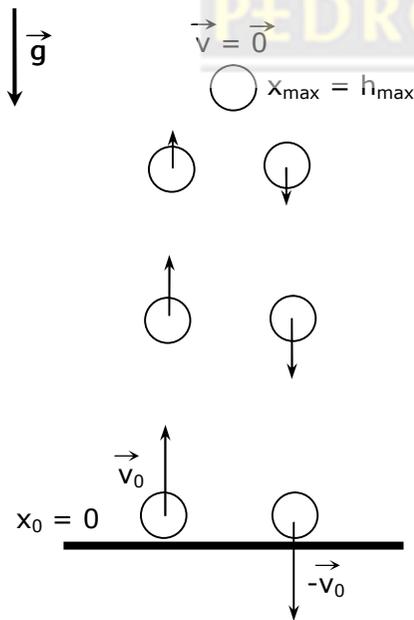


fig. 2

Al observar la figura 2, existe una simetría en el movimiento, lo que implica que el tiempo de ida y vuelta son los mismos; la distancia total recorrida, equivale al doble de la altura máxima alcanzada por el cuerpo.

Importante destacar que la aceleración siempre está actuando, y en la altura máxima sólo se anula la velocidad instantánea.

Las expresiones que se dan a continuación nos permiten calcular el tiempo de subida y la altura máxima alcanzada por el cuerpo.

$$t_{\text{subida}} = \frac{v_0}{g} \quad h_{\max} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

En las expresiones anteriores se muestra que, en estos movimientos, la masa del cuerpo es indiferente. El tiempo de subida es proporcional con la velocidad inicial, y la altura máxima es proporcional con la velocidad inicial al cuadrado.

Las ecuaciones mostradas anteriormente, se pueden demostrar utilizando las ecuaciones del lanzamiento vertical hacia arriba.  
 Sabemos que la velocidad instantánea en la altura máxima es cero, con lo cual podemos obtener el tiempo de subida:

$$v(t_{\text{subida}}) = 0 \Rightarrow v_0 - g \cdot t_{\text{subida}} = 0$$

despejando tenemos lo siguiente

$$t_{\text{subida}} = \frac{v_0}{g}$$

Reemplazando el tiempo de subida en la ecuación de posición, obtenemos la altura máxima

$$x(t_{\text{subida}}) = v_0 \cdot t_{\text{subida}} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot (t_{\text{subida}})^2 \Rightarrow h_{\text{max}} = \frac{(v_0)^2}{g} - \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{(v_0)^2}{g} \right)$$

