Movimiento Circular

Algunas observaciones previas

Al igual que decíamos para los movimientos oblicuos, de aquí en más (salvo que se indique lo contrario) nos referiremos a un "cuerpo" pensándolo como una "partícula" o un punto – si mientras el cuerpo se mueve en círculos además mueve su nariz o levanta las manos, será irrelevante para nosotros: nos concentraremos solamente en su movimiento en círculos.

También, como antes, a efectos de simplificar el estudio del nuevo movimiento, haremos de cuenta que el aire no ofrece resistencia – así no tenemos que analizar dos fenómenos a la vez.

El alfabeto griego

Para ciertas variables y constantes emplearemos letras griegas, algunas de ellas ya frecuentemente utilizadas por ustedes en Matemática (por ejemplo, en el estudio de ángulos), y otras como novedad. En el orden en que aparecen en el alfabeto, ellas son:

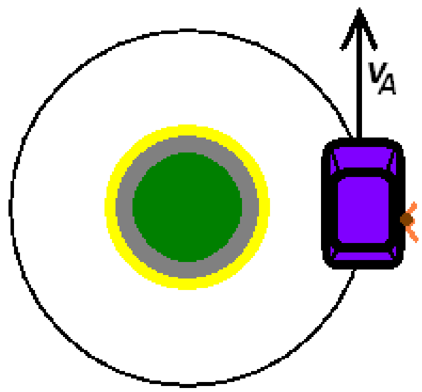
α : alfa
Δ : delta
θ : tita
π : pi
ω : omega

Comentario aparte: de ellas, solamente Δ es el símbolo de la letra en mayúscula; en minúscula, delta es δ. La mayúscula de alfa es exactamente igual a nuestra A, las de pi y tita son bastante parecidas a sus minúsculas, y la de omega es Ω (un símbolo bastante más conocido).

Movimiento Circular

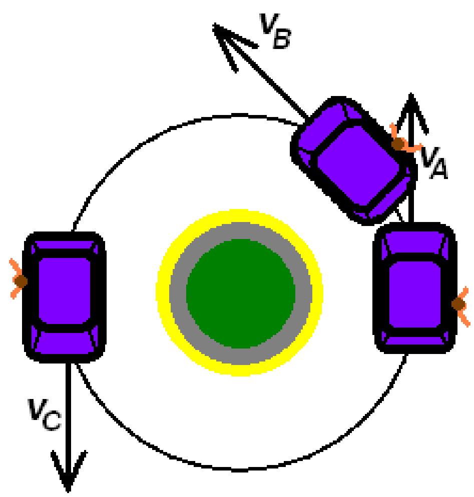
Decimos que una partícula se encuentra en movimiento circular cuando su trayectoria -ésto es, su recorrido- es una circunferencia, o quizás parte de una. Así de simple.

Ejemplos de movimientos circulares: las agujas de los relojes de agujas, la Luna alrededor de la Tierra, la Tierra alrededor del Sol (no exactamente, pero sigamos…), los autos en las rotondas, los nenes y nenas en las calesitas, las pesas en los ejercicios de bíceps, la gente que va por las escaleras de Grisú, los sueños, los borrachos, etc.

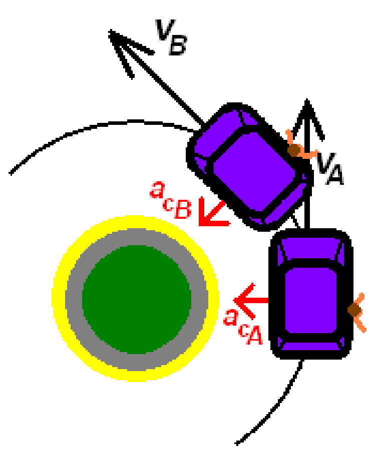


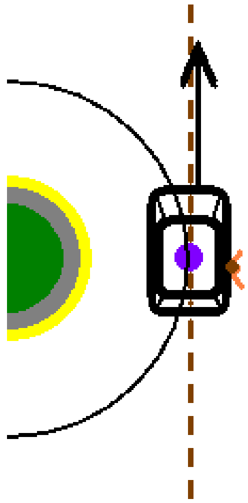
Vamos durante un rato con el auto en la rotonda. A continuación, y observado como si estuviéramos mirando desde el cielo, vemos un auto empezando a girar en la rotonda, digamos, en un punto **A**; su velocidad, por supuesto, es un vector o flecha para adelante (e indica la dirección en la cual el auto se movería por la calle si no hubiese rotonda que girar). Quien escribe no es bueno dibujando autos (o nada en particular), así que sepa disculparse el auto (y la rotonda).

