

TÍTULO DEL PROYECTO “El cohete fosfórico”

Colegio Cumbres School

1.- Datos del proyecto y centro

Título del proyecto: “El Cohete fosfórico”

Centro y curso: CUMBRES SCHOOL, 1º Bach

Nombres de los estudiantes: Manuel Pinach Villar
 Miguel Barbero Igualada.
 Borja Gallardo Peydro.
 Miguel Pellicer Navarro.

Nombre del tutor o tutora: Vicente Verdú Quirant.

2.-Objetivos y Resumen del proyecto

Al realizar este proyecto nos hemos planteado el objetivo de estudiar el lanzamiento de proyectiles de forma cuantitativa.

A partir del ángulo de lanzamiento, la distancia horizontal recorrida y la masa del proyectil, calcularemos las velocidades del proyectil y de los gases expulsados.

Primero explicaremos como construir el proyectil y los materiales usados. A continuación lo dispararemos desde la plataforma diseñada a tal efecto y mediremos la distancia que alcanza el proyectil.

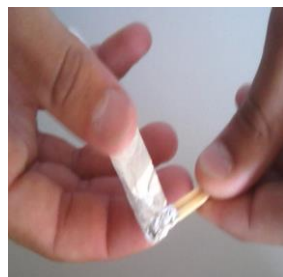
3.-Montaje de la experiencia o dispositivo

Material: Cerillas o fósforos. Papel aluminio. Mechero de cocina. Planchas de madera. Tornillos. Bisagras. Transportador de ángulos. Cinta métrica. Balanza digital. Cronómetro.

Para la realización de este experimento necesitaremos dos cerillas, una porción de papel de aluminio de 1 cm · 10 cm que envuelve a las cabezas de las cerillas, un mechero, y una base de lanzamiento regulada. Lo esencial es la combustión del fósforo que contienen las cerillas para producir los gases que van a producir la acción capaz de impulsar las cerillas, que son nuestro proyectil.



En primer lugar envolvemos la cabeza de las cerillas con el papel de aluminio a presión, dejando un pequeño orificio en la parte posterior para que a la hora de la combustión del fósforo, los gases resultantes salgan de forma más uniforme y controlada.





Observemos con un poco más de detalle la plataforma de lanzamiento:



4.-Funcionamiento del dispositivo (demostración, experimento o aplicación tecnológica)

Para empezar el experimento: medimos la masa del proyectil, lo colocamos en la lanzadera, medimos el ángulo de inclinación del lanzamiento y la altura inicial del cohete. Encendemos el cohete mediante el empleo de un mechero de cocina y medimos, la distancia horizontal alcanzada, el tiempo empleado en recorrer esa distancia y por último la masa final del proyectil. Veamos estos pasos con detalle:

Para empezar el experimento colocamos el cohete en la base de lanzamiento. Acto seguido, mediante el empleo de un mechero de cocina dotado de una llama de unos 10 cm procedemos a encender los fósforos del cohete. Un integrante del grupo experimental tomará el tiempo, otro de ellos medirá la distancia horizontal recorrida por el proyectil.

Recordad que conocemos previamente el ángulo de inclinación, la altura inicial y la masa del proyectil.

Tened en cuenta que si modificamos el ángulo de inclinación de la plataforma de lanzamiento las componentes de la velocidad inicial del proyectil cambiarán de dirección.

También es importante tener en cuenta que como la construcción del cohete depende de las cerillas y el papel de aluminio, es muy difícil que las trayectorias seguidas por los proyectiles sean iguales, siempre, pero si son muy parecidas.

5.- Análisis de las observaciones cualitativas y /o de las medidas experimentales

La Tercera ley de Newton o también conocida como principio de acción y reacción determina que cuando nuestro cohete se enciende, expulsa gases a gran velocidad y produce una reacción en el cohete que es el impulso que recibe y le permite volar.

Como el cohete parte del reposo, la cantidad de movimiento inicial del sistema es nula. A partir de las medidas de cada lanzamiento se puede determinar la velocidad de reacción del proyectil y la velocidad de acción con la que salen despedidos los gases.

La Tercera ley de Newton o también conocida como principio de acción y reacción enuncia:

«A toda acción corresponde siempre una reacción, que es igual y contraria.»

Cuando nuestro cohete se enciende, expulsa gases por el orificio a gran velocidad. Ésta es justamente la “acción”. La “reacción” es el impulso que recibe el cohete y le permite volar.