restando, tenemos

$$h_{\text{max}} = \frac{(v_0)^2}{2 \cdot g}$$

### Análisis gráfico del movimiento de ida y vuelta

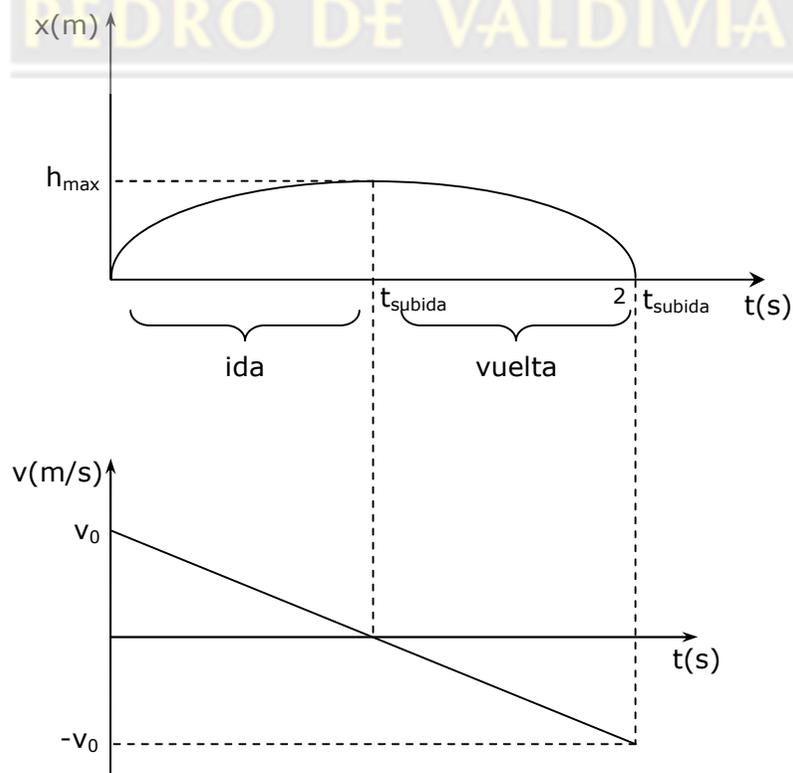


fig. 3

La aceleración es constante y siempre esta dirigida hacia abajo

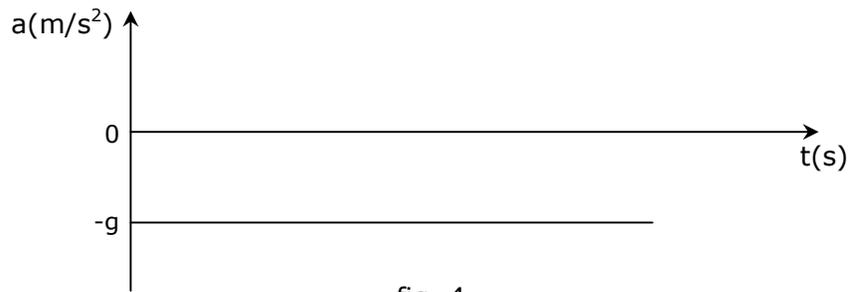


fig. 4

### Análisis cualitativo del lanzamiento de proyectiles

El caso más general se presenta cuando el proyectil se lanza con cierto ángulo con respecto a la horizontal. Este movimiento se caracteriza por ser compuesto, ya que cuando el proyectil va de subida posee un movimiento retardado en la vertical y un MRU en la horizontal; y cuando el proyectil va de bajada, posee un movimiento acelerado en la vertical y un MRU en la horizontal.

Cuando el proyectil alcanza la altura máxima, la componente de la velocidad en la vertical se anula, quedando sólo la componente en la horizontal (en ese punto el vector velocidad y aceleración son perpendiculares).

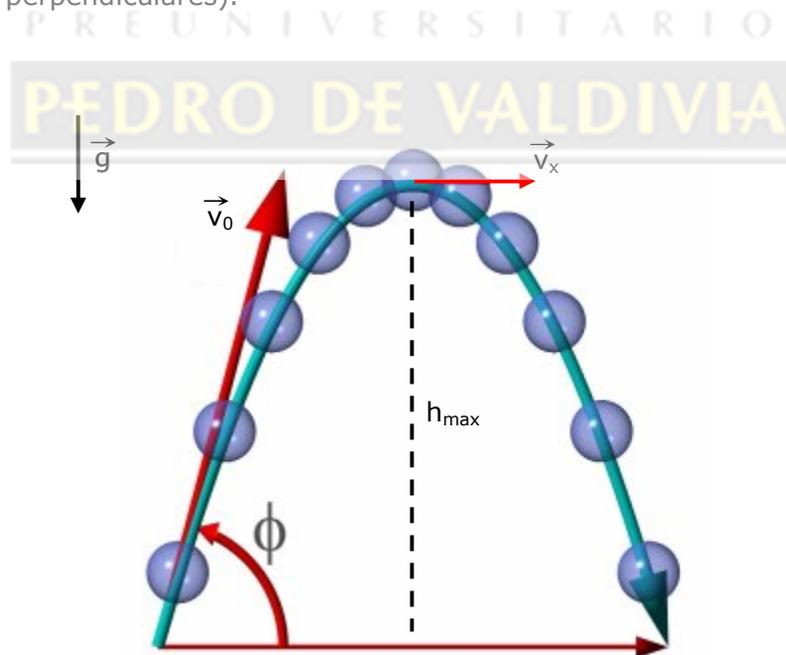


fig. 5

### EJEMPLOS

Para los ejemplos y ejercicios, use  $|\vec{g}| = 10 \text{ m/s}^2$

En los problemas desprecie fuerzas externas, salvo que se diga lo contrario.

