

## ESTUDIO DE LA FUERZA CENTRÍPETA

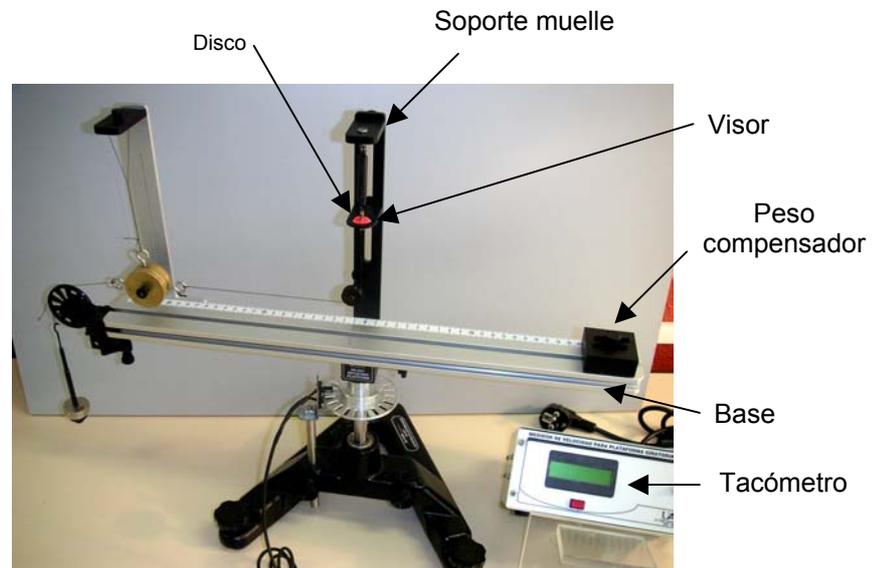
Fecha: 07/02/05

### 1. Objetivo de la práctica

Verificación experimental de la fuerza centrípeta que hay que aplicar a una masa para que describa un movimiento circular

### 2. Material

- Plataforma giratoria con soportes y poleas
- Tacómetro (3–150) rpm
- Conjunto de pesas



### 3. Teoría

Para que un objeto de masa  $M$  gire describiendo una trayectoria circular de radio  $r$  con velocidad angular  $\omega$ , es necesario aplicarle una *fuerza centrípeta*  $F_C$  dada por la expresión:

$$F_C = \frac{Mv^2}{r} = Mr\omega^2 \quad (1)$$

donde  $v$  es la velocidad tangencial. Se dice que la masa  $M$  "experimenta" una fuerza de inercia denominada *fuerza centrífuga*, igual a  $F_C$  pero de signo contrario, para "explicar" la tendencia de  $M$  a "salirse" de la circunferencia.

## 4 Método experimental

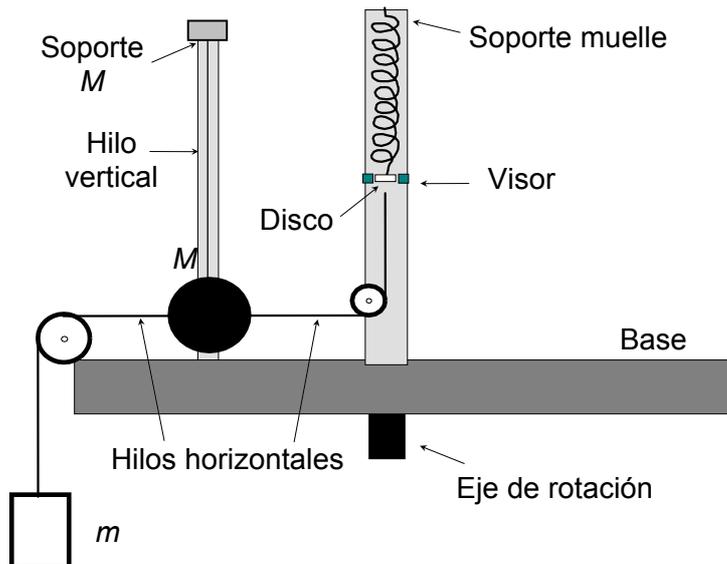
### 4.1 Comprobaciones preliminares

- a) En primer lugar, debe comprobarse que la base giratoria está bien nivelada con respecto al plano horizontal. No es necesario un nivel, basta ajustar los dos tornillos que hay en las patas de apoyo hasta que el sistema no se venza (no gire) hacia ninguna dirección cuando está en reposo (se puede añadir un peso en un extremo para conseguir el nivelado con más comodidad).
- b) Además, con objeto de valorar el efecto del rozamiento en las medidas posteriores, se debe medir el ritmo al que pierde velocidad angular la base giratoria. Para ello, se hace girar manualmente la base hasta que el tacómetro indique unas 100 rpm (lo mejor es hacer fuerza con los dedos sobre el eje). Se deja que vaya perdiendo libremente velocidad angular, se anotan los valores del tacómetro cada 10 s (hasta unos 2 min) según se indica en la Tabla 1, y se representa gráficamente la velocidad angular en función del tiempo.

