

TIRO PARABÓLICO

Anteriormente se estudió que los objetos que se lanzan verticalmente hacia arriba o hacia abajo o que caen desde una altura a partir del reposo sufren la aceleración de la gravedad. Ahora estudiaremos el caso más general de un proyectil (cualquier objeto que se lanza al aire) que se lanza en una dirección no vertical.

El movimiento o tiro parabólico es el movimiento de un objeto describiendo su trayectoria una parábola. Un ejemplo de este tipo de tiro es cuando un jugador de fútbol golpea la pelota y esta cae al suelo.

Tiro parabólico

Es la resultante de la suma vectorial de un movimiento horizontal uniforme y de un movimiento vertical rectilíneo uniformemente variado.

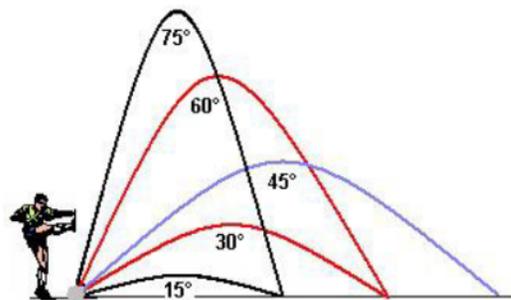


Figura 7. Trayectorias parabólicas que puede seguir un balón de fútbol después de haber sido pateado.

El tiro parabólico se puede analizar como la unión de dos movimientos:

1. *Tiro horizontal*, es la trayectoria en la proyección del eje de las x (el eje que va paralelo al suelo) describirá un *movimiento rectilíneo uniforme*.

El camino seguido es curvo; esta curva es el resultado de dos movimientos horizontales con velocidad constante y un movimiento vertical iniciado con una velocidad cero y va aumentando su velocidad en la misma proporción.

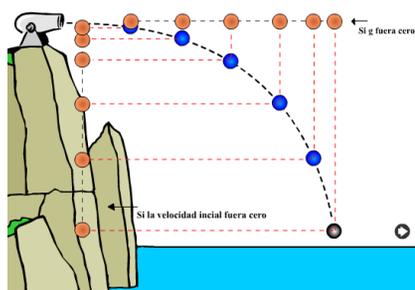


Figura 8. Trayectoria de un tiro parabólico horizontal.

2. *Tiro oblicuo*, es la trayectoria de la partícula al elevarse o caer verticalmente (en proyección sobre el eje de las y) describirá un *movimiento rectilíneo uniformemente acelerado*, donde la aceleración es la gravedad.



Figura 9. Trayectoria de un tiro parabólico oblicuo.

Lo anterior lo podemos expresar también de la siguiente manera:

TIPOS DE MOVIMIENTO PARABÓLICO

Existen diferentes tipos de movimiento parabólico dependiendo desde donde empieza o acaba el movimiento del cuerpo. Por ejemplo:

- **Movimiento parabólico completo:** el cuerpo recorre una parábola completa, empezando y acabando en el suelo.
- **Movimiento de media parábola:** el cuerpo empieza el movimiento desde cierta altura y es lanzado parabólicamente con una fuerza horizontal, en un punto que sería el punto más alto de la parábola completa ideal.
- **Otros movimientos parabólicos:** existen muchos casos particulares del movimiento parabólico, por ejemplo, el lanzamiento de una pelota desde el suelo a la terraza de una casa o el lanzamiento a canasta de un jugador de baloncesto. Siempre son tramos de una teórica parábola completa.

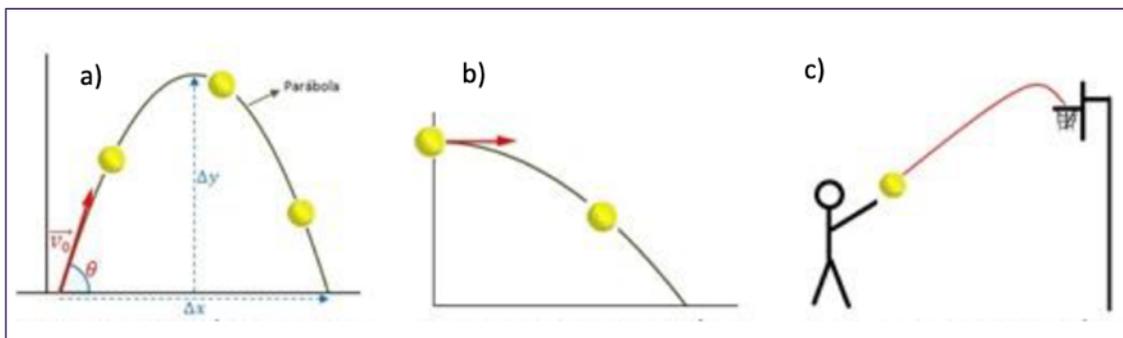


Figura 10. Tipos de movimiento parabólicos. a) Movimiento parabólico completo (oblicuo) b) Movimiento de media parábola (horizontal) c) Otros movimientos parabólicos.

