

TIRO PARABÓLICO

TONZAR, Victoria

Instituto Educativo Privado N° 1, Resistencia, Chaco

Profesor Guía: MAZZAFERRO, Americo Wilfredo

Es un milagro que la curiosidad sobreviva a la educación reglada. “Albert Einstein”

La educación debe mejorar y favorecer el desarrollo de los procesos formativos, es decir fomentar en cada alumno sus propios conocimientos, capacidades, actitudes, y comportamientos, de manera tal que pueda construir su manera de pensar, de sentir, de ser y actuar, y que estas nos permitan interactuar con la experimentación, el contraste y la reformulación.

A través de la implementación de estrategias y de experiencias sencillas se debe tratar de instaurar en nosotros como alumnos la curiosidad por acceder a propuestas didácticas comprensibles, alternativas para manejar algunos temas que de otra manera no resultan significativos de manera tal que los experimentos permitan a los alumnos reconocer algunos temas de la física, y debatir sobre ellos en un ámbito áulico, para realizar un análisis, sobre determinadas propuestas que involucren activamente a los alumnos.

Este proyecto tiene por objeto utilizar aspectos de la física mecánica para demostrar a través de un tema inherente a la misma y una explicación sencilla, que se puede hacer de ésta disciplina una parte práctica como alternativa para estimular las potencialidades de los alumnos teniendo en cuenta la necesidad de predominio de una didáctica fundamental sobre una didáctica instrumental, donde el alumno debe ser partícipe activo y no pasivo en el proceso enseñanza-aprendizaje.

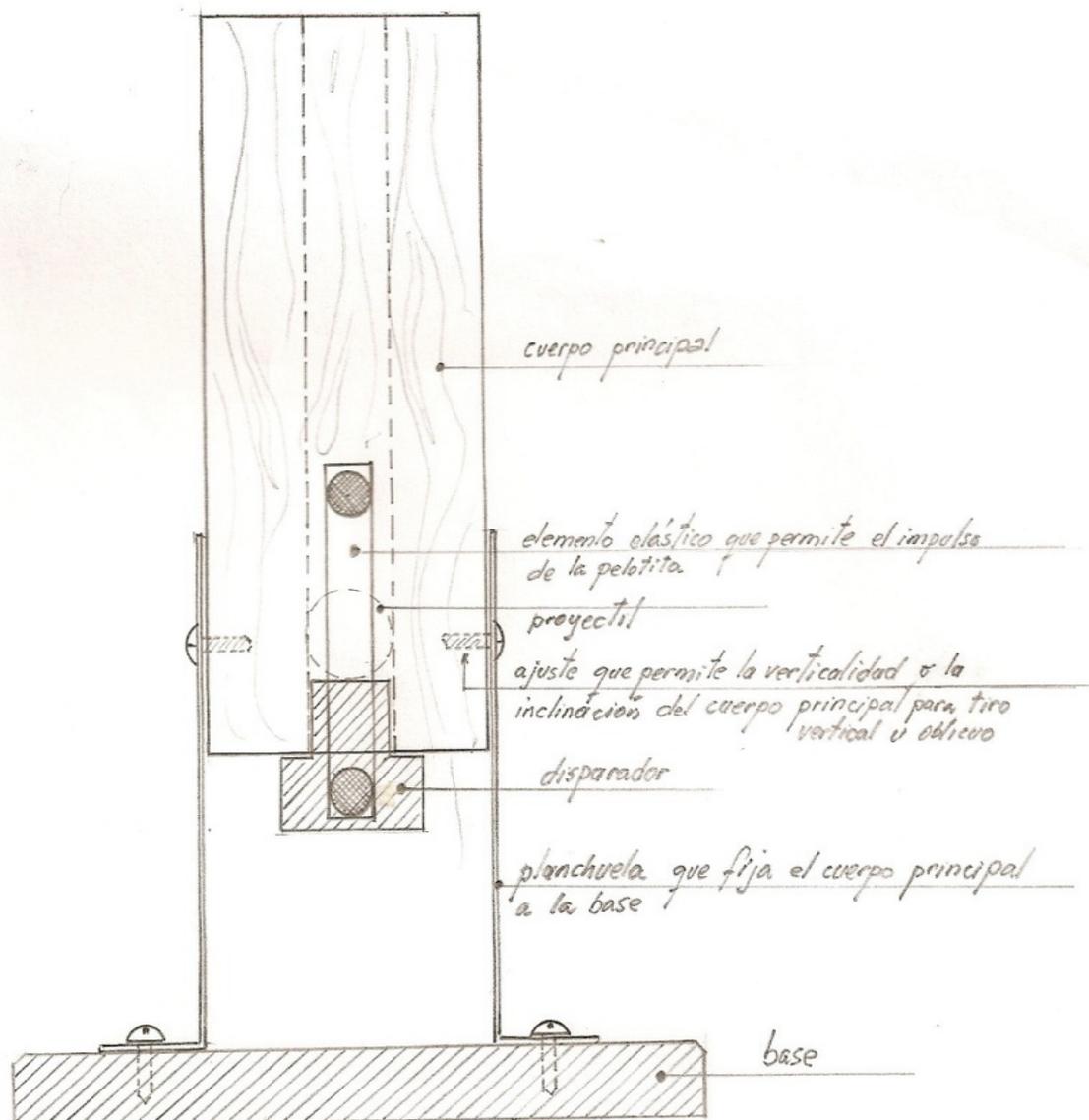
Además deben permitir a través de procedimientos sencillos desarrollar la abstracción, como también los sentidos, la reflexión, etc., con el propósito de centrar la propuesta dentro del contexto del aula, concretar estos proyectos de trabajo sobre problemas cotidianos tales como la caída de un objeto que tiramos por la ventana, la velocidad con la que impulsamos la pelota de vóley en la clase de gimnasia, el salto desde un trampolín a la piletta de natación, el tiro de jabalina, y muchos otros ejemplos que coinciden con nuestras rutinas diarias.