### 4.2 Modo de hacer las medidas

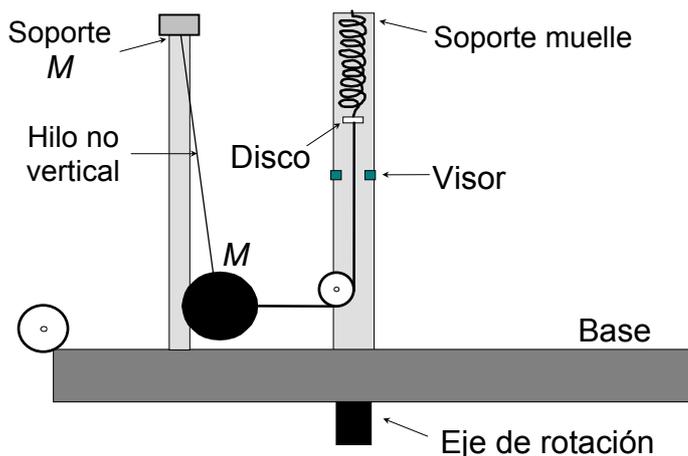
- a) Estando la base giratoria en reposo, se engancha un hilo en la parte izquierda de la masa  $M \approx 200$  gr, y se hace pasar por la polea situada en el extremo de la base (Fig. 1). Del extremo del hilo debe colgar una masa determinada  $m$ , de modo que el muelle sufra una elongación apreciable. Si es necesario, se puede desplazar hacia arriba o hacia abajo el soporte del muelle. Asimismo, se puede desplazar lateralmente el soporte de  $M$  para que el hilo de sujeción vertical quede realmente vertical (la tensión de éste hilo no debe tener ninguna

componente horizontal). Para que los hilos horizontales queden realmente horizontales, se puede mover la masa  $M$  ligeramente hacia arriba o hacia abajo con el tornillo de ajuste del hilo en la parte alta del soporte. También se puede bajar o subir ligeramente la polea. Una vez todo ajustado, se mueve el visor para que coincida con el disco de plástico naranja del muelle; ésta será nuestra referencia para las medidas posteriores. La masa situada en el extremo opuesto a la polea está para aumentar la inercia de la base y disminuir el papel del rozamiento durante la rotación.



**Fig. 1.** Posición de equilibrio de los hilos en reposo.

- b) Se suelta el hilo enganchado a la masa  $M$  para retirar la masa  $m$  (Fig. 2). El muelle se retrae parcialmente, el marcador naranja se sitúa por encima del visor y el hilo que soporta a  $M$  ya no es vertical.

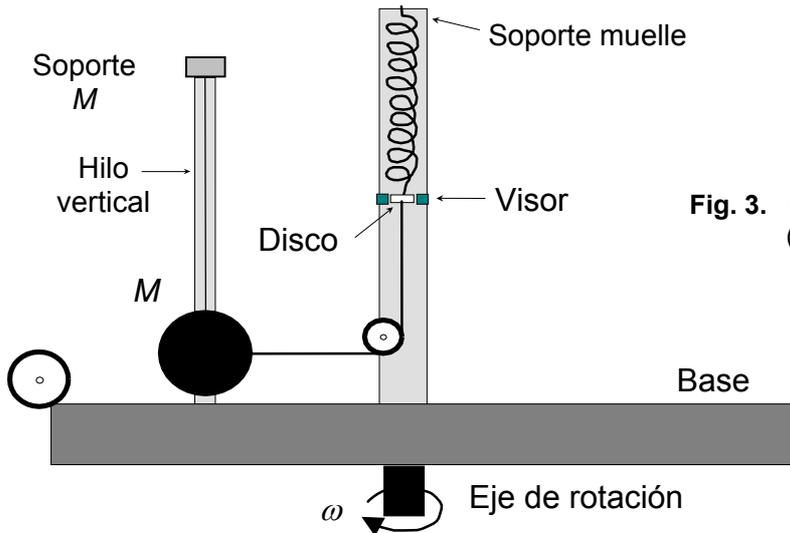


**Fig. 2.** Posición de la masa  $M$  y del muelle antes de girar.

- c) Sujetando el eje con los dedos, se hace girar el sistema manualmente y se aumenta poco a poco la velocidad de rotación  $\omega$  que viene indicada en el tacómetro. El tacómetro mide  $\omega$  en revoluciones por minuto (rpm), utilizando el pequeño sensor óptico acoplado a la rueda con radios que está situada en la

