

LEYES DE NEWTON

- **Finalidad del experimento.** Análisis experimental de las leyes de Newton.
- **Material.** Banco de aire, soporte horizontal cuatro fotodetectores y un contador de tiempos.

1.- Introducción.

La segunda ley de Newton para un cuerpo de masa m sometido a una fuerza es $F = m a$ siendo a es el vector aceleración. En esta práctica estudiaremos dicha ley mediante dos experiencias diferentes. Primero, el movimiento de una plataforma en ausencia de fuerzas y después bajo una fuerza de intensidad y dirección constantes.

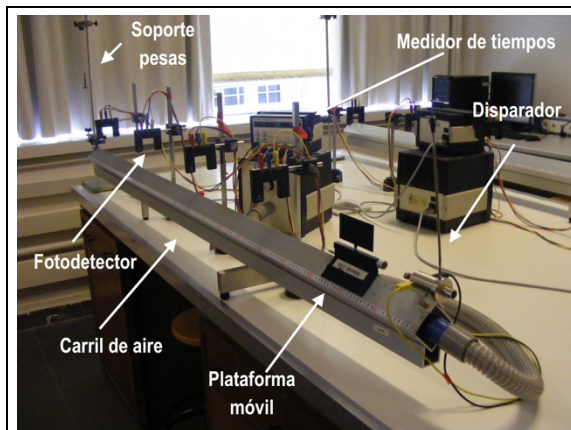


Fig. 1a: La práctica de Leyes de Newton con todos sus equipos.

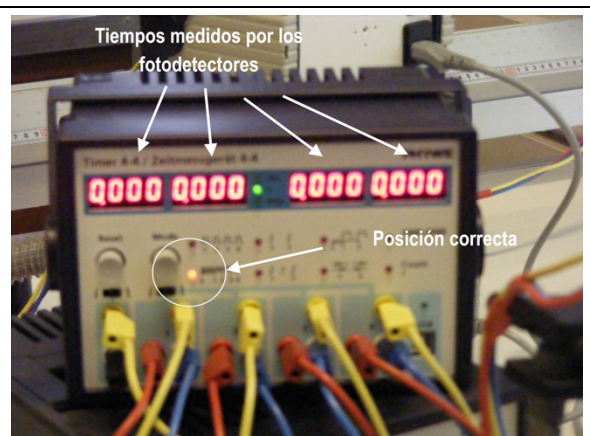


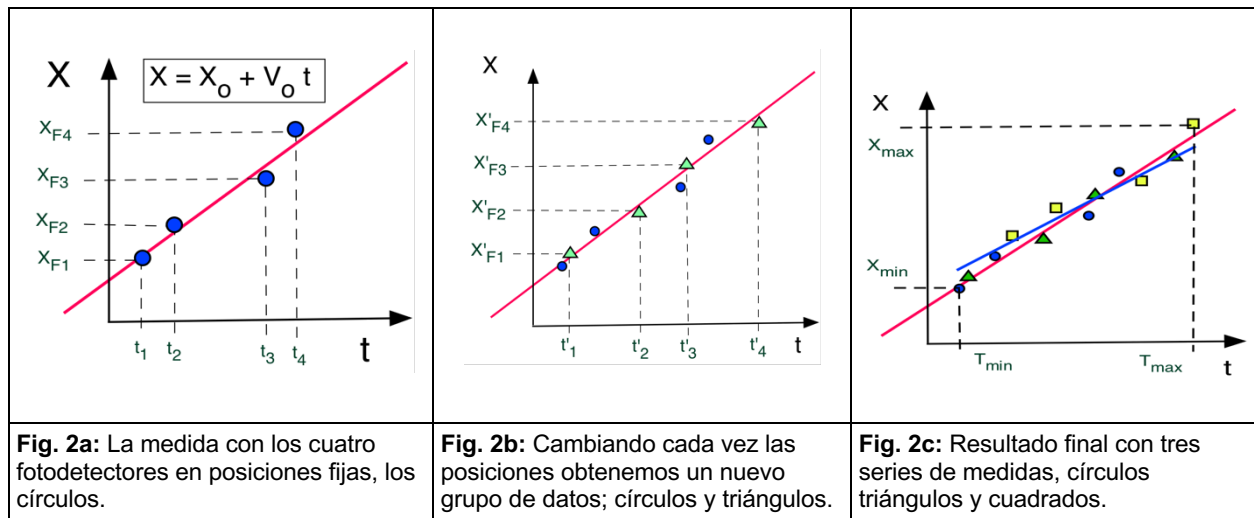
Fig. 1b: El medidor de tiempos de los detectores con la opción correcta para efectuar las medidas.

