

1er. SEMESTRE

UNIDAD VII

"CAIDA LIBRE"

Aristóteles dice que "Una bala de hierro de -- 100 libras que caiga de una altura de 100 codos lle ga al suelo antes que un bala de una libra que haya caído al suelo desde su altura de un codo". Yo di go que llegan al mismo tiempo si se lanzan desde la misma altura.

OBJETIVOS.

- 1.- Identificar los movimientos de caída libre y de tiro vertical.
- 2.- Transformar las 4 ecuaciones del movimiento ace lerado para emplearse en el caso particular de caída libre.
- 3.- Resolver a partir de datos apropiados, proble - mas de caída libre.
- 4.- Usar las condiciones especiales, para el caso - particular del tiro vertical para poder emplear las ecuaciones generales del movimiento acelera do.
- 5.- Resolver, a partir de los datos apropiados, la - velocidad y altura en cualquier punto dado de - un cuerpo que es lanzado verticalmente hacia -- arriba.

PROCEDIMIENTO.

- 1.- Lee el tema de "Galileo Galilei"
Lee en forma general el capítulo VII.
- 2.- Una segunda lectura del capítulo para que subrayes lo más importante.
- 3.- Escribe en tu libreta un resumen del capítulo.
- 4.- Analiza despacio los ejemplos resueltos.
- 5.- Resuelve problemas de la autoevaluación, siguiendo el procedimiento de los ejemplos resueltos, tratando de llegar a las respuestas dadas al final del problema.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad debes entregar, en hojas tamaño carta, los problemas de caída libre y tiro vertical del capítulo VII.

CAPITULO VII

CAIDA LIBRE.

En el ataque de Galileo contra la cosmología aristotélica casi no hay detalles que sean nuevos. Sin embargo, su enfoque y sus descubrimientos en conjunto constituyeron la primera presentación efectiva de la ciencia del movimiento. Galileo estaba consciente de que el entender el movimiento de caída libre se tiene la clave para comprender todos los movimientos en los objetos de la naturaleza. El saber cuál era el fenómeno clave fue un toque genial, pero en muchos aspectos Galileo trabajaba simplemente como lo hacen en general todos los científicos. Su enfoque del problema del movimiento nos ofrece un buen caso de estudio, como introducción a las estrategias de investigación que todavía se usan en la ciencia.

7-1 CAIDA LIBRE.

Los cuerpos en caída libre no son más que un caso particular del movimiento acelerado (velocidad variable), con característica de que la aceleración es la debida a la gravedad.

La aceleración de un cuerpo en caída libre (despreciando la resistencia del aire), es constante para cada lugar de la Tierra y varía relativamente poco de un punto a otro.

Su valor es:

$$g = 9.8 \text{ m/seg}^2 \text{ ó } g = 980 \text{ cm/seg}^2.$$

Para nuestros cálculos:

$$g = 10 \text{ m/seg}^2 \text{ ó } 1000 \text{ cm/seg}^2.$$

Antes de iniciar el ejem. 5, mencionaremos que en cada libre se emplean las fórmulas del movimiento acelerado (las 4 fórmulas generales), con la única diferencia de que la aceleración en caída libre (g) es constante para todos los cuerpos, no importando el material de que está constituido y que para facilidad de nuestros cálculos emplearemos 10 m/seg^2 en el sistema M.K.S. y 1000 cm/seg^2 en el sistema c.g.s. Y la velocidad inicial será igual a cero. $v_0 = 0$.

Ejemplo 5.

Se suelta una piedra desde 45 m de altura. Calcular: con qué velocidad llegará al suelo? b) Cuánto tiempo empleará en llegar al suelo?

Solución:

Analicemos despacio este fenómeno. Lo haremos viendo qué sucede en cada seg. de tiempo de caída.

1o. Que sucedería en el primer seg. de vuelo de la piedra?

