

## Tema 6. Fuerza y leyes de Newton

### 6.0. Guión de trabajo del tema

Proyectamos el siguiente vídeo sobre Isaac Newton:

[https://www.youtube.com/watch?v=lzqLs\\_k-OBg](https://www.youtube.com/watch?v=lzqLs_k-OBg) (3:00 minutos)

Trabajo en equipo.

- Leer y resumir el apartado 6.1.

Proyectamos el vídeo sobre las tres leyes de Newton (activar subtítulos):

[https://www.youtube.com/watch?v=JGO\\_zDWmkvk](https://www.youtube.com/watch?v=JGO_zDWmkvk) (3:32 minutos)

Trabajo en equipo.

- Copiar las tres leyes de Newton del apartado 6.2 y anotar dudas y cuestiones sobre los ejercicios resueltos en ese apartado.

El profesor explica los tres ejemplos resueltos en el apartado 6.2.

El profesor explica el apartado 6.3.

Trabajo en equipo.

- Intentar plantear los ejercicios propuestos en el apartado 6.4, que posteriormente serán resueltos en la pizarra por alumnos voluntarios.

El profesor explica el apartado 6.5.

Trabajo en equipo.

- Intentar plantear los ejercicios propuestos en el apartado 6.6, que posteriormente serán resueltos en la pizarra por alumnos voluntarios.
- Realizar el experimento del apartado 6.7 y redactar el informe.

### 6.1. ¿Qué es la fuerza?

La dinámica que comenzamos a estudiar en el tema anterior con el concepto de aceleración, se completa con el estudio de una nueva magnitud: la fuerza.

La fuerza es una magnitud física derivada que permite modificar el estado de movimiento de un objeto o deformarlo. Su unidad es el Newton (N), una unidad compuesta que se define como  $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ .

Al igual que la velocidad y la aceleración, la fuerza es una magnitud vectorial: necesita de un número (módulo), una unidad, una dirección y un sentido.

Cuando dos objetos chocan entre sí, por ejemplo, interactúan y se aplican mutuamente una fuerza. Piensa en dos bolas de billar chocando, o una pala de ping-pong transmitiendo la fuerza del brazo a la pelota.

Pero la fuerza también puede actuar sin necesidad de que los objetos entren en contacto entre sí. La fuerza gravitatoria, la fuerza eléctrica, la fuerza magnética y la fuerza nuclear son los cuatro ejemplos de fuerzas que actúan a distancia.

La fuerza gravitatoria aparece en los objetos que poseen masa. La fuerza eléctrica, en los cuerpos cargados eléctricamente. La fuerza magnética surge por el movimiento de partículas cargadas eléctricamente. Y la fuerza nuclear afecta al interior de los núcleos atómicos que componen la materia que nos rodea.

### 6.2. Leyes de Newton

Isaac Newton (1643-1727), nacido en Inglaterra, es considerado comúnmente como el físico más importante de la historia. Sus leyes del movimiento ayudaron a resolver la mayor parte de los problemas de dinámica y de movimiento de objetos: órbita de planetas, lanzamiento de proyectiles, funcionamiento de máquinas, etc.

En su obra Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica de 1687 enuncia sus famosas leyes del movimiento:

1. Todo cuerpo sobre el que no actúa ninguna fuerza, mantiene su estado de movimiento, ya sea en reposo, o en movimiento rectilíneo uniforme (también conocido como **principio de Galileo**).
2. Todo cuerpo sobre el que actúa una fuerza se mueve de una forma proporcional a su masa, según la fórmula  $F = m \cdot a$ . Donde  $F$  es la fuerza,  $m$  es la masa y  $a$  es la aceleración
3. Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este segundo cuerpo ejerce una fuerza igual y de sentido contrario sobre el primero (**principio de acción-reacción**).

#### Ejemplo 1:

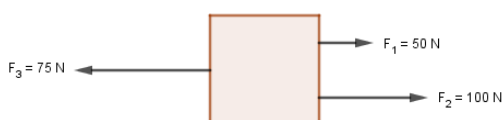
Un coche de 1.000 kg acelera a razón de 2,5 m/s<sup>2</sup>. Suponiendo que no hay rozamiento con el suelo, ¿qué fuerza aplica el motor?