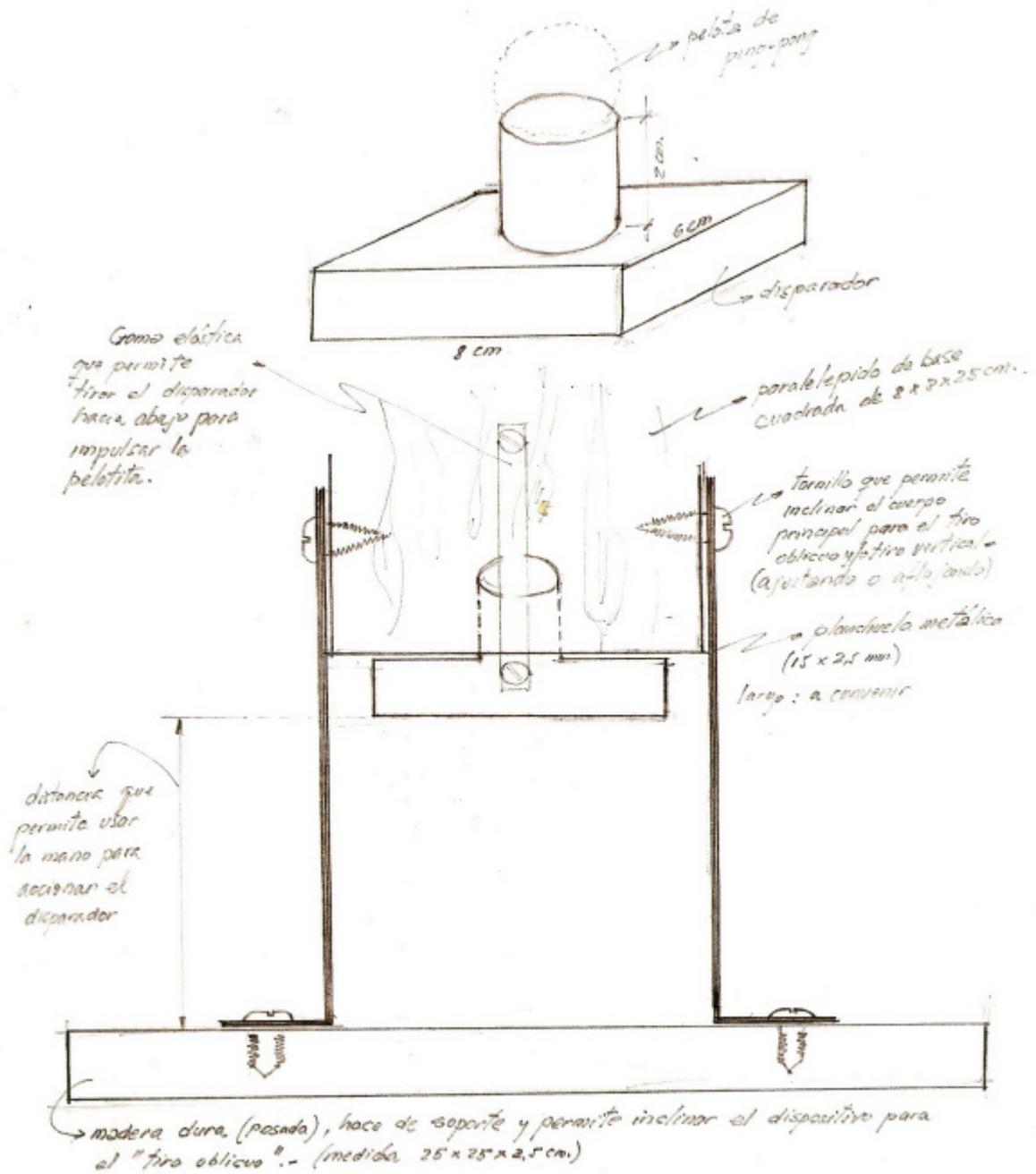
Las formas de indagarlos, contrastarlos, comunicarlos y el proceso de experimentación que ponemos en práctica debe facilitarnos a docentes y alumnos, expulsar el aprendizaje academicista en el colegio y centrarse en nuestros intereses, expectativas, lenguajes y perspectivas a futuro que permitan las relaciones con las exigencias de la sociedad actual.