Existiría una distancia recorrida debido a la aceleración, la cual podemos calcular empleando la ecuación IV.

$$d_1 = v_0 t + (1/2)at^2$$

$$= 0 \times 1 \text{ seg} + 1/2(10\text{m/seg}^2)(1\text{seg}^2)$$

$$= 0 + 5 \text{ m}$$

$$= 5 \text{ m}$$

Por la fórmula I tenemos la vel. final de este primer seg.

$$v = v_0 + at$$

$$= 0 + 10 \text{ m/seg}^2 \times 1 \text{ seg}$$

$$= 10 \text{ m/seg}$$

2o. Qué sucedería en el siguiente seg? Recorrerá una distancia en este tiempo. Para este lapso de tiempo (1 seg) usaremos la vel. final del paso anterior, $v_0 = 10 \text{ m/seg}$.

$$d_2 = v_0 t + (1/2) at^2$$

$$= 10 \text{ m/seg} \times 1\text{seg} + 1/2(10\text{m/seg}^2)(1\text{seg})^2$$

$$= 10 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$= 15 \text{ m}$$

Y la velocidad al finalizar la etapa:

$$v = v_0 + at$$

$$= 10 \text{ m/seg} + (10 \text{ m/seg}^2)(1\text{seg})$$

$$= 10 \text{ m/seg} + 10 \text{ m/seg}$$

$$= 20 \text{ m/seg}$$

Distancia hasta aquí:

$$d_2 = 5 \text{ m} + 15 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ m}$$

3o. Que sucedería en el tercer seg.

Existirá también una distancia recorrida en este tiempo y también para ello usaremos como vel. inicial la vel. final del paso anterior. $v_0 = 20 \text{ m/seg}$.

$$d_3 = v_0 t + (1/2)at^2$$

$$= (20\text{m/seg})(1\text{seg}) + 1/2(10\text{m/seg}^2)(1\text{seg})^2$$

$$= 20 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$= 25 \text{ m}$$

Y la vel. al finalizar la etapa:

$$v = v_0 + at$$

$$= 20 \text{ m/seg} + (10\text{m/seg}^2)(1\text{seg})$$

$$= 30 \text{ m/seg}$$

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

$$= 5 \text{ m} + 15 \text{ m} + 25 \text{ m}$$

$$= 45 \text{ m}$$

Por deducción obtendremos que recorrió 45 m en 3 seg y 4 la vel. final (chaque es de 30 m/seg).

Estos pasos anteriores son para que observes el comportamiento en caída libre, ya que todos los cuerpos en caída libre realizan lo mismo.

Ahora veamos la facilidad con que se calculan estas dos incógnitas, tomando como base las cuatro fórmulas generales del movimiento acelerado.

a) Para calcular la v final, sólo podemos usar la Ec. III. en las Ecs. I y II no tenemos los datos suficientes para calcular la vel. final y la c. IV no

Ejemplo 6.

Un objeto se suelta en caída libre y tarda 6 seg en tocar el suelo. Calcular: a) Desde qué altura se soltó? y b) con qué velocidad llega al suelo?

Primeramente tenemos que identificar los datos del problema:

Datos:

Como en caída libre, la vel. inicial es cero y la aceleración es la de la gravedad, por lo tanto: $v_0 = 0$, $t = 6$ seg, $a = 10 \text{ m/seg}^2$ y las incógnitas son: $d = ?$ y $v = ?$

a) Para calcular la altura, sólo podemos

tiene la incógnita v.

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

$$= 0 + 2(10 \text{ m/seg}^2)(45 \text{ m})$$

$$= 0 + 90 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$= 900 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$= 30 \text{ m/seg}$$

b) Para calcular el tiempo conociendo la vel. final, sólo la Ec. III no se puede usar, ya que no tiene la incógnita (t). Pero la Ec. II es la más sencilla.

$$v = v_0 + at$$

$$t = (v - v_0)/a$$

$$t = (30 \text{ m/seg} - 0)/10 \text{ m/seg}^2$$

$$= 30 \text{ m/seg}/10 \text{ m/seg}^2$$

$$= 3 \text{ seg.}$$

emplear la Ec. IV, en la I no aparece la incógnita y en la II y III tendríamos dos incógnitas.

$$d = v_0 t + 1/2 at^2$$

$$= 0 + 1/2(10 \text{ m/seg}^2)(6 \text{ seg})^2$$

$$= 0 + 180 \text{ m}$$

$$= 180 \text{ m}$$

b) Para la vel. final, tenemos la Ec. I:

$$v = v_0 + at$$

$$= 0 + (10\text{m/seg}^2)(6 \text{ seg})$$

$$= 60 \text{ m/seg}$$

7-2 TIRO VERTICAL.

