

# Guía 2: Estimación de la aceleración de la gravedad - Regresión lineal

## Parte 2: Determinación de $g$ a partir de una experiencia de caída libre

Cátedra: Prof. Laura Morales - Depto. Física, FCEyN, UBA.

### Introducción

Una forma alternativa de determinar la aceleración gravitatoria es a partir de experiencias de caída libre. En esta práctica aprovecharemos la aplicación gratuita para celulares Phyphox que utiliza varios sensores integrados en teléfonos inteligentes. Phyphox está disponible en Play Store para celulares con sistema operativo Android y en App Store para iPhones y iPads.

### Actividades

En esta experiencia proponemos medir la duración de un proceso de caída libre utilizando la herramienta *Cronómetro acústico* de Phyphox. **Antes de realizar las mediciones recomendamos que se familiaricen con el uso de este instrumento** (ver Apéndice).

En el video [https://youtu.be/zRGh9\\_a1J7s](https://youtu.be/zRGh9_a1J7s) se detalla el procedimiento que seguiremos en esta práctica. El experimento consiste en dejar caer un objeto desde una altura  $h$  y medir el intervalo de tiempo  $t$  que transcurre desde el instante en que se deja caer el objeto hasta el momento que impacta contra el suelo.

Para medir el intervalo de tiempo entre dos eventos con el *Cronómetro acústico* serán necesarios dos disparadores sonoros bien definidos:

1. **Sonido A:** indica el comienzo de la caída libre.
2. **Sonido B:** señala el instante de tiempo que el objeto alcanza el suelo.

### Detalle del experimento

Necesitarán un objeto (por ejemplo, una moneda) que se dejará caer sin velocidad inicial. Será indispensable identificar el comienzo del experimento con un sonido claro y bien definido. Nuestra sugerencia es colocar la moneda sobre la hoja de un cuchillo y, tomando el cuchillo por el mango, golpear horizontalmente el cuchillo contra el marco de una puerta (**sonido A**). La moneda caerá hasta alcanzar el suelo o alguna superficie metálica que producirá un sonido bien definido (**sonido B**). Así, el cronómetro acústico medirá el tiempo  $t$  transcurrido entre ambos eventos (intervalo de tiempo definido por los **sonidos A** y **B**). Recuerden que además del intervalo de tiempo, también deberán medir la distancia  $h$  recorrida por el objeto.

Para esta práctica podrán realizar la experiencia sugerida en el video, o bien adaptarla al material que tengan disponible en sus casas.

## Mediciones

1. Calibración del *Cronómetro acústico*: Realizar varias pruebas para confirmar que la detección del tiempo está dentro de los límites acústicos que espera detectar y que dicho intervalo de tiempo medido sea lo más confiable posible (ver Apéndice).
2. Para un único valor de  $h$  medir 25 veces el tiempo de caída libre y analizar estadísticamente los valores obtenidos. Obtenga el número de mediciones  $N_{op}$  que sería necesario hacer para que el error estadístico sea igual al error instrumental.
3. Definir las alturas  $h$  para las cuales realizará las mediciones. Considere 7 alturas diferentes como mínimo teniendo en cuenta las recomendaciones que se indican abajo.
4. Medir la altura  $h$  recorrida por el objeto. Puede utilizar una regla, cinta métrica o un objeto de dimensiones conocidas para usar como patrón de distancia (por ejemplo, una hoja A4).
5. Para cada altura, medir el intervalo de tiempo  $t$  que transcurre desde el instante en que se deja caer el objeto (definido por el **sonido A**) hasta que impacta contra el suelo (señalado por el **sonido B**).

**Observación:** En función del resultado obtenido al estimar  $N_{op}$ , evalúe si es posible realizar ese número de mediciones para cada altura. En caso contrario, mida el tiempo  $t$  de caída libre 10 veces ( $N = 10$ ) para cada valor de  $h$  y calcule el promedio.

## Recomendaciones

- Asegúrese que la altura mínima  $h_{min}$  sea al menos 10 veces mayor a las dimensiones del objeto que arroje. Además se recomienda que  $h_{min} > 30$  cm.
- La diferencia entre alturas consecutivas debe ser mayor a 15 cm. Recomendamos una separación de  $\approx 25$  cm.
- Coloque el celular cerca del lugar donde se produce el **sonido A** que inicia el cronómetro.
- Si se sube a una escalera o silla para abarcar un mayor rango de alturas, hágalo con mucho cuidado. Si utiliza una silla, que no sea plegable o móvil. Recuerde que lo primero es su seguridad. Cuide su celular.
- Si fuera posible sugerimos que cada integrante tome su serie de datos para diferentes alturas.

## Análisis

1. Discuta cuáles son las incertezas involucradas en el proceso de medición. Asigne una incerteza a la distancia y al tiempo. Se recomienda estimar la incerteza para las alturas en función de la repetitividad del sitio donde se golpea el cuchillo.

- Las variables del experimento son altura y tiempo. Realice un gráfico de ellas (con sus incertezas) y discuta sobre la relación funcional que espera que sigan las mismas.
- Obtenga el valor de  $g$  a partir de una regresión lineal de  $h$  vs.  $t^2$  (o  $t^2$  vs.  $h$ ). Justificar que variable se coloca en el eje  $y$ . Recuerde que en este caso, como el cuerpo está sometido a una caída libre, la relación funcional entre  $h$  y  $t$  es

$$h = \frac{1}{2}gt^2. \tag{1}$$

El cuerpo describe un movimiento rectilíneo uniformemente variado MRUV, donde la aceleración es  $g$  (aceleración de la gravedad) y la velocidad inicial es nula. Para repasar sobre este tema puede consultar el capítulo 2 (Sec. 2.5) de la referencia [1].