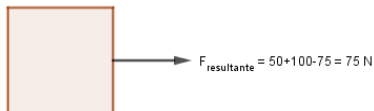
El coche se desplaza horizontalmente, por lo que aplicamos la segunda ley de Newton en esa dirección.

$$F = m \cdot a \rightarrow F = 1000 \cdot 2,5 = 2.500 \text{ N}$$

#### Ejemplo 2:



Sobre un objeto en reposo comienzan a actuar fuerzas en la misma dirección y diferente sentido, tal y como muestra la imagen. Obtener la fuerza final resultante. Si el objeto tiene 10 kg de masa, obtener la aceleración del movimiento.



La fuerza resultante sobre la dirección horizontal se obtiene de sumar las fuerzas que apuntan en el mismo sentido y restar las fuerzas que apuntan en sentido contrario.

Hacia la derecha tenemos una fuerza de 50 N y otra de 100 N. Hacia la izquierda tenemos una fuerza de 75 N. Por lo tanto la

fuerza resultante es:

$$F_{\text{resultante}} = 50 + 100 - 75 = 75 \text{ N}$$

Es decir, el objeto se moverá hacia la derecha porque en ese sentido apunta la fuerza resultante. Si la fuerza resultante fuese nula, según la primera ley de Newton, el objeto seguiría en reposo.

La aceleración del movimiento la obtenemos aplicando la segunda ley de Newton:

$$F = m \cdot a \rightarrow 75 = 10 \cdot a \rightarrow \frac{75}{10} = a \rightarrow a = 7,5 \text{ m/s}^2$$

### Ejemplo 3:

El patinador de la imagen empuja una pared con una fuerza de 3 N. ¿Qué le ocurrirá? Suponemos ausencia de rozamiento de los patines con el suelo.

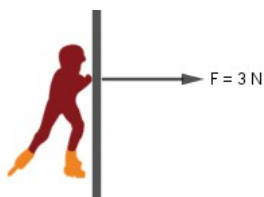


Imagen del patinador tomada de la web <http://recursostic.educacion.es/bancoimagenes/web> del INTEF  
 Autor: May Ann Alliden Caluza  
 Licencia CC BY-NC-SA 3.0

La tercera ley del movimiento de Newton afirma que si el patinador aplica una fuerza de 3 N sobre la pared, esta pared debe a su vez reaccionar con una fuerza de igual módulo pero sentido opuesto.

Por lo tanto, al no haber rozamiento de los patines con el suelo, el patinador de la imagen saldrá impulsado hacia la izquierda debido a la acción de una fuerza de 3 N.

### 6.3. Casos de especial interés: la fuerza peso y la fuerza de rozamiento

En temas anteriores, cuando realizamos la práctica del dinamómetro, trabajamos con una fuerza llamada fuerza peso. La definimos como la fuerza con que el centro de la Tierra atrae a cualquier objeto con masa.

Esta fuerza peso la definimos como  $P = m \cdot g$ , que no es más que la fórmula de la segunda ley de Newton: Fuerza igual a masa por aceleración, ¿verdad?

Si recuerdas, el valor  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  es el valor de referencia de la aceleración gravitatoria en la corteza terrestre.

En la práctica que comentamos, insistimos entre las diferencias físicas del concepto peso y del concepto masa. El peso es una fuerza, cuya unidad es el Newton; mientras que la masa es una propiedad intrínseca del objeto, y su unidad es el kilogramo.

El peso de un objeto podemos obtenerlo con un dinamómetro, mientras que la masa se mide con una balanza. La confusión radica que, a lenguaje popular, usamos el término “peso” tanto para hablar de la fuerza gravitatoria como para hablar de la masa.

### Ejemplo 1:

Un cuerpo pesa 125 N en un lugar donde la aceleración gravitatoria es de  $10 \text{ m/s}^2$ . Calcula: a) La masa del objeto. b) El peso del mismo objeto en un lugar donde la aceleración de la gravedad sea  $9,65 \text{ m/s}^2$ .

a) La fuerza peso se define  $P = m \cdot g \rightarrow 125 = m \cdot 10 \rightarrow \frac{125}{10} = m \rightarrow m = 12,5 \text{ kg}$

b) La fuerza peso varía si cambia la aceleración gravitatoria. Es decir:

$$P = m \cdot g \rightarrow P = 12,5 \cdot 9,65 = 120,63 \text{ N}$$

La masa es invariante, pero la fuerza peso no.