Cuando un cuerpo se proyecta en línea recta hacia arriba su velocidad disminuirá con rapidez hasta llegar algún punto en el cual esté, momentáneamente, en reposo y luego caerá de vuelta hacia la tierra, adquiriendo de nuevo al llegar al suelo la misma velocidad que tenía al ser lanzado. La experimentación ha demostrado que el tiempo empleado en elevarse al punto más alto de su trayectoria, es igual al tiempo transcurrido en la cada libre desde allí al suelo. Esto implica que los movimientos hacia arriba son precisamente iguales a los movimientos hacia abajo, pero invertidos y que el tiempo y la rapidez para cualquier punto a lo largo de la trayectoria están dados por las ecuaciones generales del movimiento acelerado.

Para tratar el movimiento matemáticamente, es conveniente usar las ecuaciones generales del movimiento acelerado tomando el punto de lanzamiento como el **origen**, y adoptando el siguiente convenio para los signos en el movimiento vertical.

- 1.- Las distancias por encima del origen son **positivas**.
- 2.- Las distancias abajo del origen son **negativas**.
- 3.- Las velocidades hacia arriba son **positivas**.
- 4.- Las velocidades hacia abajo son **negativas**.
- 5.- La aceleración hacia abajo (gravedad) es **negativa**.

Ya sea que el cuerpo se mueva hacia arriba o hacia abajo, la aceleración g , es siempre hacia abajo. Usando el convenio anterior sobre los signos, el valor de la gravedad es:

$$g = -9.8 \text{ m/seg}^2$$

$$g = -32 \text{ pies/seg}^2$$

Para nuestros ejemplos usaremos, $g = -10 \text{ m/seg}^2$.

Ejemplo 7.

Se arroja una pelota verticalmente hacia arriba con una velocidad de 35 m/seg. Calcular: a) la altura máxima alcanzada, b) la velocidad con que llega al punto de partida, c) el tiempo total de vuelo hasta regresar al punto de partida, d) si tuviera libertad de seguir más abajo del nivel de lanzamiento y recorriera 22.5 m, con que velocidad llegaría?

Solución:

a) Altura máxima alcanzada. Utilizando los datos del período de subida, podemos calcular la altura máxima.

$$\text{Datos: } v_0 = 35 \text{ m/seg, } a = -10 \text{ m/seg}^2 \text{ y } v = 0.$$

(El ascenso es hasta que el cuerpo se detenga y en esa parte la vel. final es 0).

Para este caso usamos la Ec. III.

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

despejando:

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

$$d = (0) - (35 \text{ m/seg})^2 / 2(-10 \text{ m/seg}^2)$$

$$d = 61.25 \text{ m}$$

b) La velocidad con que llega al punto de partida.

$$\text{Datos: } v_0 = 35 \text{ m/seg, } a = -10 \text{ m/seg}^2, \text{ } d = 0 \text{ m.}$$

Por la Ec. III tenemos:

$$v^2 = (35 \text{ m/seg})^2 + 2(-10 \text{ m/seg}^2)($$

$$v^2 = (35 \text{ m/seg})^2 + 0$$

$$v = (+ -) 35 \text{ m/seg}$$

Por el convenio de los signos en el tiro vertical, tenemos que en la caída la vel. hacia abajo, entonces tenemos:

$$v = -35 \text{ m/seg}$$

c) El tiempo total de vuelo hasta llegar al punto de partida:

Por la Ec. I, tenemos:

$$v = v_0 + at$$

$$t = (v - v_0) / a$$

$$t = (-35 \text{ m/seg} - 35 \text{ m/seg}) / (-10 \text{ m/seg}^2)$$

$$t = -70 \text{ m/seg} / -10 \text{ m/seg}^2$$

$$t = 7 \text{ seg}$$

d) La velocidad con que llegaría a 22.5 m. abajo del punto de partida.

Por la Ec. iii, tenemos:

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

$$v^2 = (35 \text{ m/seg})^2 + 2(-10 \text{ m/seg}^2)(-22.5 \text{ m})$$

$$v^2 = 1225 \text{ m}^2/\text{seg}^2 + 450 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$v^2 = 1675 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$v = (+ -) 40.93 \text{ m/seg}$$

$$v = -40.93 \text{ m/seg}$$

Lo anterior por el convenio de los signos.

