

# Movimiento circular uniforme

## Objetivo

Estudiar el movimiento circular uniforme. Comprobar experimentalmente la dependencia de la fuerza centrípeta en la masa del cuerpo, la velocidad angular y el radio de la trayectoria.

## Material

Equipo para medir la fuerza centrípeta, juego de masas, motor de laboratorio, dinamómetro y cuenta-vueltas electrónico.

## Fundamento teórico

Para acelerar un cuerpo es necesario aplicarle una fuerza. El movimiento circular uniforme es un caso particular de movimiento acelerado. Se llama fuerza centrípeta a la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo que sigue este tipo de movimiento. Un error frecuente es considerar que la fuerza centrípeta es una fuerza que se superpone a la demás fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Por ejemplo, en el caso del carrito de esta práctica sería incorrecto dibujar por separado en el diagrama de fuerzas la fuerza centrípeta y la tensión del cable. En este ejemplo la fuerza centrípeta no es otra que la tensión del cable (fig. 1).

Se puede demostrar que si el módulo del vector velocidad es constante, la aceleración es perpendicular a la velocidad. En particular, esto se cumple en el caso del movimiento circular uniforme. Por lo tanto, la aceleración está dirigida hacia el centro y por eso también se denomina aceleración centrípeta. Como la aceleración y la fuerza resultante siempre son paralelas, la fuerza centrípeta también está dirigida hacia el centro (fig. 2).

Ahora que conocemos la dirección y sentido de la fuerza centrípeta tan sólo nos queda calcular cuál es su módulo. Primero es necesario conocer el módulo de la aceleración centrípeta. Para ello, imaginemos el vector velocidad en dos posiciones muy próximas (fig. 3). Si consideramos el caso límite en que los arcos son aproximadamente iguales que su cuerda, tenemos

$$\Delta v = v \Delta \theta \quad (1)$$

$$\Delta s = r \Delta \theta \quad (2)$$

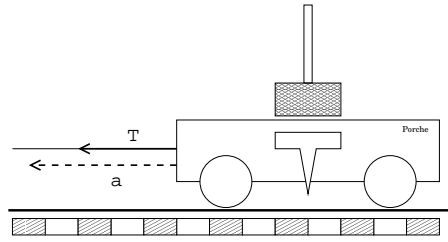


Figura 1: Esquema de fuerzas sobre el carrito

Si aislamos  $\Delta\theta$  en la eq. 2 y sustituimos en la eq. 1 obtenemos

$$\Delta v = \frac{\Delta s}{r} v \quad (3)$$

Dividiendo en los dos lados por el tiempo que ha transcurrido

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \frac{v}{r} \quad (4)$$

Finalmente, si aplicamos las definiciones de velocidad y de aceleración en el límite mencionado anteriormente queda

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (5)$$

Esta es la aceleración centrípeta. Si sustituimos en la segunda ley de Newton

$$F = ma \quad (6)$$

encontramos el valor de la fuerza centrípeta

$$F = m \frac{v^2}{r} \quad (7)$$

que también se puede expresar en función de la velocidad angular  $\omega$

$$F = m\omega^2 r \quad (8)$$

En esta práctica se comprobará de manera experimental que este resultado describe adecuadamente el comportamiento de los cuerpos con movimiento circular uniforme.

## Método experimental

En primer lugar, hay que comprobar que el carrito está colocado de manera que sus ruedas no toquen los bordes de la pista, para evitar la aparición de fuerzas de rozamiento. También es necesario que la cuerda que une el carrito con el dinamómetro pase por todas las poleas sin enredarse.

El radio de giro se ajusta deslizando el dinamómetro a lo largo de la barra a la que está sujetado. En ningún caso debe ser superior a 20 cm. En un primer momento fijaremos este radio en 15 cm y cargaremos el carrito con 50 gr.

