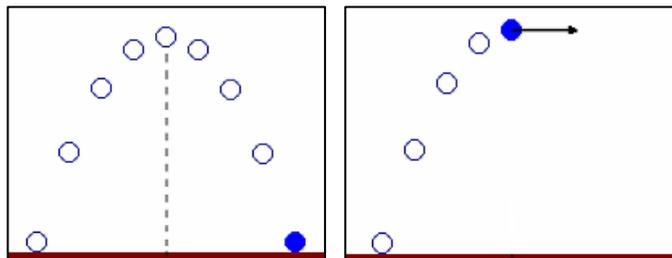


## EL TIRO OBLICUO. GENERALIZACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE GALILEO

### EXTENSIÓN DE LA HIPÓTESIS DE GALILEO AL TIRO OBLICUO

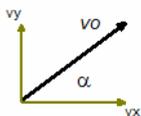
En otro documento planteamos la hipótesis de Galileo de descomposición del movimiento parabólico aplicada al tiro horizontal. Sin embargo, la mayoría de movimientos parabólicos comienzan con una velocidad oblicua, no horizontal, de tal forma que el objeto tiene una parte de movimiento ascendente y otra parte descendente.

Tal como se observa en el dibujo adjunto, un lanzamiento oblicuo que se inicie en el suelo describe una trayectoria que resulta simétrica respecto de un eje vertical. Podemos entonces considerar la segunda mitad de dicho movimiento como un tiro horizontal que se iniciaría en la posición de mayor altura del tiro oblicuo, tal como indica el segundo dibujo. Por tanto, como al lanzamiento horizontal (segunda parte del tiro oblicuo) le es aplicable la hipótesis de descomposición del movimiento, esta misma hipótesis se ha de poder aplicar para el movimiento completo, es decir, al tiro oblicuo.



Es decir, planteamos que la trayectoria de un tiro oblicuo se debería obtener componiendo las de dos movimientos independientes y perpendiculares entre sí: un movimiento horizontal uniforme y un movimiento vertical uniformemente acelerado, con aceleración igual a  $g$ .

### ECUACIONES DEL TIRO OBLICUO. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ALCANCE Y LA ALTURA MÁXIMA



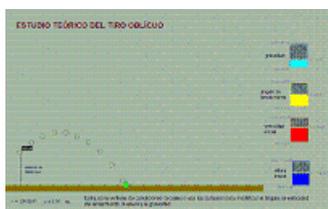
Consideramos un objeto que se lanza (para mayor sencillez desde el suelo) con una velocidad inicial oblicua  $v_0$ . Las componentes horizontal y vertical de esta velocidad inicial son:

$$v_{0x} = v_0 \cdot (\cos\alpha) \quad v_{0y} = v_0 \cdot (\sen\alpha)$$

Aplicando la hipótesis de Galileo a este caso, consideramos el tiro parabólico como composición de un movimiento horizontal uniforme de velocidad  $v_0 \cdot (\cos\alpha)$  y un movimiento vertical uniformemente acelerado, con una velocidad inicial  $v_0 \cdot (\sen\alpha)$  y una aceleración descendente de intensidad  $g$ . En consecuencia, las ecuaciones de dichos movimientos horizontal y vertical son:

$$x = v_0 \cdot (\cos\alpha) \cdot t \quad y = v_0 \cdot (\sen\alpha) \cdot t - (\frac{1}{2}) g \cdot t^2$$

Combinando estas ecuaciones se obtienen expresiones particulares para obtener magnitudes como el alcance máximo horizontal, la altura máxima del lanzamiento, la duración del tiro o la velocidad del impacto final en el suelo. Lógicamente, el valor de cada una de estas magnitudes depende de variables como el ángulo del lanzamiento, la velocidad inicial y la gravedad.