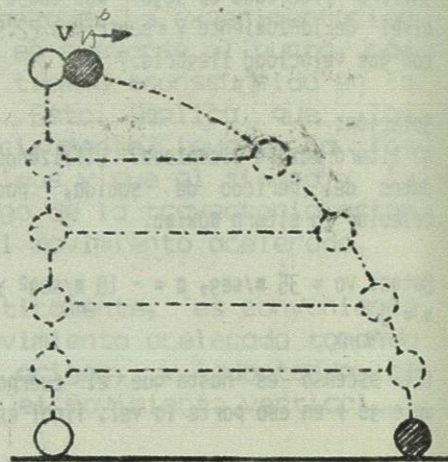
7-3 TIRO HORIZONTAL

Si un cuerpo cae libremente desde el reposo al mismo tiempo que otro es lanzado desde la misma altura, los dos chocan a la vez en el suelo. Ver dibujo de la fig. 7.

La primera conclusión que se puede deducir en el dibujo es que la aceleración hacia abajo de un proyectil es la misma que la caída libre de un cuerpo y se produce independientemente de su movimiento horizontal.

En otras palabras, un proyectil ejecuta dos movimientos independientes.

- 1o. Una vel. horizontal v y
- 2o. La aceleración vertical hacia abajo.



La primera parte es similar a lo que se vió en el tema de la velocidad constante; por lo tanto, el alcance del proyectil en tiro horizontal será:

$$d_x = vt$$

La segunda parte es similar a la caída libre; por lo tanto, la altura recorrida será:

$$d_y = \frac{1}{2} at^2$$

Ejemplo 8.

Desde un punto situado a 60 m de altura se lanza horizontalmente una piedra con una vel. de 15 m/se. Calcular: a) el tiempo que tarda la piedra en tocar el suelo, b) la distancia con respecto a la base:

$$a) d_y = \frac{1}{2} at^2$$

$$t^2 = 2d/a$$

$$t =$$

124

$$t^2 = 2 \times 60 \text{ m} / 10 \text{ m/seg}^2$$

$$t = 3.46 \text{ seg.}$$

b)

$$d_x = vt$$

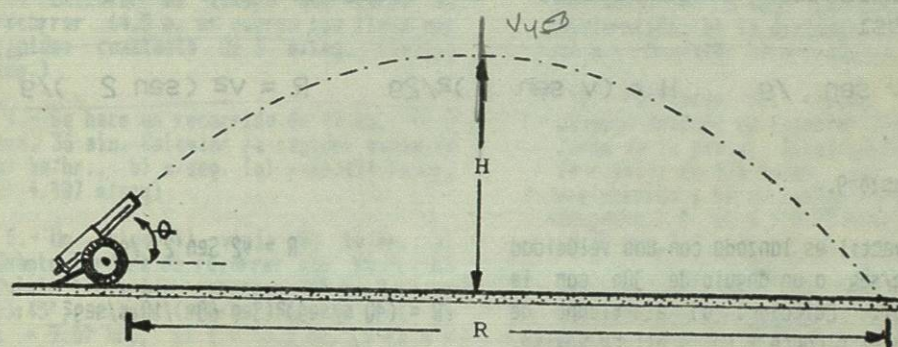
$$= 15 \text{ m/seg} \times 3.46 \text{ seg}$$

$$= 51.9 \text{ m}$$

$$d_x = vt = 15 \text{ m/seg} \times 3.46$$

7-4 TIRO PARABOLICO.

Muchos objetos cuando son lanzados en el aire, siguen una trayectoria parabólica. Tal es el caso para bajas velocidades, donde la fuerza retardadora de la fricción del aire es despreciable. Para los proyectiles a gran velocidad, el aire frena continuamente, el movimiento es hacia abajo y la trayectoria se aparte de la parábola. Cuanto más alta sea la velocidad, más grande es la fuerza de fricción del aire y mayor es la desviación respecto de una trayectoria parabólica.



En general, es conveniente despreciar la fricción del aire, calcular la trayectoria teórica de un proyectil y luego, si es necesario, hacer las correcciones para el rozamiento del aire. Como regla, los factores conocidos concernientes a un proyectil dado son v la velocidad inicial de lanzamiento y el ángulo de salida. Este ángulo siempre se mide desde la horizontal, y en el caso de balas y granadas es la **elevación**, **ángulo de elevación**.