Como los gases son de combustión interna, no actúa ninguna fuerza externa por lo que se cumple el principio de conservación de la cantidad de movimiento del sistema cohete+gases:

$$\textit{“cantidad de movimiento inicial = cantidad de movimiento final”}$$

Como el cohete parte del reposo, la cantidad de movimiento inicial es nula.

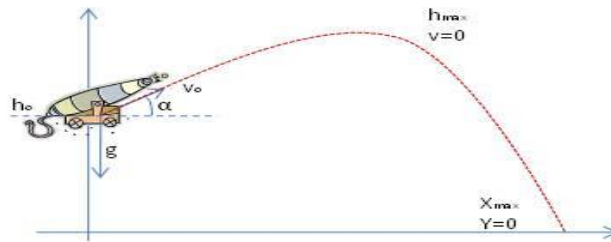
Medimos la masa del proyectil inicial (m_c), lo colocamos en la lanzadera, medimos el ángulo de inclinación del lanzamiento (α), propulsamos el cohete, medimos la distancia horizontal alcanzada (x), medimos el tiempo

empleado y por último medimos la masa del proyectil final (m'_c) para poder averiguar la masa de los gases desprendidos ($m_g = m_c - m'_c$).

A continuación procederemos al cálculo de la velocidad de reacción del proyectil (v_0), desarrollando y resolviendo las siguientes ecuaciones del lanzamiento parabólico:

Aceleración: $\vec{a} = -g \vec{j}$; Velocidad: $\vec{v} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} + (v_0 \cdot \text{sen} \alpha - g \cdot t) \cdot \vec{j}$; Posición:

$\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \cdot \vec{i} + \left(h_0 + v_0 \cdot \text{sen} \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \right) \cdot \vec{j}$. Siendo g la aceleración de la gravedad cuyo valor será de $9,8 \text{ m/s}^2$.



Como conocemos x , α y t despejando en v_0 de la ecuación $x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$ se obtiene que:

$$v_0 = \frac{x}{\cos \alpha \cdot t}$$

Por último calcularemos la velocidad de acción con la que salen despedidos los gases:

En el momento del lanzamiento se cumplirá $\vec{p}_{\text{final}} = \vec{p}_{\text{inicial}} = 0$ de donde sacaremos la expresión para hallar la v_g , ya que $m'_c \cdot \vec{u} + m_g \cdot (-\vec{u}) = m_c \cdot \vec{u} = 0$

El vector unitario \vec{u} indica que todas las masas inician el movimiento en la misma dirección :

$$v_g = \frac{m'_c \cdot v_0}{m_g}$$

Con la misma dirección que v_0 pero en sentido contrario y mucho mayor, en módulo, que la del proyectil ya que de otro modo no saldría disparado el proyectil.

Veamos un ejemplo concreto:

Medidas previas al lanzamiento:

Masa del cohete inicial $\rightarrow m_c = 0,24 \text{ g} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Kg}$.

Ángulo de inclinación de la plataforma de lanzamiento $\rightarrow \alpha = 47^\circ$.

Altura inicial del proyectil en el momento del lanzamiento $\rightarrow h_0 = 62 \text{ cm} = 0,62 \text{ m}$.

Medidas posteriores al lanzamiento:

Masa del proyectil final $\rightarrow m'_c = 0,15 \text{ g} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$.

Masa de los gases desprendidos $\rightarrow m_g = m_c - m'_c = 2,4 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-4} = 9 \cdot 10^{-5}$

Distancia horizontal alcanzada $\rightarrow x = 1,74 \text{ m}$.

Tiempo empleado en el vuelo $\rightarrow t = 0,59 \text{ s}$.

CÁLCULOS: Velocidad de reacción del proyectil $\rightarrow v_0 = \frac{x}{\cos \alpha \cdot t} = \frac{1,74}{\cos(47^\circ) \cdot 0,59}$

$$V_0 = 4,32 \text{ m/s}$$

Velocidad de acción con la que salen despedidos los gases $\rightarrow v_g = \frac{m'_c \cdot v_0}{m_g} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 4,32}{9 \cdot 10^{-5}}$

$$V_g = 7.2 \text{ m/s}$$

6.- Conclusiones

En conclusión, la construcción de pequeños cohetes con fósforos permite estudiar la conservación de la cantidad de movimiento y junto a las ecuaciones del tiro parabólico deducir; La velocidad de lanzamiento de nuestro cohete fosfórico y la velocidad de retroceso de los gases que impulsan el cohete.