2.- Realización.

El carril de aire de la Fig. 1a está hueco en su parte interior y tiene su parte superior tiene un perfil con forma de cuña donde se encaja una plataforma móvil. Cuando se pone en marcha el soplador de aire, se inyecta aire en el interior del carril que sale por los pequeños taladros que existen a lo largo de su superficie. De este modo se produce una fina capa de aire entre la plataforma móvil y la superficie del carril que hace que el rozamiento sea muy pequeño.

La plataforma es retenida por un disparador que se actúa manualmente y que pone en marcha un equipo electrónico que muestra la figura 1b, y que mide el tiempo en cuatro puntos del carril, que están conectados a un fotodetector independiente. Los fotodetectores tienen una célula fotoeléctrica que cuando pasa un obstáculo para la luz, producen una señal eléctrica que detiene el reloj. El disparador es un simple muelle retenido por un gatillo que cuando se acciona cierra además el circuito que pone en marcha los cuatro relojes del equipo de la figura 1b.

Cuando se acciona el disparador, un muelle lanza la plataforma que sale con una velocidad inicial. También puede hacerse manualmente, accionando el disparador (para activar el contador) y soltando la plataforma a mano simultáneamente.



El carril de aire tiene adosada una regla que permite determinar la posición de los fotodetectores. Se fijan cada uno en un punto, de modo que son conocidas las distancias de cada fotodetector al punto de lanzamiento y el tiempo cuando pasa por el mismo. Repitiendo el proceso varias veces, cambiando las posiciones de los fotodetectores puede obtenerse un gran número de medidas.

Antes de comenzar la práctica efectuaremos unas comprobaciones.

1. Nos aseguramos de que el carril de aire está horizontal y que el soplador está encendido a su máxima potencia. En estas condiciones, si la empujamos, la plataforma debe *flotar* moviéndose sin rozamiento a lo largo del carril de aire.
2. Empujamos con el dedo el muelle del disparador hasta que quede retenido en una de las tres posiciones posible para verificar su correcto funcionamiento.
3. Encendemos el medidor de tiempos y lo situamos en la posición que se indica en la Fig. 1b, empleando el botón “mode” para que mida el tiempo en cuatro posiciones sucesivas. Si oprimimos el botón de “reset” los contadores deben ponerse a cero.
4. Si activamos el disparador, los cuatro relojes se ponen en marcha y para comprobar que funcionan podemos pasar un dedo por el hueco de cada fotodetector. Esto envía un impulso al reloj que debería detenerse.
5. Si todo funciona correctamente puede continuar trabajando en la práctica. En caso contrario, solicite ayuda al profesor encargado.

3.- Procedimiento para tomar las medidas.

Una vez que el muelle accionado por el disparador proporciona a la plataforma una velocidad V_0 constante. Si el rozamiento es despreciable y tampoco hay aplicada otra fuerza, el espacio recorrido por la plataforma será,

$$x(t) = x_0 + V_0 t$$

Cada vez que accionamos el disparador la plataforma sale con una velocidad inicial que podemos considerar constante.

Esta curva teórica se ha dibujado con trazo rojo en la figura 2ª junto con las cuatro posiciones fijas de los fotodetectores (x_{F1} , x_{F2} , x_{F3} , x_{F4}) y los tiempos (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) en que la plataforma ha alcanzado dichos puntos.