1. Se lanza una caja verticalmente hacia arriba con rapidez de 20 m/s el tiempo que tarda en ir y volver es

- A) 2 s
- B) 4 s
- C) 6 s
- D) 8 s
- E) 20 s

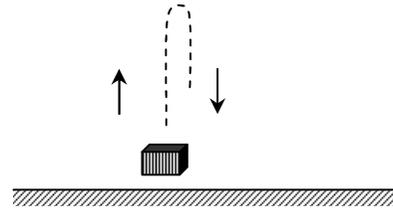


fig. 6

2. Una caja de 10 kg es lanzada verticalmente hacia arriba con rapidez de 30 m/s, la distancia que recorre en ir y volver es

- A) 180 m
- B) 90 m
- C) 60 m
- D) 45 m
- E) 30 m

3. Se lanza verticalmente hacia abajo una pelota, al llegar al piso rebota y sube verticalmente. A continuación se hacen una serie de afirmaciones, de estas es (son) correcta(s)

- I) Al bajar, el desplazamiento, la aceleración y la velocidad tienen igual sentido.
- II) Al subir, el desplazamiento, la aceleración y la velocidad tienen igual sentido.
- III) Al subir, el desplazamiento y la velocidad tienen sentido opuesto a la aceleración.

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y III
- E) I, II y III

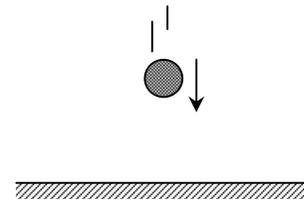


fig. 7

4. Se tienen dos cuerpos, A y B, de igual masa M, ambos fueron lanzados verticalmente hacia arriba con igual velocidad V, alcanzando la misma altura de valor 4H. Ahora se repite la experiencia, sólo que, la masa de A se reduce a la mitad y su velocidad se duplica y la masa de B se duplica y su velocidad se reduce a la mitad, entonces los valores respectivos de las alturas alcanzadas por A y B son

- A) 4H      4H
- B) 8H      2H
- C) 16H     H
- D) 12H     2H
- E) 8H      H

### PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. De las siguientes situaciones que se nombran a continuación es **falso** que corresponde(n) a un movimiento en caída libre:

- I) Se deja caer un cuerpo desde una locomotora que avanza horizontalmente.
- II) Se suelta un cuerpo desde un avión que está volando horizontalmente.
- III) Es dejado caer un cuerpo desde un helicóptero que baja verticalmente.

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y II
- E) I, II y III

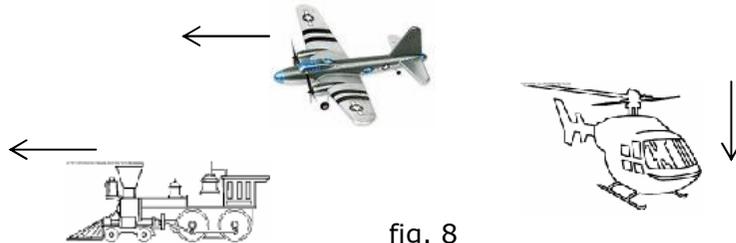


fig. 8

2. Se lanza una piedra de 10 kg verticalmente hacia arriba, en ausencia de roce, con una rapidez inicial de 30 m/s. De las siguientes afirmaciones:

- I) La altura que alcanza depende sólo de la masa y de la rapidez inicial.
- II) La altura que alcanza depende de la rapidez con la cual fue lanzado.
- III) La altura que alcanza es de 45 m.