Sólo éste tipo de vivencias pueden sernos útiles y ayudarnos a comprender nuestra realidad cotidiana, puede atraparnos y entusiasrnos más allá del lugar donde nos toca vivir y sumergirnos en intercambios de experiencias con otros pares utilizando contenidos áulicos.

Interesada en la pregunta formulada por el Instituto Balseiro-Comisión de Difusión, y teniendo presente el contenido de la física mecánica que involucra el movimiento del tiro oblicuo y vertical, me propuse proyectar y fabricar un dispositivo que permite comprobar experimentalmente los datos obtenidos en el cálculo teórico o viceversa, realizar la experiencia y con los datos obtenidos buscar los resultados. El dispositivo proyectado y construido responde a los esquemas que muestran de distintos ángulos la forma y el nombre de cada componente y creo, sin temor a equivocarme, poder usarlo en el aula o en su defecto en el patio cerrado de la Institución donde curso el segundo año del Polimodal.

- La intención es poder calcular la altura que alcanza la pelotita en un determinado tiempo, la altura máxima y el tiempo, en el tiro vertical, la velocidad vertical, horizontal y el alcance del proyectil en el tiro oblicuo.
- Para determinar el valor de la velocidad inicial se propondrá utilizar estimativamente y convencionalmente el usado en el disparo de un proyectil de un arma de fuego, previo intento del cálculo de tiempo ($t=V_i/g$) empleado, utilizando el largo del cuerpo principal del dispositivo.
- Teniendo conocimiento de este fenómeno (tiro vertical, oblicuo y caída libre) a través de contenidos desarrollados en Física I, pensé en proyectar un dispositivo sencillo, que pueda ser utilizado en el aula y permita confirmar la teoría y experimentación dada en la clase.
- Se trata de un paralelepípedo de sección cuadrada, de 8 cm x 8 cm, su largo de 25 cm, de madera blanda como su cuerpo principal, un orificio central de sección circular, trayectoria que recorrerá una esfera de material plástico o madera de una densidad tal que pueda desplazarse sin mucha dificultad en el aire. Un disparador, también de madera, de menor sección que el cuerpo principal y fijado a este, mediante una banda elástica que se acciona con la mano y al soltarlo golpee la pelotita para que salga disparada.
- El cuerpo principal y disparador (ver esquema) se fijará a una base también de madera pero más pesada y mediante una planchuela metálica, con dos tornillos o mariposas que permita usar el dispositivo puesto verticalmente u oblicuamente.
- El orificio de escape será de un diámetro levemente superior al de la pelotita para evitar, en parte, el rozamiento con las paredes del orificio durante la trayectoria dentro del cuerpo principal.