Los factores para calcular son:

- 1.- El tiempo total de vuelo.
- 2.- La altura máxima obtenida.
- 3.- El alcance logrado.

El tiempo total de vuelo de un proyectil se define como el tiempo necesario para su regreso al mismo nivel de donde fue disparado. La altura máxima, llamada flecha, se define como la mayor distancia vertical alcanzada, medida desde el plano horizontal de tiro, mientras el alcance es la diferencia

horizontal desde el punto de proyección, hasta el punto donde el proyectil vuelve otra vez al mismo plano horizontal.

Para calcular cada uno de estos factores, basados en los conceptos de vel. constante, movimiento acelerado y bajo procedimientos matemáticos, se dedujeron las siguientes fórmulas:

$$T = 2 v \sin \theta / g \quad H = (v \sin \theta)^2 / 2g \quad R = v^2 (\sin 2\theta) / g$$

Ejemplo 9.

Un proyectil es lanzado con una velocidad de 40 m/seg a un ángulo de 30° con la horizontal. Calcular: a) el tiempo de vuelo, b) el alcance y c) la altura máxima.

a) El tiempo de vuelo.

$$T = 2 v \sin \theta / g$$

$$T = 2(40 \text{ m/seg})(\sin 30^\circ) / 10 \text{ m/seg}^2$$

$$T = 2(40 \text{ m/seg})(0.5) / 10 \text{ m/seg}^2$$

$$T = 4.000 \text{ seg.}$$

b) El alcance.

$$R = v^2 \sin 2\theta / g$$

$$R = (40 \text{ m/seg})^2 (\sin 60^\circ) / 10 \text{ m/seg}^2$$

$$R = (40 \text{ m/seg}^2)(0.866) / 10 \text{ m/seg}^2$$

$$R = 138.56 \text{ m}$$

c) Altura máxima.

$$H = (v \sin \theta)^2 / 2g$$

$$H = (40 \text{ m/seg} \times \sin 30^\circ)^2 / 20 \text{ m/seg}^2$$

$$H = (40 \text{ m/seg} \times 0.5)^2 / 20 \text{ m/seg}^2$$

$$H = 20 \text{ m}$$

1/10

EVALUACION.

1.- Un cuerpo en movimiento recorre 25 m. en 8 seg. Cual será su rapidez si su movimiento es uniforme? (v = 3.125 m/seg.)

2.- Un cuerpo lleva una rapidez constante de 12 m/seg. y dura con esta rapidez un lapso de 11 seg. Que distancia habrá recorrido? (d = 132 m.)

3.- Calcular el tiempo que tarda en recorrer 64.5 m. un cuerpo que lleva una rapidez constante de 3 m/seg. (t = 21.5 seg.)

4.- Se hace un recorrido de 42 km. en 2 hrs. 36 min. Calcular la rapidez media en a) km/hr., b) m/seg. (a) v = 6.154 km/hr, b) 4.487 m/seg)

5.- Un automóvil viaja 90 km/hr. a) Cuanto tardará en recorrer 636 km.? b) Cuanto tardará en recorrer 945 km.? c) En 23:45, cuanto habrá recorrido? (a) t = 7.07 hr., b) t = 10.5 hr. y c) d = 2122.5 km)

6.- Un avión de reacción de pasajeros cruza un país en una distancia de 4500 km. durante 4 hr. 28 min. Calcular la rapidez media en: a) km/hr. y b) m/seg. (a) v = 1007.5 km/hr b) 279.85 m/seg)

7.- En una ocasión, los 100 m. libres en una competencia fueron ganados en 1 min. 6 seg. Calcular la rapidez media en: a) m/seg., b) km/hr. (a) v = 1.515 m/seg. b) 5.455 km/hr.)

8.- Un automóvil, partiendo del reposo adquiere una velocidad de 30 m/seg. en 15 seg. Calcular: a) la aceleración en m/seg², b) la distancia total recorrida en las 15 seg. en metros, c) la distancia total en km. (a) a = 2 m/seg² b) d = 225 m. c) d = 0.225 km)

9.- Un tren partiendo del reposo, lleva una aceleración de 0.4 m/seg² durante 60 seg. Calcular: a) la distancia total recorrida en los 60 seg., b) la velocidad al finalizar los 60 seg. (a) d = 720 m. b) v = 24 m/seg.)