Es (son) correcta(s)

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y III
- E) Sólo II y III

3. Para un objeto que fue lanzado verticalmente hacia arriba en ausencia de roce. El par de vectores correspondientes a la aceleración y a la velocidad del cuerpo cuando este ha alcanzado su altura máxima es

- |    | <b>Aceleración</b> | <b>Velocidad</b> |
|----|--------------------|------------------|
| A) | →                  | →                |
| B) | →                  | ←                |
| C) | ↓                  | →                |
| D) | $\vec{a} = 0$      | ↓                |
| E) | ↓                  | $\vec{v} = 0$    |

4. De las siguientes aseveraciones:

- I) "Todos los cuerpos que se lanzan desde una misma altura llegan al suelo al mismo tiempo".
- II) "Todos los cuerpos caen con la misma aceleración en el vacío".
- III) "Todos los cuerpos que se lanzan desde una misma altura llegan al suelo con la misma rapidez".

Es (son) correcta(s)

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y III
- E) I, II y III

5. Desde la azotea de un edificio, se lanza un objeto verticalmente hacia abajo, con una rapidez de salida de 10 m/s. La azotea se encuentra a 15 m por encima del suelo. El tiempo que demora el objeto en llegar a la base del edificio es

- A) 1 s
- B) 2 s
- C) 3 s
- D) 4 s
- E) 5 s

6. Pablo quiere determinar qué tan profundo es un pozo. Para ello deja caer una piedra y toma el tiempo que demora en oír el ruido de ésta al llegar al fondo del pozo, este tiempo fue de 2 s. Si despreció el tiempo que demoró el sonido en llegar desde el fondo hasta su oído, entonces la profundidad en metros que Pablo estimó correctamente fue de

- A) 12
- B) 16
- C) 20
- D) 25
- E) 40

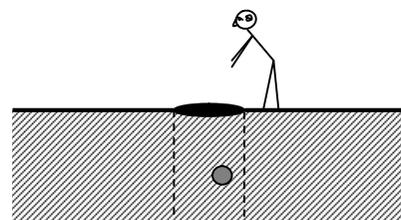


fig. 9

7. Se deja caer un objeto desde una altura de 45 m. El tiempo que demora en llegar al suelo es igual a

- A) 2 s
- B) 3 s
- C) 6 s
- D) 8 s
- E) 9 s

8. Desde un helicóptero que baja verticalmente con velocidad constante de 20 m/s se deja caer un cuerpo, entonces después de 2 segundos la rapidez del cuerpo respecto al helicóptero y respecto al suelo es, respectivamente

- A) 20 m/s      30 m/s
- B) 40 m/s      20 m/s
- C) 20 m/s      20 m/s
- D) 20 m/s      40 m/s
- E) 40 m/s      80 m/s

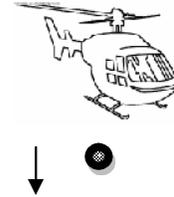


fig. 10

9. Se lanza un cuerpo verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial de 20 m/s. El tiempo que demora en alcanzar  $3/4$  del tiempo total empleado en subir y bajar es

- A) 1 s
- B) 2 s
- C) 3 s
- D) 6 s
- E) 9 s

10. La rapidez con la cual se lanzó un objeto verticalmente hacia arriba, si éste alcanza su altura máxima en un tiempo de 5 s, es

- A) 250 m/s
- B) 125 m/s
- C) 75 m/s
- D) 50 m/s
- E) 25 m/s

11. El profesor de Física lanza un borrador hacia arriba con una rapidez de lanzamiento de 20 m/s. Les pide a sus alumnos que determinen la altura del borrador cuando su rapidez ha disminuido a 10 m/s. Los estudiantes, después de analizar la situación, concluyen que el borrador está a una altura de