Para lograr una mejor comprensión de las experiencias que se llevarán a cabo haré una breve introducción que nos acerque a los conceptos básicos de la cinemática.

La cinemática es la parte de la física que se ocupa del estudio de las leyes que describen el movimiento de los cuerpos independientemente de las causas que lo producen. Es decir, que la cinemática se ocupa de la descripción geométrica del movimiento sin preocuparse de las fuerzas que pueden provocarlo ó modificarlo.

Es muy fácil decir que un cuerpo está quieto o en movimiento. Más difícil es explicar lo que se quiere decir con eso. El reposo y el movimiento son conceptos relativos ya que dependen del cuerpo que se tome como referencia. Por ejemplo, en un autobús estamos en reposo respecto a otro pasajero que va en el mismo vehículo ya que la distancia entre nosotros no varía, pero estamos en movimiento respecto al semáforo que acabamos de pasar con el micro. Entonces podemos

representar el movimiento si elegimos un sistema de coordenadas fijo, y éste está fijo solamente porque postulamos que es así.

La velocidad (la tasa de variación de la posición) se define como el cociente entre la distancia recorrida y el intervalo de tiempo. La aceleración se define como la tasa de variación de la velocidad: el cambio de la velocidad dividido entre el tiempo en que se produce. Por tanto, la aceleración tiene magnitud, dirección y sentido, y se mide en unidades del tipo metros por segundo cada segundo.

Existen varios tipos especiales de movimiento:

- En primer lugar, aquél en el que la velocidad es constante. En el caso más sencillo, la velocidad podría ser nula, y la posición no cambiaría en el intervalo de tiempo considerado. Si la velocidad es constante, la velocidad media (o promedio) es igual a la velocidad en cualquier instante determinado. Si el tiempo t se mide con un reloj que se pone en marcha con $t = 0$, la distancia (d) recorrida a velocidad constante (v) será igual al producto de la velocidad por el tiempo: $d = vt$.

- Otro tipo especial de movimiento es aquél en el que se mantiene constante la aceleración. Como la velocidad varía, hay que definir la velocidad instantánea, que es la velocidad en un instante determinado. En el caso de una aceleración (a) constante, considerando una velocidad inicial nula ($v = 0$ en $t = 0$), la velocidad instantánea transcurrido el tiempo t será $v = a.t$. La distancia recorrida durante ese tiempo será $d = \frac{1}{2} at^2$. Esta ecuación muestra una característica importante: la distancia depende del cuadrado del tiempo (t^2 , o “ t al cuadrado”, es la forma breve de escribir $t \times t$). Un objeto pesado que cae libremente (sin influencia de la fricción del aire) cerca de la superficie de la Tierra experimenta una aceleración constante. En este caso, la aceleración es aproximadamente de 9,8 m/s cada segundo. Al final del primer segundo, una pelota habría caído 4,9m y tendría una velocidad de 9,8 m/s. Al final del siguiente segundo, la pelota habría caído 19,6m y tendría una velocidad de 19,6 m/s.

- Otro tipo de movimiento sencillo y uno de los que se analizará con nuestro experimento, que se observa frecuentemente es el de una pelota que se lanza al aire formando un ángulo con la horizontal. Debido a la gravedad, la pelota experimenta una aceleración constante dirigida hacia abajo que primero reduce la velocidad vertical hacia arriba que tenía al principio y después aumenta su velocidad hacia abajo mientras cae hacia el suelo. Entretanto, la componente horizontal de la velocidad inicial permanece constante (si se prescinde de la resistencia del aire), lo que hace que la pelota se desplace a velocidad constante en dirección horizontal hasta que alcanza el suelo. Las componentes vertical y horizontal del movimiento son independientes, y se pueden analizar por separado. La trayectoria de la pelota resulta ser una parábola.