Tiro parabólico horizontal de un proyectil

Estos tipos de movimientos también los estudió Galileo y estableció que el movimiento en dos dimensiones de un proyectil se puede considerar como dos movimientos independientes que ocurren simultáneamente, uno es horizontal con velocidad constante y el otro es vertical con aceleración constante (la gravedad).

Si un proyectil es lanzado horizontalmente desde una altura dada, cae con la misma aceleración hacia abajo que si se dejara caer simplemente el proyectil. El movimiento hacia abajo no es afectado por el movimiento horizontal.

Es decir, en ausencia de la fricción de aire, si un objeto se deja caer horizontalmente desde una altura h , llega al mismo tiempo que el objeto que se deja caer verticalmente desde la misma altura h , tal como se ilustra en la figura siguiente:



Figura 11. Lanzamiento de dos objetos al mismo tiempo.

También se utiliza como ejemplo una piedra que se deja caer desde el mástil de un barco que se mueve con rapidez constante. Para la persona que lo observa desde la costa, la trayectoria de la piedra que cae del barco es horizontal desde un punto estacionario con una velocidad inicial igual a la velocidad del barco. Para el caso del observador que está en el barco la piedra viaja verticalmente hacia abajo del mástil.

Cualquier objeto que se lanza horizontalmente, una vez que está en el aire no experimenta aceleración en la dirección horizontal por lo que su desplazamiento en dicha dirección es a una velocidad constante. Sin embargo, una vez en el aire, el objeto experimenta la aceleración de la gravedad. Por esta razón, mientras se desplaza horizontalmente, el proyectil experimenta la acción de la gravedad. Mientras se desplaza horizontalmente, el proyectil está en caída libre en una dirección vertical. Esto se puede comprobar dejando caer otro objeto al mismo tiempo y a la misma altura. Ambos proyectiles llegan al suelo simultáneamente, por lo tanto, los movimientos verticales son idénticos (Figura 11).

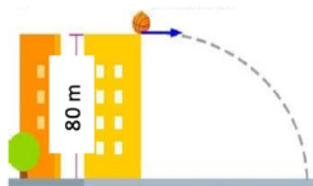
Para complementar esta información, observa el siguiente video donde se explica qué es una parábola, qué es el movimiento parabólico, sus características y ejemplos:

<https://www.youtube.com/watch?v=SAa4i9UTm24>

Ejemplo:

Desde un edificio de 80 m de altura se lanza horizontalmente un proyectil con una velocidad de 30 m/s. Determina:

- El tiempo que tarda el proyectil en llegar al suelo.
- A qué distancia de la base del edificio cae el proyectil.
- La magnitud de la velocidad cuando el proyectil choca con el suelo.



Solución:

Consideramos por separado el movimiento vertical de un proyectil y tomamos como origen del sistema de referencia el punto desde donde el proyectil se lanza al aire. Se considera la dirección positiva hacia abajo.

Utilizamos la fórmula $h = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ para calcular el tiempo de vuelo de un proyectil.

Dado que $V_0 = 0$ entonces:

$$\begin{array}{l} y_0 \\ \text{---} \\ g=9.8\text{m/s}^2 \\ \text{---} \\ y_{\square} \end{array} \quad \begin{array}{l} y_0 = 0 \\ t = 0 \\ V_{0y} = 0 \\ h = y - y_0 = 80\text{m} \\ y = 80\text{m} \\ t = ? \\ V_y = ? \end{array}$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Despejamos t^2 en la ecuación anterior para obtener:

$$t^2 = \frac{2h}{g} = \frac{2(80)m}{9.80 \text{ m/s}^2} = 4.0 \text{ segundos}$$

Respuesta a): El proyectil tarda **4.0 segundos** en llegar al suelo.

Para calcular a qué distancia de la base del edificio cae el proyectil consideramos por separado el movimiento horizontal del proyectil. Como la velocidad horizontal es constante; es decir, $V_{0x} = V_x$, entonces:

$$\begin{aligned}d &= x = V_x t \\x &= 30 \frac{m}{s} (4.0 \text{ s}) \\x &= 120 \text{ metros}\end{aligned}$$

Respuesta b): El proyectil cae a **120 metros** del edificio.