Otro caso de especial interés es la fuerza que aparece cuando un objeto se desliza sobre una superficie. Es la llamada fuerza de rozamiento. Y tiende a oponerse al sentido del movimiento.

Esta fuerza depende de los materiales que entran en contacto y de la masa del objeto que se desliza.

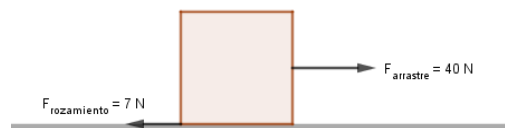
¿Cuándo aparece la fuerza de rozamiento? Por ejemplo, en una caja de madera deslizando sobre el suelo. O sobre las patas de una silla arrastrada en un aula. O sobre las ruedas de un coche que avanza por la carretera.

También podemos hablar de rozamiento del aire. Cuando un coche avanza, las partículas de la atmósfera chocan con la superficie del coche y ralentizan su movimiento. Lo mismo le pasa a un avión, a una bicicleta o a un barco al avanzar por el mar.

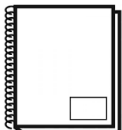
Siempre existe rozamiento, pero para simplificar las fórmulas matemáticas es bastante común realizar la aproximación de ausencia de rozamiento. Pero esto es solo una aproximación, válida a nivel escolar para entender las cosas con más facilidad. En la industria, en la fabricación de coches, en el diseño de materiales, etc. siempre es necesario considerar los efectos del rozamiento.

Para simplificar los casos de rozamiento a estudiar, vamos a considerar inicialmente movimientos horizontales y movimientos donde los objetos deslicen pero no rueden (es decir, por ahora no vamos a estudiar ejemplos como el de una pelota que rueda por el suelo).

*Arrastramos hacia la derecha, por el suelo, una caja con una fuerza de 40 N. El suelo responde oponiéndose al movimiento, apareciendo una fuerza de rozamiento hacia la izquierda y aplicada sobre la superficie de la caja que está en contacto con el suelo. Esta situación se resuelve aplicando las leyes de Newton: la suma o resta de fuerzas dan como resultado la fuerza resultante. En este ejemplo tendríamos una fuerza resultante hacia la derecha de  $40 - 7 = 33 \text{ N}$ .*



### 6.4. Copia las preguntas en tu cuaderno y responde



CUADERNO

1. Un camión de 28 toneladas cambia de velocidad en 100 s, pasando de 36 km/h a 54 km/h con aceleración uniforme. a) Determina la aceleración del camión. b) ¿Qué fuerza realiza el motor? (suponemos ausencia de rozamiento con el suelo).

2. El motor de un barco empuja a la embarcación hacia el Este con una fuerza de 100 N, venciendo así la fuerza del viento que sopla hacia el Oeste con 20 N. Si el barco tiene una masa de 300 kg, ¿qué aceleración alcanza?

3. Se aplica la misma fuerza sobre dos cuerpos. El primero se acelera con  $2 \text{ m/s}^2$  y el segundo con  $8 \text{ m/s}^2$ . ¿Cuál de los dos tiene más masa? Razona tu respuesta.

4. ¿Cuál es la fuerza necesaria para que un objeto de 1.500 kg, partiendo del reposo, alcance una velocidad de 2 m/s en 12s? (suponemos aceleración constante).

### 6.5. La fuerza universal gravitatoria

La fuerza que controla el movimiento de los objetos muy masivos, como son los planetas y las estrellas, se conoce como fuerza universal gravitatoria. Su aplicación es fundamental para estudiar, por ejemplo, el movimiento de los satélites artificiales que el ser humano envía al espacio.

Supongamos dos objetos de Masa  $M$  y masa  $m$ . Si están separados por una distancia  $d$ , la fuerza gravitatoria con que se atraen mutuamente viene dado por la expresión:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Donde  $G$  se conoce como constante universal gravitatoria y su valor es  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ .

