

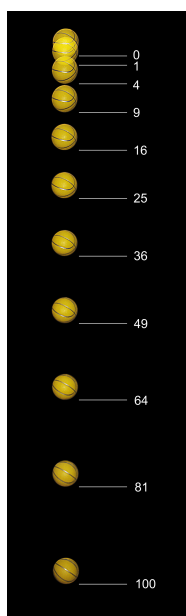
Caída libre

(exp. id 20200902-I-VI)

Un experimento propuesto por
Giovanni Organtini – Sapienza Università di Roma & INFN-Sez. di Roma, Italia

Introducción

Este experimento está dedicado al estudio de la caída libre. Vamos a investigar cómo caen los cuerpos dentro del campo gravitatorio de la Tierra y, en particular, nos interesa estudiar la combinación de movimientos en dos dimensiones y cuantificar la aceleración debida a la gravedad g .



Para realizar este experimento haremos uso de un smartphone equipado con PHYPHOX, una App gratuita disponible para los principales sistemas operativos en sus correspondientes tiendas de aplicaciones. Entre las posibles mediciones que se pueden realizar con PHYPHOX está la opción de registrar el tiempo transcurrido entre dos eventos acústicos. Esta medición se realiza mediante el “Cronómetro Acústico”. Comienza a medir el tiempo cuando detecta, a través del micrófono, un sonido cuya intensidad es superior a un umbral definido por el usuario; el cronómetro se detiene cuando se detecta un segundo evento. Por los libros de texto de física sabemos que los cuerpos en un campo gravitatorio uniforme siguen una trayectoria parabólica cuya ecuación de movimiento, en un marco de referencia bidimensional con un eje horizontal x y un eje vertical y , es

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_x(0)t \\ y(t) = y_0 + v_y(0)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

con $g \simeq 9,8 \text{ m/s}^2$. La posición y la velocidad iniciales del cuerpo son (x_0, y_0) y $(v_x(0), v_y(0))$, respectivamente. De acuerdo con estas ecuaciones, el movimiento a lo largo de las direcciones x y y están completamente desacoplados y son independientes entre sí. A continuación suponemos ignorar lo anterior y diseñamos un experimento para aprenderlo por experiencia.

Materiales y requisitos

1. Un smartphone con PHYPHOX instalado.
2. Algunas monedas de diferentes valores.
3. Una cinta métrica o una regla.
4. Soportes de diferentes alturas, con superficies planas (mesas, sillas, cajas, etc.).
5. Un palo (un bolígrafo, un tenedor, una regla, etc.).
6. Una balanza.

7. Una computadora para registrar los datos y elaborar gráficos, y opcionalmente para analizar y ajustar los datos.

Uso del cronómetro acústico _____

Puede encontrar el cronómetro acústico entre las herramientas de la sección TIMERS de PHYPHOX. El umbral, expresado en unidades arbitrarias, debe ajustarse de forma que esté por encima del ruido ambiental. El retardo mínimo evita que se produzca un disparo de parada para tiempos inferiores al indicado. Puede ser útil para evitar que los ecos del primer evento, por ejemplo, lleguen al micrófono antes de que se produzca el segundo. Normalmente los valores por defecto están bien.

Al hacer clic en el pequeño triángulo pulsante situado en la parte superior derecha de la pantalla (botón de inicio), el smartphone comienza a escuchar. Aplauda para poner en marcha el cronómetro. Vuelve a dar una palmada para detenerlo y leer el tiempo transcurrido entre eventos en la pantalla.

La pestaña SECUENCIA muestra hasta cinco veces. Después del primer evento, se registra el tiempo para el segundo y los cuatro eventos sucesivos en secuencia. El tiempo n muestra el tiempo transcurrido entre el evento $n - 1$ y el evento n . En la vista PARALELA se muestran los mismos tiempos con respecto al suceso inicial 0. En la pestaña MANY puede ver un gráfico del tiempo registrado para cada evento desde el inicio del experimento junto con algunas estadísticas. Pruebe a aplaudir varias veces para ver lo que ocurre en cada vista.

Puedes detener el experimento con el botón de pausa y tirar las mediciones pulsando el icono de la papelera.

Tiempo de caída en función de la velocidad inicial _____

Coloca una moneda cerca del borde de una mesa. Ponga en marcha el cronómetro acústico y golpee la moneda con la punta del palo. El ruido debe ser suficiente para poner en marcha el cronómetro. Si no es así, ajusta su umbral.