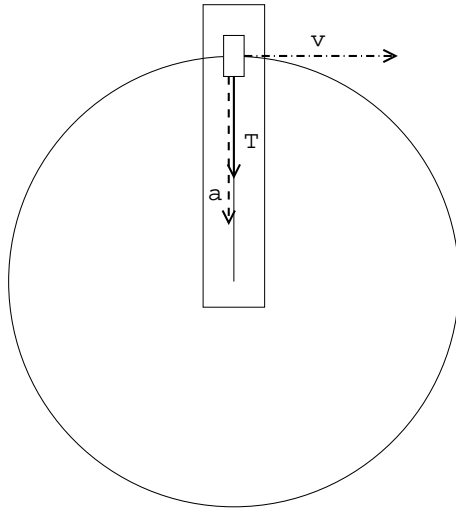


Figura 2: Velocidad, aceleración y fuerza en el movimiento circular uniforme

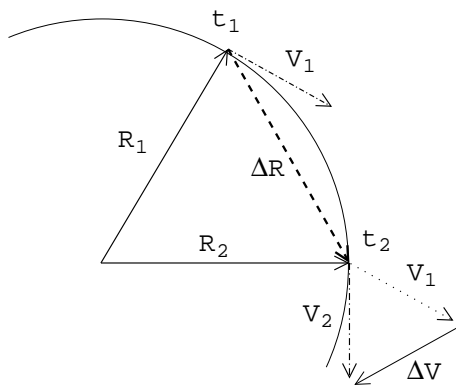


Figura 3: Velocidades en puntos próximos

El periodo del movimiento se mide con el cuentavuelas electrónico. Para esto hay que asegurarse de que el selector del cuentavuelas esta en la posición “tiempo” y poner el contador a 0 pulsando el botón correspondiente. De manera automática el cuentavuelas medirá el periodo del movimiento circular.

El sistema se conecta con el interruptor que hay en la base del aparato. Al principio fijaremos el periodo del movimiento en un valor entre 1 y 1.5 s y anotaremos la fuerza ejercida sobre el dinamómetro. Después se irá incrementando la masa del carrito de 10 en 10 gramos hasta llegar a los 140 gr. Para cada masa hay que medir la fuerza centrípeta y ajustar el motor para que el periodo se mantenga constante. Hay que tener en cuenta que no se alcanza la velocidad seleccionada de manera instantánea, sino que hacen falta dos o tres vueltas para que se mantenga a velocidad casi constante. Hasta entonces no conviene tomar medidas. Por otra parte, la precisión del cronómetro es de tres decimales, pero si se toman medidas para vueltas sucesivas se verá que los últimos dos oscilan. Tenga esto en cuenta cuando anote los tiempos.

Una vez realizado esto, se pondrá una carga de 100 gr en el carrito manteniendo la distancia de 15 cm. Ajustaremos el potenciómetro del motor de manera que el periodo sea aproximadamente 2.5 s. Entonces mediremos la fuerza centrípeta marcada por el dinamómetro. Progresivamente se disminuirá el periodo y se realizarán nuevas medidas, aunque por motivos de seguridad no se bajará de 1 s. En total se realizarán mediciones para 7 u 8 periodos diferentes.

A continuación, sin modificar la carga de 100 gr, se acorta el radio de giro a 10 cm. Para un periodo entre 1 y 1.5 s, que no tiene porque coincidir con el elegido anteriormente, se mide la fuerza centrípeta. Después se irá incrementando el radio de dos en dos centímetros hasta llegar a 20 cm. De nuevo por motivos de seguridad, hay que vigilar para que no se sobrepase esta distancia.

## Resultados

Represente los datos obtenidos en el apartado anterior en tres gráficas:  $F$  en función de  $m$ ,  $F$  en función de la velocidad angular al cuadrado ( $\omega^2$ ) y  $F$  en función de  $r$ . Recuerde que la relación entre la velocidad angular y el periodo ( $T$ ) es

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (9)$$

Tabule los datos empleados para construir cada una de las gráficas y especifique que valor tenían las magnitudes que se mantenían constantes en cada gráfica.

Para cada una de las gráficas, calcule la recta de regresión y represéntela en la gráfica.

Finalmente, represente en cada gráfica la función dada por la expresión 8. Recuerde que en esta expresión  $m$  representa la masa total del carrito: la de las masas más la suya propia, que es de 50 g.

## Cuestiones

1. Demuestre que si la celeridad (el módulo del vector velocidad) es constante, el vector aceleración es perpendicular al vector velocidad.
2. Explique brevemente qué es una fuerza ficticia y en qué tipo de planteamientos es necesario tenerlas en cuenta.