10.- Un cuerpo que lleva una rapidez de 9.33 m/seg adquiere una rapidez de 16.67 m/seg. Calcular: a) la aceleración y b) el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia. (a) a = 0.186 m/seg² b) t = 44.82 seg.)

11.- Un hombre, conduciendo un automóvil a una rapidez inicial de 90 km/hr, súbitamente aplica los frenos parando el automóvil en 5 seg. Encontrar: a) la aceleración, b) la distancia recorrida. (a) a = -5 m/seg b) d = 62.5 m.)

12.- Partiendo del reposo, un avión despegue después de recorrer 1200 m. a lo largo de la pista. Si el avión despegue a la rapidez de 126 km/hr, calcular: a) la aceleración y b) el tiempo total para el despegue. (a) a = 0.31 m/seg² b) t = 68.57 seg.)

13.- Un avión va a aterrizar recorriendo una distancia de 1200 m. a lo largo de la pista, antes de detenerse. Si la aceleración es constante y la rapidez con que aterriza es de 108 km/hr, calcular: a) la aceleración, b) el tiempo para detenerse. (a) a = -0.375 m/seg² b) t = 80 seg.)

14.- En la parte inicial del canon de un rifle de 75 cm. de largo, parte una bala y adquiere una rapidez de 800 m/seg en la boca del arma. Calcular: a) la velocidad media de la bala mientras se acelera dentro del canon, b) El tiempo. (a) v = 400 m/seg b) t = 1.875 x 10⁻³ c) a = 4.27 x 10⁶ m/seg²)

15.- Se suelta una pelota desde una cornisa de un edificio a 70 m. de altura. Calcular: a) la velocidad con que choca en el suelo y b) el tiempo que tarda en chocar. a = g = 10 m/seg². (a) v = 37.42 m/seg b) t = 4.742 seg.)

16.- Se suelta una piedra en la orilla de un precipicio y tarda en chocar con el fondo 5.5 seg. Calcular: a) la velocidad con que choca en el fondo y b) la altura del precipicio. (a) v = 55 m/seg b) h = 151.25 m.)

$$v_f = v_0 + at$$

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

58
23.98
u = d/t

16
100
40
40
46

600
100
100
100

100
x 4.6
460
1000

4.6

127

17.- Un cuerpo que cae, choca en el suelo con una velocidad de 6 m/seg. Calcular: desde qué altura cayó y b) el tiempo que tardó en tocar el suelo. [a) $h = 1.8 \text{ m}$ b) $t = 0.6 \text{ seg}$]

18.- Un cuerpo cae desde una altura de 60 m. a) Con qué velocidad llega al suelo? b) Qué tiempo dura en el aire? [a) $v = 34.6 \text{ m/seg}$ b) 3.46 seg.]

19.- Una pelota cae en el vacío y tarde 4.3 seg. en tocar el fondo. a) De qué altura cayó y b) Con qué velocidad llega al fondo. [a) $h = 88.2 \text{ m}$ b) $v = 42 \text{ m/seg.}$]

20.- Un cuerpo cae en el vacío y choca en el fondo con una velocidad de 10 m/seg. Calcular: a) la altura de la que cayó y b) el tiempo en el aire. [a) $h = 5 \text{ m.}$ b) $t = 1 \text{ seg.}$]

21.- Se lanza una flecha verticalmente hacia arriba con una velocidad de 60 m/seg. Calcular: a) la altura máxima alcanzada, b) el tiempo total de vuelo hasta caer otra vez al punto de partida, c) la velocidad y la altura en cada uno de los siguientes tiempos transcurridos: 1 seg, 2 seg, 3 seg, 5 seg, 6 seg, 7 seg, 8 seg, 9 seg, 10 seg, 11 seg y 12 seg.

