

Lanzamiento de una varilla girando en el aire

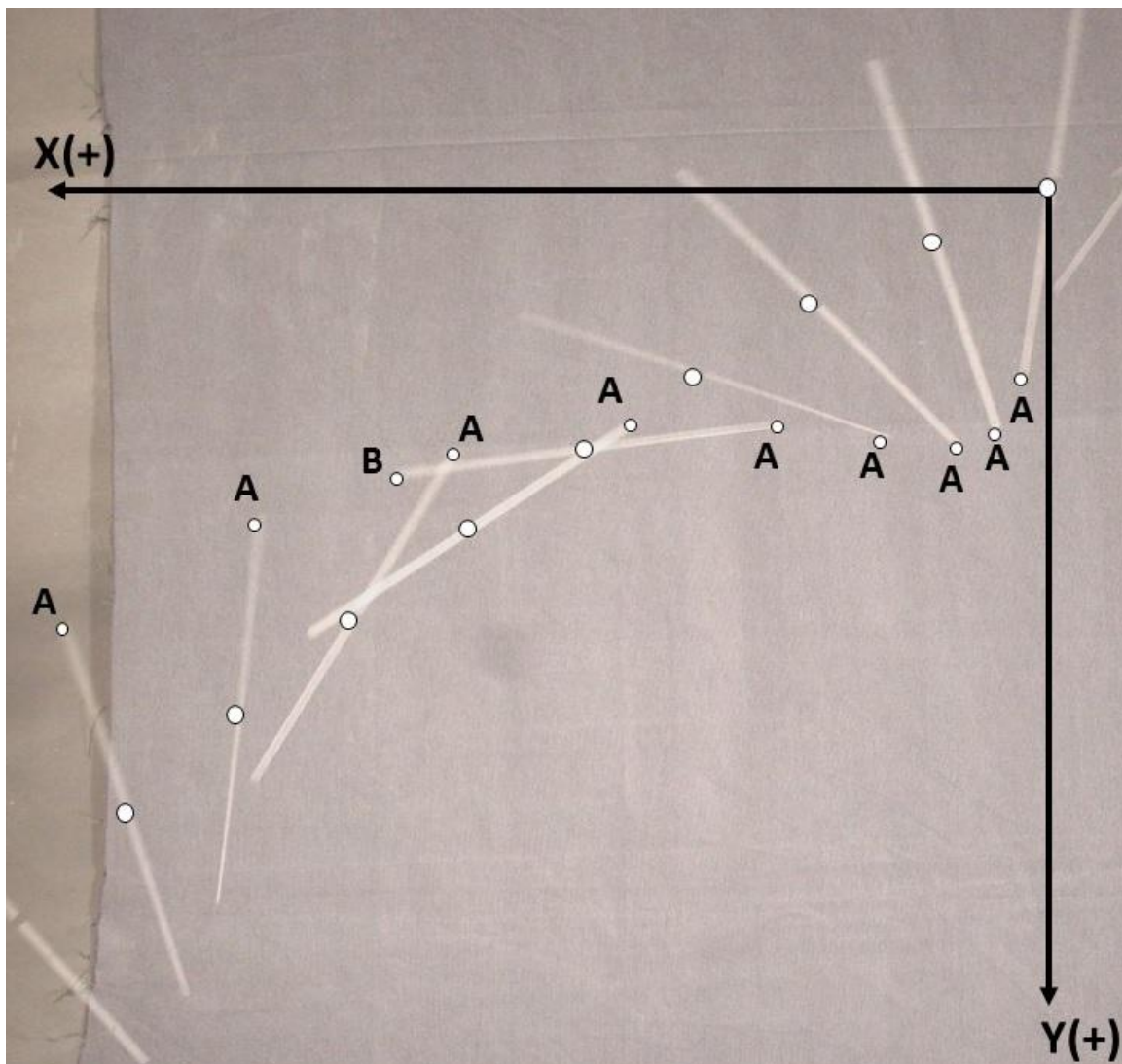
Introducción

En textos de Física General y desde hace bastante tiempo aparecieron fotografías estroboscópicas para exponer de forma clara algunos conceptos de Física. Un buen ejemplo de lo dicho es el texto en español Mecánica Calor y Sonido de F.W. Sears del año 1960, publicado por la Editorial Aguilar. El movimiento en el aire de un bastón puede verse en la fotografía del texto Física de R.M.Eisberg y L.S.Lerner de la Editorial Mc.Graw Hill, en la página 434 del volumen 1.

En el experimento aquí expuesto se ha fotografiado el movimiento de giro en el aire de una varilla y a partir de dicha fotografía se comprueba, dentro de la aproximación inherente a un movimiento experimental que:

- El centro de masas de la varilla describe una parábola
- La velocidad angular de giro de la varilla es constante

Además se deduce una ecuación para el movimiento de un extremo de la varilla y también se comparan los valores experimentales con los proporcionados por la ecuación.



Fotografía 1. Esta fotografía estroboscópica corresponde a una varilla de $L=33$ cm de longitud lanzada girando en el aire, en sentido contrario al de las agujas de un reloj. El intervalo temporal entre cada dos posiciones consecutivas de la varilla es $74/3$ milisegundos. El centro de masas de la varilla se ha resaltado colocando un círculo blanco sobre él en cada posición y se han añadido unos ejes coordenados, siendo el de abscisas horizontal y positivo de derecha a izquierda y el de ordenadas vertical y positivo en sentido descendente. El extremo de la varilla se ha señalado con la letra A en las distintas posiciones, pero en una de ellas al otro extremo se ha puesto una B para que sea esa posición la que permita medir la longitud de la varilla en la fotocopia. El factor de escala es el cociente $L=33,0$ cm dividido por L_{AB} que deberá medirse en la fotocopia.