- A) 6 m
- B) 10 m
- C) 15 m
- D) 20 m
- E) 25 m

12. Desde un acantilado, bastante alto, se lanza verticalmente hacia abajo una bolita con rapidez de 10 m/s. Un segundo después, se deja caer otra de igual tamaño y masa. La distancia que las separa 2 s después que se dejó caer la primera bolita es
- A) 80 m
  - B) 45 m
  - C) 40 m
  - D) 35 m
  - E) 30 m
13. La aceleración de gravedad en la Luna, es aproximadamente  $1/6$  de la terrestre. Una persona que tiene una masa de 72 kg desea realizar el mismo salto en la Tierra y en la Luna con una rapidez inicial de 4 m/s, entonces la razón entre la altura que alcanzará en la Tierra y en la Luna, respectivamente, es
- A) 6 : 1
  - B) 1 : 1
  - C) 1 : 6
  - D) 1 : 3
  - E) 3 : 1
14. La masa de dos cuerpos, A y B, están en la razón 1 : 3 y sus rapidezces iniciales están en la razón 1 : 3, respectivamente. Entonces, se puede concluir que
- A) el cuerpo B alcanza una altura menor al tener mayor masa.
  - B) el cuerpo A alcanza una altura mayor al tener mayor rapidez y menor masa.
  - C) el cuerpo B alcanza una altura mayor al tener mayor rapidez inicial.
  - D) los dos cuerpos alcanzan la misma altura.
  - E) falta conocer la fuerza con la cual fueron lanzados.
15. Dos niños situados en un puente lanzan monedas hacia el río. Uno de ellos lanza horizontalmente la moneda, y el otro deja caer la suya al mismo tiempo que el primero. Entonces, respecto al tiempo que demoran las monedas en llegar al río, se puede concluir que
- A) la moneda lanzada en forma horizontal llega primero al río.
  - B) la moneda soltada llega primero al río.
  - C) las dos llegan al río al mismo tiempo.
  - D) la moneda lanzada horizontalmente demora la mitad del tiempo que la otra.
  - E) no se puede determinar, ya que faltan las masas de las monedas.

16. Un juego entretenido puede ser medir el tiempo de reacción de un amigo. Para esto se deja caer una regla de unos 30 cm de largo. La mano de tu amigo se debe situar en la parte inferior de la regla y en la parte superior de esta deberás sostenerla con tus dedos en el cero. Sin aviso la sueltas y observas. Supongamos que al dejarla caer tu amigo la detiene donde la regla indica 10 cm. Entonces, el tiempo de reacción de tu amigo es

- A) 4 s
- B) 2 s
- C) 0,6 s
- D) 0,4 s
- E) 0,2 s

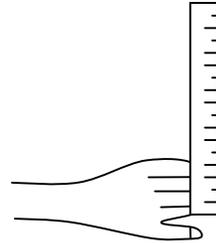


fig. 11

17. Un malabarista que está sobre una cuerda a 20 m del suelo, lanza una clava verticalmente hacia arriba. La clava tiene una rapidez inicial de 12 m/s cuando sale de la mano. Si consideramos donde está el malabarista como posición inicial (0 m), la posición de la clava respecto al malabarista dos segundos después de alcanzar su altura máxima, es igual a

- A) -12,8 m
- B) -8,0 m
- C) -7,0 m
- D) 8,0 m
- E) 20,0 m

18. Un tripulante de un globo aerostático que asciende verticalmente con una rapidez constante de 20 m/s, deja caer un saco de lastre de masa despreciable en comparación con la masa del globo. El saco se dejó caer cuando el globo estaba a 60 m sobre el suelo, el tiempo que demora el saco en llegar al suelo es igual a

