

## 2 Cálculo de la aceleración en la caída libre

La caída libre que se estudia es la de un objeto que está inicialmente colgado de un hilo a una altura determinada del suelo. Se mide el tiempo que pasa entre el sonido del clic de las tijeras al cortar el hilo y el ruido del clonc del objeto al chocar contra el suelo. La ecuación de la posición en función del tiempo del movimiento uniformemente acelerado de caída permitirá calcular la aceleración de la gravedad.

La idea del experimento es de R. Wisman y K. Forinash (2013), que son los autores de la app Audiotime +,

### Aplicaciones y material a utilizar

Para medir el tiempo de caída utilizaremos la aplicación Ciencia Móvil - **AudioTime+**, que es capaz de gravar el tiempo entre sonidos con gran precisión.

Ciencia Móvil - <b>AudioTime+</b>	
	
<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.iu.s.audiotimeplus">https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.iu.s.audiotimeplus</a>	

Alternativamente se puede utilizar **Phyphox** en el Temporizador Cronómetro acústico, que mide el tiempo entre dos eventos sonoros.

También se necesita una bola de vidrio, un poco de hilo y cinta adhesiva, un flexómetro, y unas tijeras

### Introducción

La caída libre es la caída de un cuerpo sobre el que únicamente actúa su propio peso, y no se considera el rozamiento. Este fenómeno se produce cuando los cuerpos caen en el vacío o cuando el rozamiento con el aire casi no les afecta.

En la práctica siempre hay rozamiento con el aire y empuje de Arquímedes, pero si el objeto cae a baja velocidad y es aerodinámico y masivo, por ejemplo una bola de acero que se deja caer desde una altura de dos metros, la fuerza de rozamiento es muy pequeña en relación al peso, así como el empuje, por lo que se pueden despreciar y considerar que el cuerpo está sujeto sólo a la aceleración de la gravedad.

Si la aceleración es la de la gravedad, tendrá un valor constante de  $9,8 \text{ m/s}^2$  y el movimiento será uniformemente acelerado (MRUA), y por tanto se pueden utilizar las ecuaciones de este movimiento.

La ecuación de la posición del MRUA es:

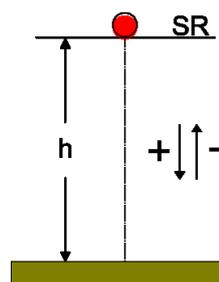
$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

Donde **y** es la posición en cualquier momento, **y<sub>0</sub>** es la posición inicial, **v<sub>0</sub>** es la velocidad inicial y **g** es la aceleración de la gravedad. Si **y** se mide en metros (m) y **t** en segundos (s), **v** vendrá dada en m/s y **g** en  $\text{m/s}^2$ .

Las magnitudes siempre dependen del sistema de referencia. Si se deja caer una bola desde una altura **h** y se sitúa el sistema de referencia en la posición inicial de la bola, se puede usar un convenio de signos que considere positivo hacia abajo y negativo hacia arriba, como indica la figura de más abajo. En este caso la ecuación de la posición en relación al tiempo será:

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

ya que la posición inicial es cero, la celeridad inicial también es cero (parte del reposo) y la **g** es positiva ya que es hacia abajo. También se considera el rozamiento suficientemente pequeño para despreciarlo.



Esquema de la caída libre y el sistema de referencia

Lo que se pretende en este experimento es contrastar si el valor de la aceleración de la gravedad en el caso real de una bola masiva se acerca al reconocido universalmente. Para ello se sustituirán los datos, que se obtendrán experimentalmente con la aplicación para tabletas y teléfonos móviles AudioTime+, en la ecuación de la posición en función del tiempo.

## Realización

Se pega con cinta adhesiva la bola a un hilo de coser y se cuelga de un soporte a una altura determinada del suelo, por ejemplo a un metro. En un momento determinado se corta el hilo con las tijeras con un golpe seco mientras se graban los ruidos que hacen las tijeras y el ruido clonc de la bola contra el suelo. Si se ha medido la altura y ahora se mira el tiempo entre los dos ruidos registrados ya se puede calcular la aceleración de la gravedad. A continuación se detalla.

Se ha de colgar el hilo en un soporte que permita que la bola pueda caer libremente al suelo, y se mide cuidadosamente la altura a la que queda. La medida rigurosa de la altura es fundamental ya que es la magnitud en la que se puede cometer el error más grande. Aquí los alumnos pueden mostrar el ingenio que tienen diseñando varios montajes.

Se enciende el dispositivo móvil y se abre la aplicación AudioTime+. Se pone la tableta o teléfono a la altura de la mitad del recorrido de la bola, pero sin que dificulte su caída, y se inicia la grabación tomando el botón inicio + de la aplicación.

Ahora es el momento de cortar el hilo con unas tijeras con un golpe seco, procurando hacer ruido, y una vez que la bola ha chocado con el suelo se para la app con el botón pausa ||.

Tocando la pantalla con dos dedos se amplía la imagen hasta que se vean bien los dos ruidos, y se pulsa en el inicio del sonido (clic de las tijeras) y se vuelve a pulsar la pantalla al inicio del siguiente ruido (cloc de la bola). Aparecerá una banda amarilla entre los dos puntos, tal como muestra la figura.



Selección del tiempo entre el sonido inicial de las tijeras y sonido final del choque

En la pantalla se ve el tiempo inicial y final, en segundos y con cuatro decimales, y el valor del intervalo con siete decimales, que es el tiempo que

la bola ha tardado en caer, en este caso una altura de 73,6 cm.

Si se quiere, se puede guardar la grabación pulsando el botón de la carpeta y dándole un nombre. Se guarda en la carpeta Audiotime+.

Se puede repetir el experimento y/o pedir los resultados a otros equipos de la clase para conseguir media docena de medidas. Estos valores de altura y tiempo de caída se introducen en la ecuación de la caída libre y se calcula la aceleración de la gravedad  $g$ .

Después de repetir la operación con todas las medidas, se calcula el valor más probable de  $g$  como media aritmética de los valores obtenidos y se compara con el que se supone que debería salir.

## Observaciones

\* Aunque la velocidad del sonido es bastante grande en comparación con la de caída de la bola, no está de más hacer que los tiempos que tardan los dos sonidos al llegar al móvil o tableta sean los mismos. Es por eso que se recomienda colocar el dispositivo móvil en mitad del recorrido.

\* Además, la aplicación que utilizamos en este trabajo, AudioTime+, se puede usar para hacer muchos otros experimentos utilizando el tiempo transcurrido entre sonidos. Por ejemplo:

- Medir la velocidad de lanzamiento de una pelota. Se cuelgan del techo a la altura del lanzamiento dos papeles tamaño DINA4 y a una distancia uno de otro que se mide. Se lanza la pelota de manera que choque sucesivamente con los papeles mientras se graba los ruidos que se producen.
- Estudiar la caída libre de un conjunto de tornillos enganchados entre sí por un hilo, bien guardando distancias iguales o distancias que sigan una función cuadrática. Se registra la sucesión de choques contra el suelo y se estudia el tiempo entre golpes. (Ramírez, 2013).
- El movimiento uniformemente acelerado. Se deja caer una bola por un raíl en U en el que se han pegado pedacitos de cartulina a intervalos regulares. Se estudia la relación entre el tiempo entre los choques y la distancia recorrida.
- De forma similar se puede estudiar cómo gira una rueda que a cada vuelta golpea una cartulina. Por ejemplo, puede ser la polea de una máquina de Atwood.