Como alumna me encuentro en el deber de hacer hincapié desde mi perspectiva adolescente, en la utilidad de las imágenes visuales y su influencia en la comprensión de la teoría. Para ello representaremos gráficamente los temas a explicarse a continuación.

CAÍDA LIBRE

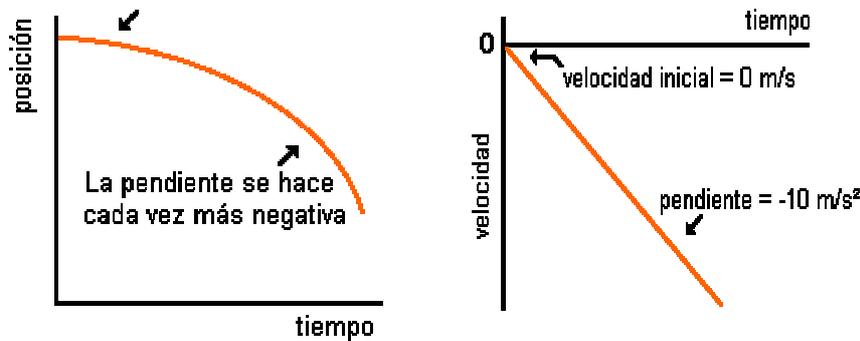
Se llama caída libre al movimiento que se debe únicamente a la influencia de la gravedad.

- Todos los cuerpos con este tipo de movimiento tienen una aceleración dirigida hacia abajo cuyo valor depende del lugar en el que se encuentren. En la Tierra este valor es de aproximadamente 9,8 m/s², es decir que los cuerpos dejados en caída libre aumentan su velocidad (hacia abajo) en 9,8 m/s cada segundo .
- En la caída libre no se tiene en cuenta la resistencia del aire. Para explicar este último punto en el aula podemos dejar caer dos hojas de papel. La primera tal cual como está y la segunda hecha un bollo de papel. Aquí se puede observar claramente que a pesar que la aceleración

es constante el rozamiento del aire influye si es mayor la superficie con la que está en contacto

La aceleración a la que se ve sometido un cuerpo en caída libre es tan importante en la Física que recibe el nombre especial de **aceleración de la gravedad** y se representa mediante la letra **g**.

Las gráficas **posición-tiempo** y **velocidad-tiempo** pueden proporcionarnos mucha información sobre las características de un movimiento. Para la caída libre, la gráfica posición-tiempo tiene la siguiente apariencia:



Recordemos que en las gráficas posición-tiempo, una curva indica la existencia de aceleración.

La pendiente cada vez más negativa nos indica que la velocidad del cuerpo es cada vez más negativa, es decir cada vez mayor pero dirigida hacia abajo. Esto significa que el movimiento se va haciendo más rápido a medida que transcurre el tiempo.

Observemos la gráfica v-t de la derecha que corresponde a un movimiento de caída libre.

Su forma recta nos indica que la aceleración es constante, es decir que la variación de la velocidad en intervalos regulares de tiempo es constante.

| | | | | | | |
|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| tiempo (s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| velocidad (m/s) | 0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50 |

La pendiente negativa nos indica que la aceleración es negativa. En la tabla anterior podemos ver que la variación de la velocidad a intervalos de un segundo es siempre la misma (-10 m/s). Esto quiere decir que la aceleración para cualquiera de los intervalos de tiempo es:

$$g = -10 \text{ m/s} / 1 \text{ s} = -10 \text{ m/s/s} = -10 \text{ m/s}^2$$

Ecuaciones para la caída libre

Recordemos las ecuaciones generales del movimiento:

$$e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$v_f = v_0 + a \cdot t$$

Podemos adaptar estas ecuaciones para el movimiento de caída libre. Si suponemos que dejamos caer un cuerpo (en lugar de lanzarlo), entonces su velocidad inicial será cero y por tanto el primer sumando de cada una de las ecuaciones anteriores también será cero, y podemos eliminarlos:

$$e = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$v_f = a \cdot t$$

Por otro lado, en una caída libre la posición que ocupa el cuerpo en un instante es precisamente su altura **h** en ese momento.