Como los componentes del vector velocidad son perpendiculares, tenemos:

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$V^2 = (30 \text{ m/s})^2 + V_y^2$$

Donde:

$$V_y = gt$$

$$V_y = \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) (4.0 \text{ s}) = 39.2 \text{ m/s}$$

$$V_y = 39 \frac{m}{s},$$

luego:

$$V^2 = \left(30 \frac{m}{s}\right)^2 + \left(39 \frac{m}{s}\right)^2 = 49.2 \text{ m/s}$$

Respuesta c): La magnitud de la velocidad cuando el proyectil choca con el suelo es de 49.2 m/s.

Tiro parabólico oblicuo de un proyectil

Si un proyectil se lanza hacia arriba con un ángulo (θ) respecto a la horizontal, (Figura 12) el vector de la velocidad inicial tiene un componente horizontal designado por V_{0x} , donde:

$$V_{0x} = V_0 \cos \theta$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \theta$$

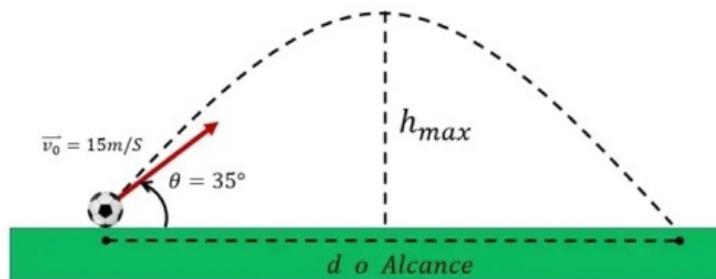


Figura 12. Trayectoria de un tiro parabólico oblicuo.

Este tipo de movimiento también se puede considerar como la combinación de dos movimientos: uno horizontal con velocidad constante y el otro como un tiro vertical con aceleración constante (la aceleración de la gravedad).

La curva que describe la trayectoria de un proyectil lanzado hacia arriba con un ángulo también es llamada parábola.

Fórmulas cinemáticas de tipo parabólico:

$$V_{oy} = (V_o)(\sin \theta)$$

$$V_{ox} = (V_o)(\cos \theta)$$

$$H_{max} = \frac{(V_o^2)(v)}{2(g)}$$

$$t_{subir} = \frac{(v_o)(v)g}{g}$$

$$t_{aire} = \frac{2(V_o)(v)}{g}$$

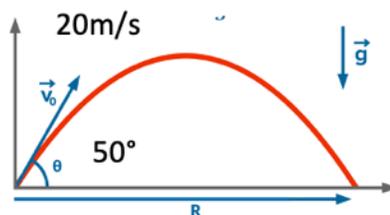
$$d.h = (V)(h)(t_{aire})$$

$$d.h = \frac{(V_o^2)(\sin 2\theta)}{g}$$

Ejemplo:

Juan lanza una pelota de beisbol con una velocidad de 20 m/s a un ángulo de 50° con la horizontal, calcula:

- El tiempo total del vuelo.
- La altura máxima que alcanza la pelota.
- El alcance de la pelota.



Solución:

$$T = \frac{2V_0 \sin \theta}{g}$$

$$T = \frac{\frac{(20)m}{s} \operatorname{sen} 50^\circ}{9.8 \text{ m/s}^2} = 3.1 \text{ s}$$

Respuesta a): El tiempo total del vuelo es de **3.1 segundos**.

$$H = \frac{(V_0 \sin \theta)^2}{2g}$$

$$H = \frac{\left[\left(20 \frac{m}{s} \right) (\sin \theta 50^\circ) \right]^2}{2 \left(9.80 \frac{m}{s} \right)^2} = 11.97 \text{ m}$$

Respuesta b): La altura máxima que alcanza la pelota es de **11.97 metros**.

$$\frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$R = \frac{\left(20 \frac{m}{s} \right)^2 \operatorname{sen} 100^\circ}{\left(9.8 \frac{m}{s} \right)^2} = 40.2 \text{ m}$$

Respuesta c): El alcance de la pelota es de **40.2 metros**.

Referencias:

Navarro, F. (2014). Física fácil para bachillerato. España. Grupo Planeta.

Cuellar Carvajal, Juan Antonio. (2020) FISICA 1. México. McGraw Hill.

GCFAprendeLibre. (2022) Movimiento parabólico | Características y ejemplos. YouTube. Recuperado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=SAa4i9UTm24>