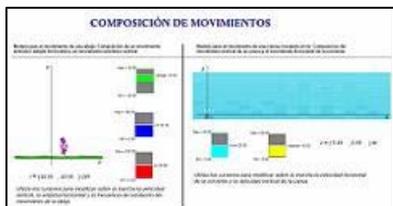


Para repasar la hipótesis acerca de la influencia de estas variables y practicar el tiro oblicuo, hemos diseñado una animación interactiva *Modellus* que representa paso a paso un lanzamiento horizontal. Se pueden modificar las todas variables que determinan sus condiciones iniciales y, sobre la marcha, la gravedad, comprobando cómo afectan las modificaciones al movimiento, el alcance y la altura máxima.

## APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS A OTRAS SITUACIONES

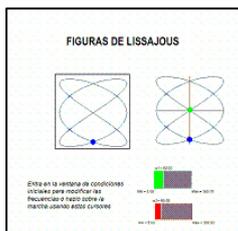
La estrategia que utilizó Galileo para estudiar los movimientos de proyectiles, consistente en descomponer movimientos complejos en otros más simples y la posibilidad inversa de obtener movimientos complicados mediante la composición de otros más sencillos resulta de gran utilidad en otras muchas situaciones.

Esta estrategia es aplicable a otros movimientos complejos y a si lo hemos hecho en una animación Modellus interactiva



diseñada para simular el movimiento de una persona que cruza a nado un río (considerando que dicho movimiento se puede obtener como resultado de la composición del movimiento de la corriente y el del nadador) y el movimiento de movimiento volador de un insecto (obtenido como composición de un movimiento de zigzag horizontal, armónico simple, y un movimiento de traslación vertical). La animación permite modificar sobre la marcha características de ambos movimientos.

Una aplicación de la composición de movimientos es la que resulta al componer dos movimientos de oscilación perpendiculares. Si los movimientos son armónicos simples y los valores de sus frecuencias guardan entre sí una relación



numérica sencilla ( $1/2$ ,  $2/3$ ,...) la trayectoria resultante es una figura cerrada y simétrica (se llaman figuras de Lissajous) como se puede comprobar manipulando una animación *Modellus* interactiva del Departamento. Estas figuras se pueden generar experimentalmente en el laboratorio usando un osciloscopio (funciona de modo similar a las pantallas de TV y de los ordenadores, donde los electrones barren la superficie sometidos a tensiones que les generan movimientos oscilantes).

## EXPERIMENTOS SOBRE EL TIRO OBLICUO



En otro trabajo experimental sobre el tiro horizontal estudiamos el movimiento parabólico realizado por una pelotita desde su lanzamiento hasta que impacta con el suelo. Como se ha explicado antes, el movimiento de la pelotita desde que rebota en el suelo, se puede considerar un tiro oblicuo con velocidad inicial igual a la del rebote. Para establecer las ecuaciones de este tiro oblicuo aprovechamos algunos resultados del otro trabajo (concretamente, el valor de la velocidad horizontal) y los alumnos miden otras magnitudes como la altura máxima y la duración. Finalmente estudian la correspondencia entre el movimiento de una pelotita virtual (y de sus componentes horizontal y vertical) que responde a esas ecuaciones y el movimiento real filmado.



Hacemos otro análisis similar del movimiento del balón en un tiro libre de baloncesto. Las dimensiones de la pista son utilizadas por los alumnos como datos de referencia para construir el modelo físico-matemático de la animación (es decir, para escribir las ecuaciones del movimiento del balón) y consiguen obtener una buena concordancia entre el movimiento del balón real y el de la simulación. La animación resultante además proporciona la posición y la velocidad del balón en cualquier instante.

Los experimentos, materiales y referencias citadas en este documento están disponibles en la página dedicada al estudio del Tiro oblicuo (generalización de la hipótesis de Galileo) (<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Tiro-horizontal/Tiro-oblicuo.htm>) dentro de la página Web del Departamento de Física y Química del IES "Leonardo Da Vinci" de Alicante (<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/fisica.htm>)