Para aumentar el número de datos, cada vez que accionamos el disparador podemos cambiar

las posiciones de los detectores para otro conjunto de cuatro posiciones (x'_{F1} , x'_{F2} , x'_{F3} , x'_{F4}) y obtendremos otra serie de tiempos (t'_1 , t'_2 , t'_3 , t'_4) como muestra la figura 2b.

Repitiendo el proceso varias veces podemos obtener un número de puntos cada vez más numeroso entre dos posiciones máxima y mínima. Las medidas pueden combinarse como muestra la Fig. 2c, donde hemos dibujado además el ajuste por mínimos cuadrados de los datos (recta azul) que debido a los errores experimentales no coincide exactamente con la recta teórica (en rojo).

4.- Movimiento en ausencia de fuerzas.

Cuando no hay una fuerza aplicada sobre la plataforma de masa m tendremos su posición a lo largo del carril de aire será simplemente,

$$x(t) = x_o + V_o t$$

Donde x_o y V_o son la posición y velocidad iniciales. Si representamos las posiciones de la plataforma frente al tiempo encontraremos una recta. Para ello tendremos que:

1. Medir las posiciones y tiempos del movimiento de la plataforma para las tres las velocidades iniciales del disparador en al menos ocho puntos diferentes a lo largo del carril (es decir, al menos dos experimentos).
2. Representar gráficamente los datos y determinar la velocidad inicial de la plataforma V_o en los tres casos por el método de los mínimos cuadrados.

5.- Movimiento bajo una fuerza constante.

Cuando enganchamos el portapesas a la plataforma con ayuda del sistema de poleas se moverá bajo la acción de una fuerza $F_o = M g_o$ constante en el tiempo, donde g_o es la aceleración de la gravedad. Si m es la masa de la plataforma y $M = m_p + m_{pp}$ es la suma de la masa de las pesas m_p y del portapesas m_{pp} para el movimiento $x(t)$ de la plataforma a lo largo del carril se tiene,

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = (m_p + m_{pp})g_o \quad \text{y entonces,} \quad x(t) = x_o + V_o t + \frac{(m_p + m_{pp})g_o}{2m} t^2$$

Cuando la velocidad inicial $V_o \simeq 0$ es muy pequeña, podemos despreciar el primer término y representando las posiciones $x(t)$ frente a t^2 los datos deberían disponerse aproximadamente a lo largo de una recta.

Para desarrollar este apartado de la práctica efectuaremos las siguientes operaciones,

1. Engancharemos la plataforma al sistema de poleas y portapesas de modo que la cuerda esté tirante y no roce en ningún punto a lo largo del carril. Efectuaremos tres series de medidas con el soporte y pesas de 10, 20 y 30 gramos siguiendo el procedimiento anterior, cambiando los fotodetectores de posición.
2. En este caso NO lanzaremos la plataforma con el disparador, que sólo se empleará para arrancar el contador de tiempos. Para que la velocidad inicial V_o del movimiento sea lo más baja posible, soltaremos la plataforma con la mano, accionando el disparador simultáneamente.
3. Representar en gráficos diferentes $x(t)$ frente a t y también frente a t^2 . Para este último caso, calcular la pendiente de la recta por el método de mínimos cuadrados y comprobar que es igual a $(m_p + m_{pp})g_o/2m$

6.- Resultados y gráficos.

Como resultado de las medidas en los apartados 4 y 5 anteriores obtendremos tablas de datos de $x(t)$ frente al tiempo con los que efectuaremos las siguientes operaciones.

- Representar $x(t)$ en función del tiempo cuando la fuerza aplicada a la plataforma es nula como en la figura 2, junto con el ajuste por mínimos cuadrado. Determinar la velocidad V_0 inicial de la plataforma a partir de dicho ajuste, para las tres posiciones del disparador.
- Con los datos obtenidos con el portapesas, representar $x(t)$ frente a t y t^2 en dos gráficos distintos. A partir del segundo, determinar la aceleración de la plataforma por el método de mínimos cuadrados como se indica en la sección 5 anterior.