- A) 1 s
- B) 2 s
- C) 3 s
- D) 6 s
- E) 8 s

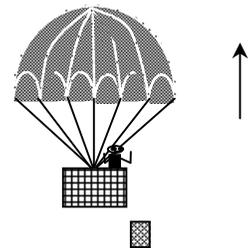


fig. 12

19. Una pelota de fútbol se deja caer desde una altura de 20 m. Al llegar al suelo rebota y vuelve a subir a una altura de 5 m en el primer rebote. El tiempo total que estuvo la pelota en el aire desde el momento en que se deja caer hasta la altura máxima que alcanza en el primer rebote es

- A) 1 s
- B) 2 s
- C) 3 s
- D) 4 s
- E) 6 s

20. Una pelota de tenis se deja caer desde el techo de una casa que está a 5 m del suelo. Suponiendo que la pelota rebota con el 80 % de la rapidez con la cual llega al suelo. La altura máxima que alcanza la pelota después de rebotar es
- A) 0,4 m
  - B) 0,8 m
  - C) 2,0 m
  - D) 3,2 m
  - E) 6,4 m
21. Se lanza una piedra verticalmente hacia arriba. La situación para la cual la velocidad instantánea y la aceleración valen cero simultáneamente, es
- A) durante el ascenso.
  - B) durante el descenso.
  - C) en la parte más alta de la trayectoria.
  - D) justo al estar llegando al suelo.
  - E) imposible que ocurra mientras está en el aire.
22. En una feria científica se lanza un cohete verticalmente hacia arriba con una rapidez de lanzamiento de 40 m/s. El cohete sube con una aceleración constante de  $2 \text{ m/s}^2$ . Cuando éste alcanza una altura de 500 m, los motores fallan y dejan de funcionar, ¿cuál es la altura que el cohete puede alcanzar despreciando los efectos del roce y el viento desde que se lanza?
- A) 180 m
  - B) 580 m
  - C) 680 m
  - D) 860 m
  - E) 960 m
23. Se dejan caer dos objetos al mismo tiempo. El cuerpo A se deja caer desde lo alto de un acantilado demorando 10 s en tocar el fondo. El cuerpo B se deja caer desde lo alto de otro acantilado demorando 20 s en tocar el fondo. Si se desprecia la fricción con el aire, entonces con respecto a la altura de cada acantilado, es correcto afirmar que las profundidades de los acantilados donde se dejó caer A y B respectivamente están en la razón
- A) 1 : 2
  - B) 1 : 4
  - C) 2 : 1
  - D) 4 : 1
  - E) 1 : 8

24. Se lanza verticalmente hacia abajo una caja de madera, al mismo tiempo y desde el mismo lugar se deja caer una bola de acero, es correcto respecto a esta situación que
- A) después de un segundo ambos habrán recorrido la misma distancia.
  - B) después de dos segundos ambos habrán aumentado su velocidad en igual valor.
  - C) ambos llegarán al piso en el mismo instante.
  - D) la caja de madera baja con mayor aceleración.
  - E) la bola de acero baja con mayor aceleración.
25. Se lanzan verticalmente hacia arriba dos cuerpos de distinta masa, A y B. La alturas máximas que alcanzaron A y B son  $h$  y  $9h$ , respectivamente. Si la relación entre sus masas  $m_A : m_B$  es  $1 : 2$ , entonces es correcto que la relación entre sus velocidades iniciales,  $v_A : v_B$  es

- A)  $1 : 2$
- B)  $2 : 1$
- C)  $1 : 9$
- D)  $9 : 1$
- E)  $1 : 3$

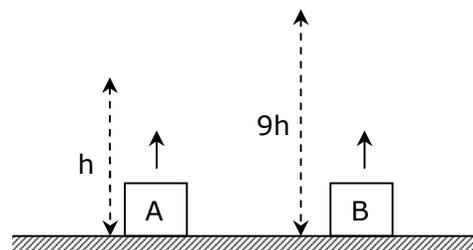


fig. 13

**CLAVES DE LOS EJEMPLOS**

1B    2B    3D    4C

**DMDFM-04**

**Puedes complementar los contenidos de esta guía visitando nuestra web**  
<http://www.pedrovaldivia.cl/>