

# MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

## IMPORTANCIA HISTÓRICA E INTERÉS ACTUAL DEL ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS CIRCULARES



El movimiento circular y uniforme (MCU) tuvo mucha importancia en la conformación del modelo cosmológico vigente en la antigüedad. El cosmos aristotélico se dividía en dos grandes mundos radicalmente distintos, el celeste y el terrestre, cada uno de los cuales debía ser objeto de una ciencia diferente. En el mundo terrestre los objetos parecían tender al reposo, cayendo siempre hacia la Tierra, y se consideraba necesario ejercer fuerza sobre ellos para ponerlos y/o para mantenerlos en movimiento. En cambio, en el mundo celeste *"el Sol, la Luna y las estrellas se mueven en círculos suaves y uniformes alrededor de la Tierra"*. De esta forma, el movimiento circular y uniforme, se asoció durante siglos a la perfección e inmutabilidad, supuestas en el mundo celeste. Con la primera gran revolución científica, que se consolida en el siglo XVII con la formulación de la síntesis newtoniana, se superó esta separación radical entre Cielo y Tierra, y se comenzaron a formular leyes de carácter universal.

Además de su interés histórico, el estudio de los movimientos circulares y, en particular, el estudio del MCU tiene mucho interés práctico. Al ser un movimiento periódico que realizan objetos cosmológicos, se convierte en referencia para medir el tiempo, usando como unidad una cantidad de este movimiento (un segundo, un día, un año) Por otro lado, son muchos los artilugios artificiales que tienen y aprovechan movimientos circulares, uniformes o no: agujas del reloj, satélite de telecomunicaciones, disco giratorio de cualquier tipo (como un CD), plataforma giratoria (como un tío-vivo), rueda, volante, etc.

## MAGNITUDES DEL MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

Como el MCU se repite una y otra vez, conviene definir una magnitud que de cuenta de su periodo,  $T$ . Se llama así el tiempo que tarda el móvil en recorrer la circunferencia (por tanto, en repetirse) Proporciona la misma información, la frecuencia,  $f$ , igual al número de vueltas dadas por unidad de tiempo y, por tanto, magnitud inversa al periodo. En consecuencia, es periodo, la frecuencia y la velocidad angular  $\omega$  (el ángulo barrido por unidad de tiempo) expresan, todas ellas, el mismo concepto (la rapidez con que un movimiento circular uniforme realiza cada vuelta) y se relacionan entre sí mediante las expresiones:

$$T = 1/f \quad \omega = 2\pi/T = 2\pi f$$

Por otra parte, un movimiento circular sigue una trayectoria previamente conocida (la circunferencia que describe), con lo que el móvil tiene un solo grado de libertad y para dar su posición es suficiente una magnitud (posición sobre la trayectoria o ángulo) En consecuencia, para expresar la evolución con el tiempo de las magnitudes cinemáticas (posición, velocidad y aceleración) de un movimiento circular (uniforme o no) se puede trabajar directamente sobre su trayectoria y usar magnitudes lineales (medidas sobre la propia trayectoria) o magnitudes angulares (adoptando el ángulo como magnitud para dar la posición)

	Magnitud lineal	Unidad S.I.	Magnitud angular	Unidad S.I.
Posición	$s$	$m$	$\varphi$	$rad$ (*)
Cambio de posición	$\Delta s$	$m$	$\Delta\varphi$	$rad$ (*)
Velocidad	$v = \frac{ds}{dt}$	$m/s$	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	$rad/s$ (*)
Aceleración tangencial	$a_t = \frac{dv}{dt}$	$m/s^2$	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	$rad/s^2$ (*)

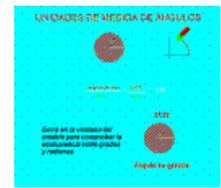
(\*) Estrictamente, el radián no sería una unidad de medida, sino la relación entre arco y radio. Por ello, es habitual expresar las medidas de magnitudes angulares prescindiendo del símbolo rad (p.ej., la velocidad angular se expresaría directamente en  $s^{-1}$ )

En cuanto al estudio dinámico del MCU, al ser un movimiento curvilíneo, siempre tiene aceleración normal, dirigida hacia el centro de la trayectoria. La aceleración tangencial es nula (el módulo de la velocidad es constante) y, por tanto, la fuerza que produce un MCU es una fuerza central y constante, que se dirige hacia el centro de la trayectoria.

Para ayudar al refuerzo de estos conceptos hemos diseñado dos animaciones Modellus. Una de ellas (figura a la



izquierda) representa el movimiento circular uniforme de un satélite. Modificando el radio de la órbita o el periodo, se puede comprobar cómo se ven afectadas el resto de magnitudes. La otra permite practicar el cambio de unidades de posición angular entre grados y radianes.



## EXPERIMENTOS

Para estudiar experimentalmente la evolución cinemática de un MCU se elaboraron diseños adecuados para producir y grabar un este tipo de movimiento. Después, usamos el programa *Modellus* para analizar la concordancia entre movimientos circulares reales (filmados) y un movimiento virtual circular y uniforme. En uno de los diseños se hizo rodar una pelotita roja dentro de un plato, cuyo borde ejerce de límite a la trayectoria circular. Otro diseño utilizó una plataforma circular disponible en el laboratorio (en realidad era un anillo de Newton, pensado para provocar el efecto de mezcla aditiva de colores que se observa cuando se hace girar la plataforma), sobre la cual se señalaron dos puntos que realizan el movimiento circular a diferentes distancias del centro.



En otros experimentos se intentó producir MCU mediante la aplicación de fuerzas centrales, susceptibles de ser medidas con un sensor de fuerza o (de forma mucho más imprecisa) un dinamómetro. La figura adjunta procede de una sencilla experiencia consistente en generar el movimiento de un péndulo cónico. Visualmente no se aprecian alteraciones en la fuerza que mide el dinamómetro (de donde se deduciría una fuerza resultante sobre la bolita horizontal y constante) Sin embargo, al hacer el experimento en el laboratorio usando sensores de fuerza (mucho más precisos que el dinamómetro), sí se observaron oscilaciones continuas en el valor de la tensión del hilo, delatando que, en realidad, la bolita no se mantiene del todo en un plano horizontal. Con estos diseños, vimos que es muy difícil aplicar en el laboratorio escolar una fuerza central que sea verdaderamente constante y produzca un movimiento circular y uniforme.