Por lo tanto con nuestro proyecto (gracias a la aplicación de los principios físicos de: “Acción y reacción” o “principio de conservación de la cantidad de movimiento del sistema”) hemos conseguido calcular:

La velocidad de lanzamiento de nuestro cohete fosfórico:

$$V_0 = 4.32 \text{ m/s} = 15.55 \text{ km/h}$$

La velocidad de retroceso de los gases al producirse la combustión:

$$V_g = 7.2 \text{ m/s} = 25.92 \text{ km/h}$$

Este proyecto también serviría para el estudio cualitativo y cuantitativo del tiro parabólico, pudiendo hallar:

- La altura máxima alcanzada, sabiendo que en ese punto la componente vertical de la velocidad será nula;

$$v_y = (v_0 \cdot \text{sen} \alpha - g \cdot t) \xrightarrow{v_y=0} t = \frac{v_0 \cdot \text{sen} \alpha}{g} \Rightarrow h_{\max} = h_0 + v_0 \cdot \text{sen} \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Para nuestro caso particular:

$$t = \frac{v_0 \cdot \text{sen} \alpha}{g} = \frac{4.32 \cdot \text{sen}(47^\circ)}{9.8} = 0.32 \text{ s} \Rightarrow$$

$$h_{\max} = h_0 + v_0 \cdot \text{sen} \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 0.62 + 4.32 \cdot \text{sen}(47^\circ) \cdot 0.32 - 4.9 \cdot 0.32^2$$

$$H_{\max} = 1.13 \text{ m}$$

- El tiempo invertido por el cohete en recorrer toda su trayectoria parabólica y comparar el resultado con el obtenido con el cronómetro;

Partiendo de la ecuación $y = h_0 + v_0 \cdot \text{sen} \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ y sabiendo que en el momento de impacto con el suelo y

= 0, el tiempo se calcula resolviendo la ecuación de segundo grado, $h_0 + v_0 \cdot \text{sen} \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 0$.

Para nuestro caso particular:

La ecuación que debemos resolver es; $-4.9 t^2 + 4.32 \cdot \text{sen}(47^\circ) \cdot t + 0.62 = 0 \rightarrow -4.9 t^2 + 3.16 t + 0.62 = 0$.

Cuyos resultados son $t_1 = 0.8 \text{ s}$ y $t_2 = -0.16 \text{ s}$ (solución no válida)

La diferencia entre este resultado de 0,8 s y el que hemos medido con el cronómetro 0,59 s se debe principalmente al tiempo de reacción del cronometrador y de los errores sucesivos producidos en las aproximaciones decimales realizadas.

Recordad que tomamos $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

Esta forma de propulsarse en base al principio de conservación de la cantidad de movimiento se observa en muchas otras situaciones como la huida de un calamar mediante el empleo de un mecanismo de evasión basado en la expulsión de un chorro de agua y su tinta, el movimiento de los astronautas en el espacio con una mochila de gases, etc.





7.- Bibliografía y agradecimientos

La idea surgió al visualizar en YouTube varios videos; <http://www.youtube.com/watch?v=i0G-y2ybDyE>, <http://www.youtube.com/watch?v=kJZrSS87Vug>, <http://www.youtube.com/watch?v=azwzWz9EUi0>, <http://www.youtube.com/watch?v=azwzWz9EUi0>, <http://www.youtube.com/watch?v=B75sc8Zwng4>, sobre cómo construir un cohete y nos gustó el de las cerillas por su simplicidad y plasticidad para poder explicar diferentes principios que habíamos estudiado en clase.

Para el contenido teórico y las expresiones físicas utilizadas nos hemos basado en el programa impartido en nuestro centro en la asignatura de Física-Química de 1º de bachillerato, especialmente :

Autores: SALVADOR LORENTE, ELOY ENCISO, JUAN QUILEZ, FERNANDO SENDRA, FERNANDO CHORRO.

Editorial: ECIR.

Año: 2003.

Autores: JOSÉ IGNACIO DEL BARRIO, JULIO PUENTE, AURELI CAAMAÑO, MONTSERRAT AGUSTENCH.

Editorial: SM

Año: 2008.

Gracias a todo el profesorado de nuestro centro "CUMBRES SCHOOL" por habernos prestado tiempo de sus asignaturas para poder preparar este proyecto, y por su paciencia.