parte baja del eje. Al aumentar  $\omega$ , la masa  $M$  se irá alejando del eje de giro y el muelle se estirará. Cuando el marcador naranja coincida con la posición inicial del visor, el hilo que soporta la masa  $M$  debe estar nuevamente vertical. Es decir se tiene la misma situación de la Fig. 1 pero con el sistema girando y sin la masa  $m$  (Fig. 3). En ese momento la fuerza centrípeta experimentada por la masa  $M$  (suministrada por el muelle) es idéntica al peso de la masa  $m$ . Esto es:

$$F_C = mg = M\omega^2 r \quad (5)$$



**Fig. 3.** Posición de equilibrio dinámico (en rotación) de la masa  $M$ .

## 5 Medidas a realizar

### 5.1. Relación entre la masa y la velocidad angular

- Se elige una masa  $m \approx 10$  gr (es decir,  $F_C = 0,01 \times 9,8$  N) y un radio  $r \approx 20$  cm fijos, y se mide la  $\omega$  para una masa  $M \sim 100$  gr (éste es el peso aproximado de la masa que tiene ganchos) y se anota en la Tabla 2.
- Se repite a) tres veces y se obtiene el valor medio de  $\omega$  y su error.
- Se repiten a) y b) para  $M \sim 150, 200, 250$  y  $300$  gr. Para ello, se van añadiendo suplementos a la pieza con ganchos y se sujetan convenientemente con los tornillos de plástico negro.
- Si se escribe la expresión (1) en la forma:

$$\omega^2 = \frac{F_C}{r} \frac{1}{M} \quad (6)$$

se ve que  $\omega^2$  es proporcional a  $1/M$ , por tanto representando los valores de  $\omega^2$  en función de  $1/M$ , los puntos deben situarse aproximadamente a lo largo de una recta de pendiente  $F_C/r$ . Calcúlese esta pendiente con su error, primero

visualmente y después por mínimos cuadrados, y compárese con el valor de  $mg/r$  y su error medido directamente con la balanza y la regla de la base giratoria.

## 5.2. Relación entre la fuerza centrípeta y la velocidad angular

- a) Se elige una masa  $M \sim 200$  gr fija, y un radio de giro  $r \sim 20$  cm fijo, y se determina la  $\omega$  para  $m \approx 10, 30, 60$  y  $90$  gr. Para ello se añaden las piezas que sean necesarias cada vez al soporte que cuelga de la polea. Se repite tres veces la medida con cada masa y se anotan los valores, la media y el error en la Tabla 3.
- b) En este caso, de acuerdo con la expresión (1),  $F_C = Mr\omega^2$ , si se representan los valores de  $F_C$  frente a los de  $\omega^2$  los puntos deben situarse aproximadamente a lo largo de una recta de pendiente  $Mr$ . Determínese el valor de  $Mr$  y su error primero visualmente y después por mínimos cuadrados. Compárese con la medición directa con la balanza y la regla de la base giratoria.

## Bibliografía

1. M. Alonso, E. J. Finn, "Física", Vol. I : Mecánica. Addison Wesley Iberoamericana, 1986.
2. P. E. Tipler, "Física", Reverté, 1994.
3. C. Kittel, "Mecánica", Reverté, 1991.

**Tabla 1.** Pérdidas por rozamiento

$t, s$	$\omega, rpm$
0	
10	
20	
30	
40	
60	
80	
100	
120	

**Tabla 2.** Datos de  $\omega^2$  frente a  $1/M$   
(Precis. tacómetro:  $\pm$  rpm; precis. balanza:  $\pm$  kg)  
 $m = \pm$  kg;  $r = \pm$  m

$M \pm \Delta M$ (kg)	$1/M \pm \Delta(1/M)$ ( $kg^{-1}$ )	$\omega_1$ (rpm)	$\omega_2$ (rpm)	$\omega_3$ (rpm)	$\omega \pm \Delta\omega$ (rad/s)	$\omega^2 \pm \Delta\omega^2$ ( $rad^2/s^2$ )

**Tabla 3.** Datos de  $F_c$  frente a  $\omega^2$   
 $M = \pm$  kg;  $r = \pm$  m

$m \pm \Delta m$ (kg)	$F_c \pm \Delta F_c$ (N)	$\omega_1$ (rpm)	$\omega_2$ (rpm)	$\omega_3$ (rpm)	$\omega \pm \Delta\omega$ (rad/s)	$\omega^2 \pm \Delta\omega^2$ ( $rad^2/s^2$ )