La distancia  $d$  indica la separación entre los centros de gravedad de los objetos. En el caso de un planeta, el centro de gravedad es el centro del planeta.

La fuerza gravitatoria siempre es atractiva, y tiende a acercar a los objetos que la comparten. Al operar, no olvides usar siempre las unidades fundamentales del Sistema Internacional.

#### Ejemplo 1:

La masa de la Tierra es  $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , la masa de la Luna es  $m = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ , y la distancia que separa sus centros de gravedad es  $d = 384.400 \text{ km}$ . Obtener la fuerza gravitatoria con que se atraen mutuamente.

Las masas las tenemos en kg y la distancia en km. Por lo tanto, debemos pasar la distancia a metros:

$$d = 384.400 \text{ km} = 38,44 \cdot 10^4 \text{ km} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$$

Así la fuerza resultante es:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \cdot 7,35 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 19,88 \cdot 10^{19} = 1,98 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

#### Ejemplo 2:

En la fórmula  $F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$ , si consideramos  $M$  la masa de la tierra y  $d$  el radio de la tierra, podremos calcular la fuerza con que la Tierra atrae a un objeto de masa  $m$  situado en su superficie. Si el radio de la tierra es 6.371 km, ¿cuánto vale el factor  $G \cdot \frac{M}{d^2}$ ? ¿Se parece el resultado a algún concepto estudiado en la asignatura?

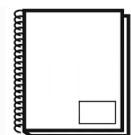
Expresamos el radio de la tierra en metros:  $6.371 \text{ km} = 6.371 \cdot 10^3 \text{ m} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$

$$G \cdot \frac{M}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} = 0,9813 \cdot 10 = 9,81 \text{ m/s}^2$$

El valor obtenido es la conocida aceleración gravitatoria en la superficie terrestre, que hemos empleado en la fórmula de la fuerza peso:  $P = m \cdot g$ . Su valor aproximado a nivel del mar en la zona del Ecuador terrestre es de  $g \simeq 9,82 \text{ m/s}^2$ .

Este valor de  $g \simeq 9,82 \text{ m/s}^2$  es práctico para situaciones muy próximas a la corteza terrestre, con alturas de hasta cientos de metros. Para satélites, a cientos de kilómetros de altura, debemos utilizar la fórmula general  $F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$ .

### 6.6. Copia las preguntas en tu cuaderno y responde



1. Si sobre un cuerpo se aplican dos fuerzas, una de 35 N hacia la derecha y otra de 20 N hacia la izquierda, ¿cuánto valdrá la fuerza resultante y en qué sentido se moverá?

Realiza un dibujo en el que muestres cómo se aplican las fuerzas y cuál sería el resultado.



2. Arrastramos una maleta de 20 kg con una fuerza de 60 N. Halla la aceleración de la maleta:

a) en ausencia de rozamiento.

b) si la fuerza de rozamiento que realiza el suelo es de 10 N. Realiza un dibujo en el que muestres cómo se aplican las fuerzas y cuál sería el resultado.

3. Calcula el peso de un cuerpo de 15 kg de masa en la Tierra, sabiendo que  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Si ese cuerpo se encuentra en la Luna, donde la gravedad tiene un valor de  $1,6 \text{ m/s}^2$ , calcula el peso del cuerpo en la Luna. ¿Ha variado la masa del cuerpo?

4. Sabemos que la masa de la Tierra es  $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  y su radio  $6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ . Utiliza el factor  $G \cdot \frac{M}{d^2}$  para obtener la aceleración gravitatoria que siente un astronauta en la Estación Espacial Internacional, situada a  $408 \text{ km}$  de altura sobre la superficie terrestre. Reflexiona el resultado que obtienes: ¿Por qué los astronautas están en continua sensación de ingravidez? (ayuda: el término  $d$  es igual a la suma del radio de la Tierra y la altura de la Estación Espacial Internacional).