A medida que el auto va girando, su velocidad obviamente cambia. Sino, el auto seguiría con la misma velocidad $\boldsymbol{v_A}$ en línea recta (y no giraría, lo que es absurdo). Por lo tanto su velocidad cambia; ¿de qué? De **dirección** (también podría ser de magnitud, pero por ahora nos centraremos en los cambios de dirección). En los puntos **B** y **C** la velocidad del auto mantiene su magnitud (o también llamada rapidez), pero su dirección varía.



Estos cambios en la velocidad del auto están dados, obviamente, por una aceleración. ¿Hacia dónde apunta esa aceleración? Hacia el centro de giro, o en nuestro caso, la rotonda. En todo momento.





Por apuntar al centro, a la aceleración anterior se la llama ***aceleración centrípeta***. A su vez, la velocidad también tiene un nombre especial. Se llama ***velocidad tangencial***; ésto es porque la dirección de la velocidad es una recta tangente a la circunferencia de giro. A grosso modo, una recta *tangente* (como ya verán en *Matemática*) es una recta que toca a otra curva (en nuestro caso, la circunferencia) en un solo punto. Aquí, ese punto viene a ser el centro del auto (en el dibujo, en violeta).

Si a la velocidad y aceleración les ponemos nombres, no solo será para caracterizarlas, sinó también para diferenciarlas de otra velocidad y aceleración, pues para este tipo de movimientos, es útil definir y trabajar con otras variables.

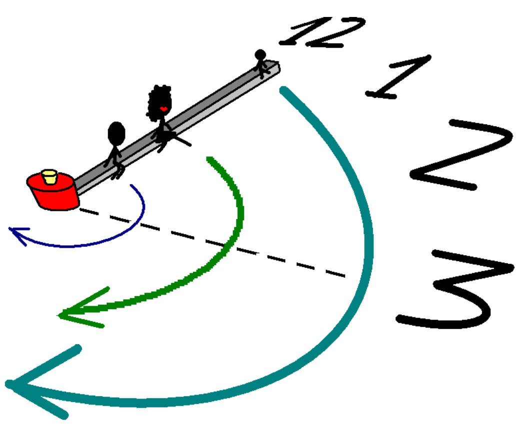
Variables del Movimiento

Velocidad

Velocidad Tangencial (***v***)

Antes de definir esta velocidad y aceleración, pensemos un momento en la siguiente fantasía; supongamos que hubiera un reloj de agujas tan enorme que tres personas se pudieran sentar en su segundero – supongamos que Ramiro (Carranza), Coty (Cattai) y Edward (el hombre más pequeño del mundo) están sentados en el segundero, que mide 4 metros, de la siguiente manera:

- Ramiro está sentado a 1 metro del centro del reloj.
- Coty a un metro de Ramiro, o sea a 2 metros del centro del reloj.
- Edward en la punta, a 4 metros del centro.



Supongamos también que los tres se sientan al mismo tiempo en la aguja cuando esta pasa por el '*12*', y supongamos que viajan durante 15 segundos. ¿Qué pasa con cada uno? ¿Tienen la misma velocidad? ¿Recorrerán la misma cantidad de metros? Vamos a analizar caso por caso:

- Ramiro, que está sentado a 1 metro del centro, recorre (decimales más, decimales menos) 1,5 metros. ¿Por qué? Porque que él esté sentado a un metro del centro significa que la circunferencia que recorre en 60 segundos (o sea, un minuto, hasta que la aguja vuelve a pasar por el '*12*') mide 6,28 metros: recordemos que el perímetro de una circunferencia mide 2.π.radio, y (para Ramiro) su radio de giro es 1 metro.

Como el viaje dura un cuarto de minuto (son 15 segundos), su recorrido debe medir un cuarto del total de la circunferencia, y ahí tenemos que Ramiro viaja 1,5 metros. Su ***velocidad tangencial*** (denotada con ***v***) será entonces 0,1 m/s.

- Coty, por su parte, recorre (un poquito más de) 3 metros: ella tiene un radio de giro de 2 metros; sin dudas, su circunferencia en un minuto medirá el doble de la de Ramiro, unos 12 metros y medio.

Como ella también viaja 15 segundos (un cuarto de minuto), su recorrido mide un cuarto del total: (un poquito más de) 3 metros; así, Coty viaja a 0,2 m/s.