- Compare el resultado obtenido con un valor de referencia y con el obtenido en la Guía 2 (parte 1). Si su resultado es distinguible del valor de referencia, ¿qué factores experimentales cree que podrían haber desviado el valor obtenido del valor esperado? ¿Cómo podría mejorar el diseño del experimento?

## Apéndice

Phyphox fue desarrollado por el 2º Instituto de Física de RWTH Aachen University. Pyp-

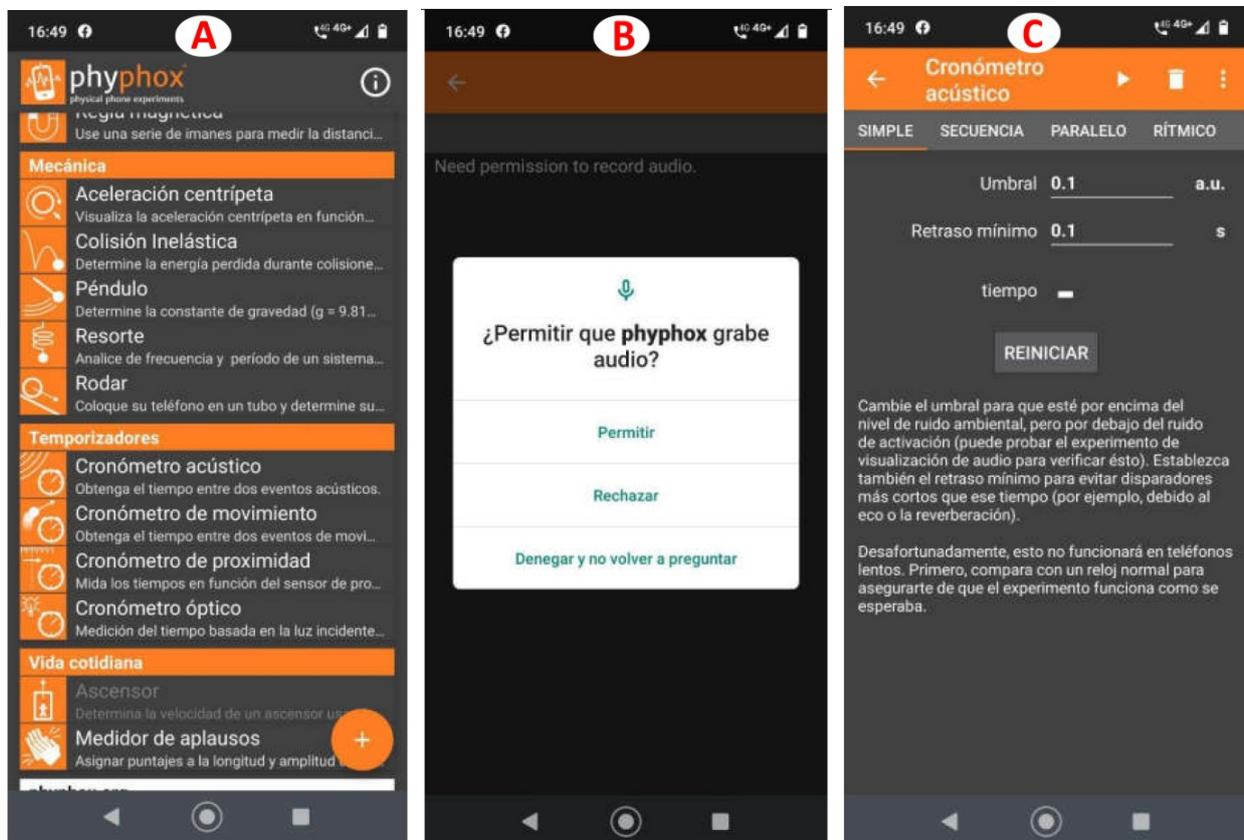


Figura 1: (A) Menú de Phyphox; (B) Habilitación a grabar sonido; (C) Menú del cronómetro acústico.

Phyphox, abreviatura de “experimentos de física con teléfono móvil” (*physical phone experiments*),

utiliza varios sensores integrados en teléfonos inteligentes modernos (acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, sensores de presión) como base para una amplia gama de mediciones experimentales.

En esta práctica utilizaremos la herramienta *Cronómetro acústico* siguiendo los pasos que se describen a continuación.

- Acceder al menú **Temporizadores** (Fig. 1.A) y seleccionar la herramienta **Cronómetro acústico**. En este paso autorizamos a Phyphox a grabar sonido (Fig. 1.B).
- Apretando del botón *Play* (Fig. 1.C) el programa empieza a contar el tiempo que transcurre entre dos eventos acústicos consecutivos.
- Estos sonidos deben ser más altos que el ruido ambiental. Recuerde que puede ajustar los valores de **Umbral** para calibrar que tan alta se espera que sea la intensidad del evento acústico y así cancelar el ruido ambiente.
- También puede ajustar el parámetro **Retraso mínimo** para evitar que el detector vea afectada su medida por efectos de eco o reverberación. Recuerde que el valor del retraso mínimo debe ser siempre menor que el tiempo que queremos medir.

## Referencias

- [1] F. Sears, M. Zemansky, R. Freedman, H. Young, *Física Universitaria*, Vol. 1, 12 ed., PEARSON EDUCACIÓN, México (2009).