

Estudio de la fuerza centrípeta con un smartphone

Introducción

La enseñanza basada en dispositivos móviles, el *mobile learning (mLearning)*, es una herramienta muy útil para una enseñanza personalizada, casi ubicua y permanente. La utilización de los dispositivos móviles, teléfonos inteligentes (*smartphones*) y tabletas, da a los estudiantes la posibilidad de participar activamente en su aprendizaje. Para los estudiantes de asignaturas de física, los dispositivos móviles pueden convertirse en herramientas útiles para un aprendizaje experimental de la física gracias al rico conjunto de sensores que incluyen y a sus capacidades de cálculo. Estos sensores permiten usar los *smartphones* como dispositivos de medida en experimentos de laboratorio o en actividades cotidianas en las que los alumnos pueden observar la naturaleza por sí mismos y contrastando sus conocimientos con sus propios resultados experimentales.

En el trabajo que se propone aquí se pretende estudiar la aceleración centrípeta de un cuerpo que realiza un movimiento circular, y la dependencia de la misma con la velocidad angular que tiene el cuerpo, así como con el radio de la trayectoria circular descrita.

Teoría

Según la Primera Ley de Newton, si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza éste permanece en reposo o se mueve con movimiento rectilíneo uniforme. Entonces, si se quiere variar la velocidad de un cuerpo, tanto su módulo como su dirección, se debe aplicar al mismo una fuerza. Si la fuerza que se aplica es perpendicular a la velocidad del cuerpo, éste variará su dirección de movimiento pero no el módulo de la velocidad. Este tipo de fuerza se denomina *fuerza centrípeta*¹

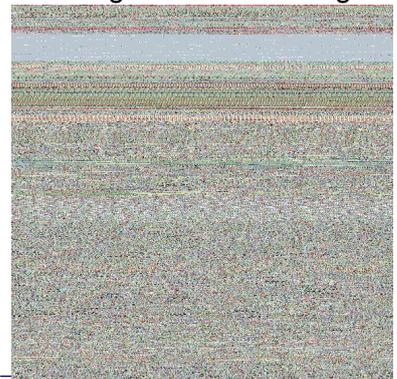
$$\vec{F} = m \vec{a}_c = -m \frac{v^2}{r} \vec{u}_r = -m \omega^2 r \vec{u}_r \quad (1)$$

siendo a_c la aceleración centrípeta, v la velocidad lineal del cuerpo, ω su velocidad angular y \vec{u}_r un vector unitario que apunta desde el centro de la trayectoria hasta la posición del cuerpo en cada instante.

Experimento

En este trabajo se pretende estudiar experimentalmente la dependencia de la aceleración centrípeta con la velocidad angular y el radio de la curvatura y comprobar la expresión teórica (1). Para ello se utilizará un smartphone que tenga los sensores acelerómetro y giróscopo. Para acceder a los datos de los mismos se puede usar la aplicación SensorMobile² en teléfonos Android o Physics Toolbox³ para dispositivos iOS.

Una vez instalada la aplicación, y tras aprender a utilizarla, los alumnos pueden usar su teléfono para medir simultáneamente su velocidad angular y la aceleración. Se debe tener en cuenta que (en general) todos los teléfonos tienen definidos los ejes XYZ según se ve en la figura de la derecha. Tanto el acelerómetro como el giróscopo aportan datos para las medidas según esos tres ejes: para el acelerómetro tendremos las componentes a_x , a_y y a_z de la aceleración y para el giróscopo las componentes ω_x , ω_y y ω_z de la velocidad angular, que dan las velocidades de giro alrededor de los ejes correspondientes. Las aplicaciones sugeridas anteriormente permiten exportar los datos medidos



1 https://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_centrípeta

2 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sensor.mobile>

3 <https://itunes.apple.com/us/app/physics-toolbox-sensor-suite/id1128914250?mt=6>

como ficheros en formato csv que se puede leer y analizar fácilmente usando una hoja de cálculo como Excel o LibreOffice.

Una vez instalada la aplicación en el teléfono y tras haber realizado pruebas para aprender a usarla se procederá a realizar el experimento. Este consistirá en medir simultáneamente la aceleración centrípeta y la velocidad angular del teléfono cuando gira siguiendo un movimiento circular de radio conocido. Para ello se situará el teléfono sobre una rueda giratoria de un parque infantil, o un sistema equivalente, tal y como se ve en la figura. Situado el teléfono como se ve en la figura, con su eje X en la dirección del radio de la rueda giratoria y su eje Y en la dirección del movimiento, vemos que nos interesa medir la aceleración normal al movimiento y, por tanto, la componente a_x que mida el teléfono, y la velocidad angular alrededor del eje de la rueda que gira, es decir la componente ω_z medida por el teléfono.



Cuando tengamos medida la distancia del teléfono (consideraremos la distancia desde el centro del teléfono al eje de giro de la rueda) se comenzará a medir datos de aceleración y velocidad angular y se empujará suavemente la rueda, dejando que gire hasta parar debido al rozamiento. Esto permite tener medidas de aceleraciones para diferentes velocidades angulares. Posteriormente se repetirá el experimento poniendo el teléfono a dos distancias diferentes del eje de giro para poder analizar la dependencia de la aceleración normal con el eje de giro. Si en un mismo experimento se sitúan varios teléfonos a diferentes distancias del eje de giro el experimento se simplifica y además permite comprobar que la velocidad angular de rotación es independiente del radio de giro (dentro del rango de precisión de los sensores que, por lo general, es suficientemente buena a estos efectos).

Una vez finalizado el experimento, pueden importarse los datos (archivos .csv guardados en el móvil) a una hoja de cálculo como Excel o LibreOffice para analizarlos. Se deben realizar varias **representaciones de los datos obtenidos** para diferentes distancias al eje de giro (radios de la trayectoria): aceleración normal en función de la velocidad angular y aceleración normal en función del cuadrado de la velocidad angular (ver gráficas de ejemplo a la derecha). Las gráficas que se obtendrán deben ser similares a las mostradas en las figuras de la derecha. A partir de estos datos **los alumnos deben explicar si la expresión teórica (1) coincide con sus medidas experimentales**. En caso de haberse hecho el experimento con varios teléfonos simultáneamente los alumnos deben discutir también si la velocidad angular es la misma en cada instante para ellos o depende de la distancia al eje de giro.