Como hemos quedado en llamar **g** a la aceleración que experimenta un cuerpo en caída libre, podemos expresar las ecuaciones así:

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

$$v_f = g \cdot t$$

TIRO PARABÓLICO

Cuando lanzamos un cuerpo con una velocidad que forma un ángulo con la horizontal, éste describe una trayectoria parabólica. En su obra *Dialogo sobre los Sistemas del Mundo (1633)*, Galileo Galilei expone que el movimiento de un proyectil puede considerarse el resultado de componer dos movimientos simultáneos e independientes entre sí: uno, horizontal y uniforme; otro, vertical y uniformemente variado.

Comprendamos el punto de salida como origen de coordenadas. Si la velocidad de salida es v_0 y el ángulo es α , tendremos que las componentes de la velocidad inicial son:

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

Y las propiedades cinemáticas del cuerpo en cualquier instante (t) de su movimiento son:

| Magnitud | Componente x | Componente y |
|-------------|----------------|---------------------------|
| aceleración | $a_x = 0$ | $a_y = -g$ |
| velocidad | $v_x = v_{0x}$ | $v_y = v_{0y} - gt$ |
| posición | $x = v_{0x}t$ | $y = v_{0y}t - (1/2)gt^2$ |

Observamos que la aceleración no depende del tiempo (es constante), pero la velocidad y la posición del móvil sí que dependen del tiempo. En el tiro parabólico son de interés la **altura máxima** y el **alcance** (o desplazamiento horizontal) conseguido.

La **altura máxima** se alcanza cuando la componente vertical v_y de la velocidad se hace cero. Como $v_y = v_{0y} - gt$, se alcanzará la altura máxima cuando $t = v_{0y}/g$. Utilizando estos datos llegaremos fácilmente a la conclusión de que el valor de la altura máxima es:

$$y_{\max} = v_{0y}^2 / 2g = (v_0^2 / 2g) \sin^2 \alpha$$

El móvil estará avanzando horizontalmente a la velocidad constante v_{0x} durante el *tiempo de vuelo*, que será $2t$ (siendo t el tiempo en alcanzar la altura máxima) ya que el móvil tarda lo mismo en subir que en bajar, por lo tanto el **alcance** es:

$$\text{alcance} = x_{\max} = (v_0^2 / g) \sin 2\alpha$$

TIRO HORIZONTAL

El movimiento que realiza un móvil que es una rama de parábola, se llama **tiro horizontal**. Si la velocidad de salida es v_0 , tendremos que las componentes de la velocidad inicial son:

$$v_{0x} = v_0$$

$$v_{0y} = 0$$

Como ocurría en el caso del tiro parabólico, este movimiento puede considerarse el resultado de componer dos movimientos simultáneos e independientes entre sí: uno, horizontal y uniforme; otro, vertical y uniformemente acelerado. Las propiedades cinemáticas del cuerpo en cualquier instante (t) de su movimiento son:

| Magnitud | Componente x | Componente y |
|-------------|--------------|---------------------|
| Aceleración | $a_x = 0$ | $a_y = -g$ |
| velocidad | $v_x = v_0$ | $v_y = -gt$ |
| posición | $x = v_0 t$ | $y = h - (1/2)gt^2$ |

Lo que nos queda es demostrar como aplicaremos la teoría anteriormente observada a nuestro proyecto áulico realizado con materiales caseros. Para ello haremos de cuenta que nuestro experimento es un cañón manual y plantearemos un problema para dicho elemento.

Un cañón lanza un proyectil formando un ángulo de 60° con la horizontal. Demostrar que si logramos hallar el tiempo que tarda el proyectil en su trayectoria desde que sale del dispositivo hasta que llega al suelo (o al nivel donde estaba situado el dispositivo), podremos obtener la altura máxima (H) y la distancia (horizontal) la cual se desplaza nuestro proyectil.