Obtención de los datos y su interpretación.

- 1) En la fotografía 1 la longitud real de la varilla es $L=33,0$ cm. A partir de esa fotografía hacemos tres fotocopias. En una de ellas medimos las coordenadas del centro de masas y las convertimos en valores reales, teniendo en cuenta el factor de escala que es el cociente entre $L=33,0$ cm y la longitud en centímetros de la varilla en la fotocopia, L_{AB} . Los resultados se recogen en la tabla I.

Tabla I

Factor de escala. $f = \frac{33,0 \text{ cm reales}}{\text{longitud en la fotocopia}}$

X_{CM}/cm fotocopia								
Y_{CM}/cm fotocopia								
X_{CM}/m reales								
Y_{CM}/m reales								
Tiempo/s								

Represente en una gráfica los valores de abscisas reales frente al tiempo. En otra gráfica los valores de ordenadas reales frente al tiempo. Si la gráfica tiempo –abscisas es una línea recta y la gráfica tiempo-ordenadas es una parábola, el movimiento del centro de masas es una parábola en el plano (X,Y), tal como establecen las leyes de la Física.

Calcule los valores de las velocidades: $v_x(\text{constante})$ e $v_y(\text{inicial})$ y el de la aceleración de la gravedad g. Compare ese valor con el valor estándar de 9,8 m/s y determine el error cometido.

$v_x =$; $v_y(\text{inicial}) =$ g =

- 2) En la segunda fotocopia trace ejes verticales en cada posición del centro de masas, y prolongue la longitud de la varilla, tal como se indica en la fotografía 2. Por claridad en esta fotografía solamente se ha realizado el proceso para tres posiciones del centro de masas, pero el lector debe realizarlo con todas las posiciones del mismo. Mida los ángulos β_i y anote sus valores en la Tabla II. Mida el ángulo inicial de la varilla

Represente los ángulos girados (eje Y) frente al tiempo (eje X). Halle la ecuación del movimiento:

$$\alpha = \omega t =$$

3) A la vista de los resultados, haga un breve comentario si lo obtenido está de acuerdo con la teoría dentro de los inevitables errores experimentales y la realización del experimento en el aire en lugar del vacío.

Deducción de la ecuación de la trayectoria del extremo A de la varilla.

En la Figura 1 se han representado las posiciones de la varilla en el tiempo $t=0$ y en un instante t posterior. Designaremos al ángulo que forma la varilla en cada instante con el eje Y, por β_t

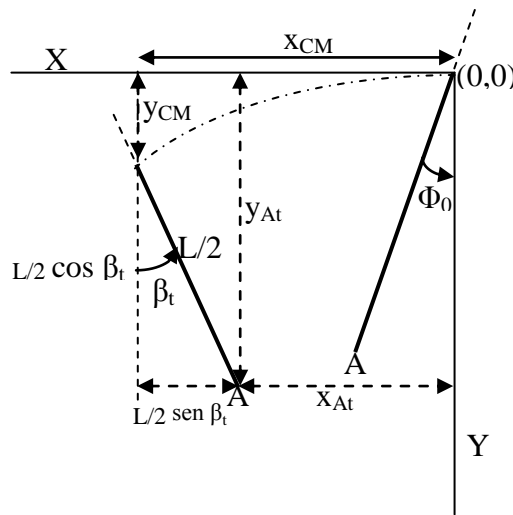


Figura 1.- En el tiempo $t=0$, las coordenadas del centro de masas son $(0,0)$ y en el instante t $(x_{CM}; y_{CM})$. La varilla forma en este instante un ángulo β_t con el eje Y.

Para el movimiento del centro de masas escribimos las ecuaciones:

$$x_{CM} = v_x t \quad ; \quad y_{CM} = v_y t + \frac{1}{2} g t^2$$

Sean x_{At} e y_{At} las coordenadas del extremo A de la varilla en el en el instante t y observando la Figura1 se deduce que:

$$x_{CM} = \frac{L}{2} \text{sen } \beta_t + x_{At} \Rightarrow x_{At} = x_{CM} - \frac{L}{2} \text{sen } \beta_t$$

$$y_{CM} + \frac{L}{2} \text{cos } \beta_t = y_{At}$$

Como $\alpha = \beta + \Phi_0$ y $\alpha = \omega t$ se deduce que $\beta = \omega t - \Phi_0$

$$x_{At} = v_x t - \frac{L}{2} \sin \beta_t = v_x t - \frac{L}{2} \sin (\omega t - \Phi_0) \quad (1)$$

$$y_{At} = v_y t + \frac{1}{2} g t^2 + \frac{L}{2} \cos \beta_t = v_y t + \frac{1}{2} g t^2 + \frac{L}{2} \cos (\omega t - \Phi_0) \quad (2)$$

4) En la tercera fotocopia medimos los valores de las posiciones del extremo A de la varilla y las convertimos en valores reales utilizando el correspondiente factor de escala. Damos valores al tiempo en las ecuaciones (1) y (2) y recogemos todos los datos en la Tabla III.

Tabla III

Tiempo/s								
x_{At} /cm en la fotocopia								
y_{At} /cm en la fotocopia								
x_{At} /m en la realidad								
y_{At} /m en la realidad								
Ángulos β en la fotocopia								
x_{At} /m dados por la ecuación (1)								
x_{At} /m dados por la ecuación (2)								

4.1) Represente en una misma gráfica los valores de la abscisa x_{At} experimental y los proporcionados por la ecuación (1).

4.2) Represente en una misma gráfica los valores de la abscisa y_{At} experimental y los proporcionados por la ecuación (2).