### 6.7. Experimento a realizar: usar acelerómetro del teléfono móvil

Los materiales necesarios para la práctica son: teléfono móvil, aplicación gratuita Physics Toolbox Sensor Suite, una balanza, una cinta métrica y un columpio giratorio: **en el cuaderno personal de clase debe aparecer una descripción de 5-10 líneas de la práctica. En esta práctica no vamos a tener tabla de medidas, ya que el móvil nos dará muchísimos datos que sería muy largo copiar a mano. Pero sí debes incluir los cálculos para responder a las seis cuestiones sobre velocidad, aceleración y distancia que verás en la parte de resultados experimentales.**

El objetivo de la práctica es determinar la aceleración de un columpio giratorio. Para ello, deberemos instalar en nuestro teléfono/tableta, desde Goggle Play, la aplicación gratuita Physics Toolbox Sensor Suite. Puedes consultar información sobre el acelerómetro de la aplicación en el video (está en inglés, pero puedes activar los subtítulos de YouTube):

<https://www.youtube.com/watch?v=obyELiObOTc> (hasta minuto 2:30)

Además, en el siguiente pdf, encontrarás una breve explicación del acelerómetro del móvil y del uso de la aplicación:

<https://rsef.es/images/Fisica/MIvanGonzalez.pdf>

Supongamos un ascensor. Hasta alcanzar la velocidad constante de avance, al principio y al final suele haber un cambio brusco de velocidad. Para iniciar la subida necesitamos aceleración neta positiva. Para iniciar la bajada necesitamos aceleración neta negativa. La aceleración neta es la aceleración total del ascensor menos la aceleración gravitatoria ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ).

En la subida, al principio, hay un incremento de la velocidad (aceleración neta positiva) y al final hay un

decrecimiento de la velocidad (aceleración neta negativa).

En la bajada ocurre lo contrario: primero decrece la velocidad (aceleración neta negativa) y al final crece la velocidad para alcanzar el estado de reposo (aceleración neta positiva).

Imagen de los ejes del teléfono  
<https://rsef.es/images/Fisica/MLvanGonzalez.pdf>

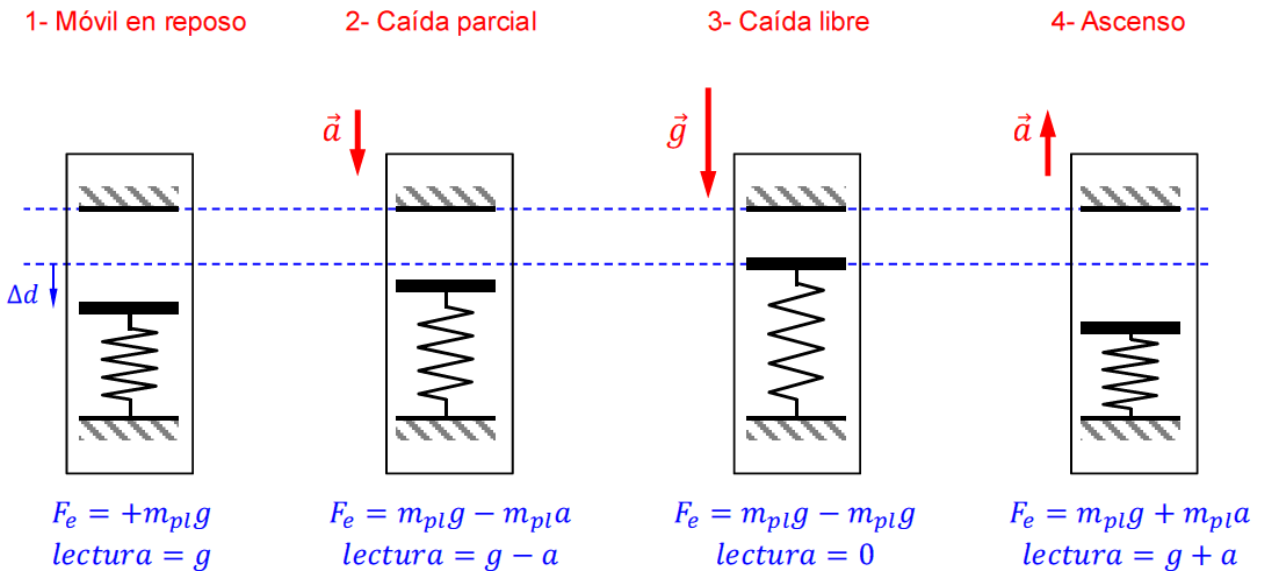


El teléfono posee tres ejes sobre los que mide la aceleración: x, y, z.