[a) $d = 180 \text{ m}$ b) $t = 12 \text{ seg}$]
 [c) $v = 50 \text{ m/seg}$ $h = 55 \text{ m}$
 $v = 40 \text{ m/seg}$ $h = 100 \text{ m}$
 $v = 30 \text{ m/seg}$ $h = 135 \text{ m}$
 $v = 10 \text{ m/seg}$ $h = 175 \text{ m}$
 $v = 0$ $h = 180 \text{ m}$
 $v = 10 \text{ m/seg}$ $h = 175 \text{ m}$
 $v = 20 \text{ m/seg}$ $h = 160 \text{ m}$
 $v = 30 \text{ m/seg}$ $h = 135 \text{ m}$
 $v = 40 \text{ m/seg}$ $h = 100 \text{ m}$
 $v = 50 \text{ m/seg}$ $h = 55 \text{ m}$
 $v = 60 \text{ m/seg}$ $h = 0 \text{ m}$]

22.- Una piedra se arroja hacia arriba desde la orilla de un precipicio con una velocidad de 35 m/seg. Encontrar: a) la altura máxima alcanzada, b) su velocidad final a los 2 seg, c) su altura pasados 6 seg. y d) su altura pasados 8 seg. [a) $h = 61.25 \text{ m}$ b) $v = 15 \text{ m/seg}$ c) $d = 30 \text{ m.}$ d) $d = 40 \text{ m.}$ abajo del nivel]

23.- Se arroja una pelota hacia arriba con una rapidez inicial de 30 m/seg. Al final de 6 seg, a) a qué distancia estar de su punto de partida?, b) en qué dirección se moverá?. [a) $d = 0$ (habrá llegado a su punto de partida) b) Hacia abajo.]

24.- Se arroja horizontalmente una piedra a 30 m. de un nivel de referencia, con una velocidad de 20 m/seg. Calcular: a) el alcance y b) el tiempo que tarda en tocar el suelo. [a) $x = 49 \text{ m.}$ b) $t = 2.45 \text{ seg.}$]

25.- Se dispara una bala horizontalmente a 2.5 m. del suelo. Calcular: a) el tiempo que tardaría en llegar al blanco si se encuentra a 100 m. de distancia y la bala lleva una velocidad de 750 m/seg. b) Si el blanco está a 2.5 m. del suelo, a qué distancia pegaría con respecto al blanco? [a) $t = 0.133 \text{ seg.}$ b) $x = 0.089 \text{ m.}$]

26.- Se dispara una bala horizontalmente a 2 m. del suelo con una velocidad de 800 m/seg. Calcular: a) el tiempo que tardaría en tocar el suelo y b) el alcance de la bala. [a) $t = 0.632 \text{ seg}$ b) $x = 505.6 \text{ m.}$]

27.- Un jugador de beisbol le arroja a otro una pelota con una velocidad de 20 m/seg y con un ángulo de inclinación de 30° . Calcular: a) tiempo de vuelo, b) altura máxima y c) distancia entre jugadores. [a) $T = 2 \text{ seg}$ b) $H = 5 \text{ m}$ c) $R = 34.64 \text{ m.}$]

28.- Un joven le arroja un balón a otro con un ángulo de 60° y dura en el aire 1.5 seg. Calcular: a) Vel. con que se arroja el balón, b) altura máxima y c) distancia entre jugadores. [a) $v = 8.66 \text{ m/seg}$ b) $H = 2.81 \text{ m}$ c) $R = 6.49 \text{ m.}$]

29.- Un blanco se encuentra a 96 m. y se le lanza una flecha con una vel. de 34.3 m/seg. Calcular: a) el ángulo de inclinación, b) el tiempo de vuelo y c) la altura máxima alcanzada. [a) $A = 27.36^\circ$ b) $T = 3.15 \text{ seg.}$ $H = 12.63 \text{ m}$]

BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Alvarenga Beatriz de, Máximo Antonio. FÍSICA GENERAL. Ed. Harla, S.A. México, 1976.
- 2.- Beltrán Virgilio, Braun, Eliezer. PRINCIPIOS DE FÍSICA. Ed. Trillas, S.A. México, 1970.
- 3.- Bueche, F. FUNDAMENTOS DE FÍSICA. Libros Mc. Graw-Hill de México, S.A. México, 1970.
- 4.- CIENCIAS FÍSICAS. Introducción Experimental Ed. Norma. México, 1970.
- 5.- Gran Sopena. DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO. Ed. Ramón Sopena, S.A.
- 6.- Perełman y Akov. FÍSICA RECREATIVA. Ed. M.I.R. Moscú, 1971
- 7.- Physical Science Study Committee. FÍSICA. Ed. Reverté, S.A. México, 1962.