Cuando la moneda toque el suelo, el ruido debe detener el cronómetro. Lee el tiempo transcurrido t_i y anótalo. Mide la distancia horizontal x_i alcanzada por la moneda con respecto a la mesa y anótala.

Repita el experimento al menos cinco veces, dando a la moneda diferentes velocidades. La velocidad inicial v_i de la moneda debe estar relacionada con x_i : cuanto mayor sea x_i , mayor será v_i .

Haz un gráfico de t_i vs x_i y saca una conclusión. ¿Depende el tiempo de vuelo de la velocidad inicial de la moneda? Si no es así, ¿cuánto tarda en caer? Expresa adecuadamente las medidas.

Tiempo de caída en función de la altura _____

Repita el experimento con la moneda partiendo del borde de objetos de diferentes alturas h_i . Para cada altura toma unas cuantas mediciones, y luego promedialas.

Haz un gráfico de t_i vs h_i . ¿Depende el tiempo de vuelo de h ? ¿Cómo? Intenta hacer un gráfico de t_i^2 en función de h . ¿Es el gráfico coherente con las expectativas?

Ajuste los datos experimentales con una línea recta y obtenga los parámetros. Comprueba si son coherentes con las expectativas.

Tiempo de caída en función de la masa _____

Repita el experimento anterior con monedas de distinto peso. Estima los parámetros de la recta y haz un gráfico de la pendiente en función de la masa de la moneda, medida con una balanza. ¿Depende el tiempo de vuelo de la masa?

Observaciones generales _____

Intente siempre estimar correctamente las incertidumbres de cada medición. ¿Puede detectar alguna fuente de error sistemático? ¿Puede estimar su tamaño?

Antes de iniciar cualquier serie de mediciones, haga algunas pruebas para entrenar su capacidad de realizar las operaciones sin problemas. Anote las mediciones de forma ordenada y completa (indicando valores, incertidumbres y unidades). Utiliza adecuadamente las tablas y los gráficos.

Para el docente

(exp. id 20200902-I-v1)

1. Una forma sencilla de tratar los datos es registrarlos en una hoja de cálculo de Google. A nivel universitario, sería apropiado guardar los datos en archivos de texto, y recuperar los archivos a través de scripts de python para trazar y ajustar.
2. Compruebe que los ecos no interfieren en la medición. Los ecos pueden provocar la parada del contador, si son lo suficientemente intensos. Para evaluar sus efectos, ponga a cero el retardo del cronómetro acústico y, a continuación, produzca el sonido de disparo. Si los ecos son importantes, el cronómetro se detiene antes de que la moneda toque el suelo. Anote el tiempo registrado en pocos experimentos y fije un retardo t_d lo suficientemente alto como para evitar los ecos. A continuación, dado que $h = \frac{1}{2}gt^2$, fijar la altura mínima de la moneda como $\frac{k}{2}gt_d^2$ con $1 < k < 2$.
3. Este experimento ha sido probado con éxito en la Sapienza Università di Roma, curso de física de 1st, 2020.

Objetivos, nivel de despliegue y duración

1. Objetivo principal: Disfrutar y practicar en experimentos empíricos.
2. Objetivo principal: Obtener datos que puedan trazarse y ajustarse, sin necesidad de muchos análisis.
3. Objetivo secundario: Introducción a los métodos de experimentación del hardware digital.
4. Adecuado para: bachillerato; primer año de ciencias de la universidad; primer año de física. En el primer año de ciencias de la escuela secundaria y la universidad, el análisis de datos puede ser relativamente sencillo. Para estimar la pendiente de un modelo lineal $y = \alpha x + \beta$, se sugiere calcular todos los cocientes posibles de $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ y tomar la media. Del mismo modo, el intercepto se puede obtener calculando la media de $y - \alpha x$.
5. Duración: 2 ó 3 horas de adquisición de datos, + 1 hora de trazado de datos, + redacción de un breve informe.

Para profundizar online

Deja opiniones, sugerencias, comentarios y noticias sobre el uso de este recurso en el canal correspondiente a este experimento dentro del espacio de trabajo de Slack “smartphysicslab.slack.com”. Los profesores pueden solicitar su registro en la plataforma a través del formulario de la *página de inicio* de smartphysicslab.org, y obtener la invitación para registrarse en Slack y ser incluidos en la *lista de correo* de smartphysicslab.