La aplicación Physics Toolbox Sensor Suite devuelve la aceleración en cada eje. Divide la fuerza entre la masa del móvil, y muestra en pantalla la aceleración como un número múltiplo de la aceleración gravitatoria:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Si la gravedad y la aceleración del movimiento son paralelos a un eje, podemos encontrar cuatro situaciones: móvil en reposo, móvil bajando, móvil en caída libre o móvil subiendo. La siguiente imagen resume los valores que muestra la aplicación en cada caso.

Lectura del acelerómetro según diferentes movimientos del teléfono  
<https://rsef.es/images/Fisica/MLvanGonzalez.pdf>



Nosotros vamos a realizar la práctica utilizando un columpio giratorio del Parque Infantil cercano al colegio.

Imagen del modelo de columpio que vamos a utilizar durante la práctica.

<https://www.lurkoi.com/corona-giratoria-mini-mfl-p-2-50-1252>



El procedimiento que vamos a seguir en la práctica es la siguiente:

1. Fijar el móvil a una de las abrazaderas del columpio, con cinta adhesiva. Lo situamos en vertical, es decir con su eje Y señalando hacia arriba y con eje Z perpendicular al eje de giro del columpio. Iniciar la aplicación Physics Toolbox Sensor Suite, pulsar en el botón Play y girar con fuerza el columpio. Pasados unos 20 segundos, detenemos el columpio, pulsamos el botón Stop y guardamos los datos. Enviar el resultado de la aplicación, en formato .csv, por correo electrónico.

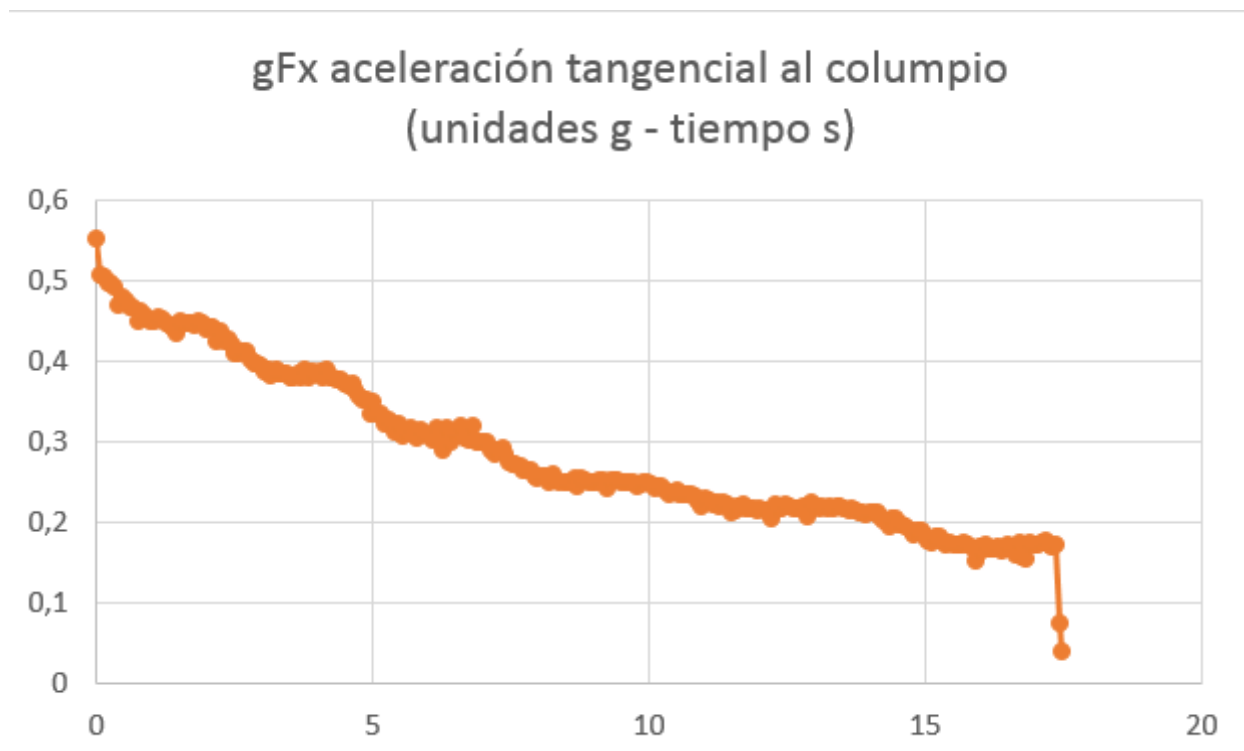
2. En la sala de informática, volcar los resultados a una hoja de cálculo y determinar los siguientes datos a partir de los valores de la aplicación. Recuerda que la aplicación devuelve los valores en unidades de g, es decir: si la aplicación nos dice que la aceleración es 0,65 debemos entenderla como  $0,65 \cdot 9,8 = 6,37 \text{ m/s}^2$  :