Lo primero que haremos es tomar el tiempo desde que el proyectil sale del dispositivo hasta que toca tierra. Una vez hecho esto y teniendo en cuenta que cuando el cuerpo llega a la altura máxima, la velocidad vertical es nula:

$$v'' = v''^0 - g \times t = 0 \text{ de aquí } t = v''^0 / g$$

Una vez hecho esto ya conocemos la velocidad vertical inicial entonces reemplazamos este valor en la fórmula de H, y obtenemos: $H = v''^0 \times (v''^0 / g) - \frac{1}{2} g \times (v''^0 / g)^2 = (v''^0)^2 / g - \frac{1}{2} (v''^0)^2 / g = \frac{1}{2} (v''^0)^2 / g$. De aquí obtenemos:

$$H = (v''^0)^2 / 2g \gg \text{ el resultado es la altura máxima que alcanza el proyectil.}$$

Llamamos alcance a la distancia horizontal recorrida por el proyectil desde que sale del cañón hasta que toca el suelo. Como el movimiento horizontal es uniforme, si llamamos d al alcance, será: $d = v^0 \times t$

Para obtener v^0 aplicamos la fórmula: $v^0 = v''^0 / \sin \alpha$. Para poder calcular d es necesario conocer t, tiempo que tarda el proyectil en llegar al suelo.

Pero la parábola es una figura geométrica, de modo que si el proyectil tarda $(v^0 \cdot \sin \alpha / g)$ en alcanzar su altura máxima, tardará otro tanto en volver al suelo. De modo que:

$$v^0 = v''^0 / \cos \alpha$$

$$d = v^0 \times 2t = v^0 \times \cos \alpha \times [(2v^0 \times \sin \alpha) / g] = (2 v^0^2 \times \sin \alpha \times \cos \alpha) / g .$$

t=tiempo d=distancia v^0 =velocidad inicial v''^0 =velocidad inicial horizontal
 v''^0 =velocidad inicial vertical

g= aceleración de la gravedad

Cabe aclarar que durante el transcurso de este trabajo, la experiencia relatada anteriormente, así como la teoría antes presentada fue parte de un trabajo diario durante las clases de física. Con éxito hemos confirmado nuestra hipótesis acerca de la fluidez y la dinámica que se llevó a cabo en dichas clases. El interés no solo por parte de alumnos, sino la sencillez y practicidad para el desarrollo de estos temas por parte del docente nos lleva a la grata confirmación que la propuesta de trabajo se refiere a componentes formales y básicos presentes en todo proceso de innovación educativa. En definitiva, este trabajo pretende orientar las posibles iniciativas de innovación educativa que los docentes se propongan iniciar en sus respectivas aulas. La propuesta se ofrece como un esquema formal de tareas que pueden aplicarse a contenidos de innovación muy diversos desde las formas de evaluar en el aula hasta los modos de participación de los estudiantes. Es recomendable que las propuestas de cambio que elijamos se encuentren dentro de las posibilidades de cada uno, no importa que parezcan tan pequeñas como un granito de arena, lo importante es aprender a comprometerse a innovar, y comprobar que toda transformación por pequeña que parezca, si es auténtica, implica modificaciones en todos los aspectos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alberto P. Maiztegui. Introducción a la física
- Fidalgo, J. A. *Física general*. Barcelona: Editorial Reverté, 1995. Obra de carácter general, con tratamiento de la mecánica adecuado para público no especializado.
- Landau, L. D. y Lifshitz, E. M. *Mecánica*. En "Curso de física teórica". Tomo 1. Barcelona: Editorial Reverté, 2ª ed., 1991. Obra clásica para el estudio de la mecánica; requiere conocimientos previos.
- "Física." Microsoft® Encarta® 2007 [DVD]. Microsoft Corporation, 2006.
- Landau, L. D. y Lifshitz, E. M. *Mecánica*. En "Curso de física teórica". Tomo 1. Barcelona: Editorial Reverté, 2ª ed., 1991. Obra clásica para el estudio de la mecánica; requiere conocimientos previos.
- Einstein, Albert y otros. *La evolución de la física*. Barcelona: Salvat Editores, 1988. Libro clásico de ciencia, muy representativo. Expone sin tecnicismos el desarrollo de la física clásica, sin olvidar la teoría de la relatividad. Ángel I. Pérez Gómez y otros. "Los retos de la escuela en la sociedad de la información."

Vínculos Web

- <http://www.educaplus.org/movi/index.html>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cinematica/cinematica.htm>
- <http://www.ucm.es/info/rsef/>