- ¿Cuál es la aceleración máxima y mínima en el eje X? Son los valores más altos y más bajos de la tabla gFx. Para un tiempo aproximado de 8 segundos, determina el valor de la fuerza aplicada  $F = m \cdot a$  . Necesitarás medir la masa del teléfono móvil y observar el valor de la aceleración X para esos 8 segundos.
- ¿Cuál es la aceleración máxima y mínima en el eje Z? Son los valores más altos y más bajos de la tabla gFz. Para un tiempo aproximado de 12 segundos, determina el valor de la fuerza aplicada  $F = m \cdot a$  . Necesitarás medir la masa del teléfono móvil y observar el valor de la aceleración Z para esos 12 segundos.
- ¿Por qué crees que los valores de la aceleración Y y Z van disminuyendo su valor con el paso del tiempo? ¿Qué otra fuerza está afectando a su movimiento de giro?
- ¿Por qué los valores en el eje Y, prácticamente, se mantienen constantes?
- La velocidad de giro  $v$  del columpio se puede obtener con la fórmula:  $a_{normal} = \frac{v^2}{R}$  , donde  $a_{normal}$  es el valor de la aceleración perpendicular al eje de giro y  $R$  es el radio de giro del columpio. Obtener la velocidad de giro tomando el valor máximo de la aceleración Z (perpendicular al eje de giro). Necesitarás medir el radio del columpio.

3. Si en clase no hemos podido acceder a la sala de informática, puedes tomar la tabla de resultados experimentales de la web de la asignatura: [http://www.danipartal.net/fisica\\_quimica\\_sesiones/columpio-giratorio.pdf](http://www.danipartal.net/fisica_quimica_sesiones/columpio-giratorio.pdf)



Ejemplo de gráfica a partir de los valores de la aplicación móvil. En el eje horizontal aparece el tiempo en segundos, mientras que en el eje vertical aparece la aceleración en unidades de la aceleración gravitatoria  $g$ .



El informe de esta práctica debe incluir los siguientes contenidos:

- **Portada.** Debe indicar el título del experimento, los autores y la fecha de realización.
- **Planteamiento del problema e hipótesis.** Explicar qué es lo que se quiere estudiar en la práctica y elaborar una hipótesis previa (antes de medir) sobre la aceleración máxima que alcanzará columpio y sobre su velocidad de giro.
- **Fundamentos científicos.** Indicar los contenidos científicos en que se basa la práctica, definiendo conceptos como dinámica, fuerza y aceleración. Aplicar las tres leyes de Newton en algún dato o momento de la práctica, indicando claramente dónde se utiliza y por qué. No olvides indicar las fuentes de referencia.
- **Procedimiento y material técnico.** Explicar paso a paso todo lo que se ha hecho. Indicar todos y cada uno de los materiales empleados. Explicar el funcionamiento básico de la aplicación móvil que hemos instalado, cómo la hemos utilizado y cómo hemos volcado los resultados a una hoja de cálculo del ordenador.

Si algún miembro del grupo dibuja bien, se puede ilustrar esta parte con sencillas imágenes ilustrativas.

- **Resultados experimentales.** Presentar de forma ordenada, clara y precisa los resultados experimentales, respondiendo claramente y de manera razonada a las preguntas planteadas anteriormente, a partir de los resultados de la aplicación.
- **Conclusiones.** Razonar, a partir de los resultados obtenidos, si nuestras hipótesis de partida han sido acertadas o no.