- Edward se ríe de los otros dos, porque como su radio de giro es de 4 metros (y por lo tanto su circunferencia en un minuto mide 2.π.4m = 25 metros y monedas), en el mismo tiempo de viaje que los demás cubre 6 metros y medio, y su velocidad tangencial resulta ser de 0,4 m/s.

En definitiva, como recorren distancias distintas en un mismo tiempo, los tres tendrán velocidades tangenciales distintas. Sin embargo, tiene que haber una velocidad que sea común a los tres; después de todo, Ramiro, Coty y Edward viajan sobre la misma aguja. ¿Existe tal velocidad común?

Velocidad Angular (ω)

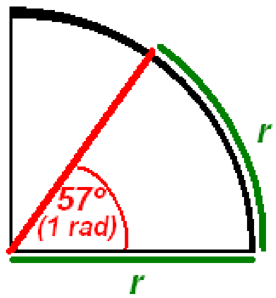
Sí existe y se la llama ***velocidad angular***, y aquí es donde empezamos a meter ideas y letras nuevas. La velocidad angular se nota con ω (omega), y en pocas palabras, se calcula como el cociente entre el ángulo que se desplazan los cuerpos, y el tiempo que les lleva realizar dicho desplazamiento. De ahora en más (salvo que se indique lo contrario), a los desplazamientos angulares los representaremos con θ (tita), en vez de usar alfa, beta y gamma (como solíamos hacer).

Es decir: si en una cierta variación de tiempo Δt, un cuerpo se desplaza una cierta cantidad de grados $\Delta\theta$, quiere decir que está efectuando un giro con cierta velocidad angular; la misma se calcula como:

$$\omega = \Delta\theta / \Delta t$$

Por lo general, θ expresará una cantidad de revoluciones (*rev*) o de radianes (*rad*), aunque también se podrá en grados (*º*). Recordemos que, en una circunferencia de radio ***r***, un radián es un ángulo tal que el arco subtendido de la circunferencia mide tanto como ***r***. Numéricamente, ese ángulo mide aproximadamente 57º 20’.

Así, 360º equivale a una cantidad de 2.π (6,28) radianes, 180º equivale a π radianes, y así sucesivamente.



Angulo en grados	***Cantidad de radianes***
360º	2.π
180º	π
90º	π/2
60º	π/3
45º	π/4
30º	π/6

Con lo dicho, ¿cuál es entonces la velocidad angular ω de la aguja? Cuando la aguja pasa del ‘12’ al ‘3’, se desplaza $\Delta\theta$ = 90º (sinó, fijarse en cualquier reloj de agujas). Este desplazamiento lo hace en Δt = 15 segundos, como se indicaba en la situación, y además porque así funciona un reloj. Por lo tanto, la velocidad angular de la aguja es:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{(\pi/2)\,rad}{15s} = \boxed{\frac{\pi}{30}\,\frac{rad}{s}}$$

De manera alternativa, si consideramos que en Δt = 15 s = ¼ min, la aguja efectúa $\Delta\theta$ = 90º = ¼ rev, tenemos otra expresión para la velocidad angular:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\cancel{1/4}\,rev}{\cancel{1/4}\,min} = 1\,\frac{rev}{min} = \boxed{1\ r.p.m.}$$

Es decir que el segundero, Ramiro, Coty y Edward todos giran a 1 r.p.m. (*revolución por minuto*). Y es lógico: ¡el segundero tarda un minuto en dar la vuelta! (el minutero se mueve a 1/60 r.p.m., y el horario todavía más lento, a 1/720 r.p.m.).

La notación de ***r.p.m.*** es muy usada, sobretodo para indicar la velocidad de giro de distintos discos de música: a principios del siglo XX las empresas abandonaron la producción de cilindros fonográficos y comenzaron a desarrollar y vender discos de velocidad estándar de 78 r.p.m. (que, si bien grandes en tamaño, no reproducían más de 4 minutos por lado). Con el tiempo, este formato fue resultando molesto, tanto por la duración de la música contenida, como por su fragilidad (los discos se quebraban fácilmente).

Tanto así que a fines de los años ’40, Columbia y RCA Victor introdujeron cada una un formato nuevo: el disco de 45 r.p.m. y el de 33 1/3 r.p.m. (también conocidos por las medidas de sus diámetros, que son 7” o 18 cm, y 12” o 30 cm, respectivamente). Estos nuevos formatos fueron aplaudidos y bienvenidos principalmente por su material (que al ser vinilo aseguraba mayor durabilidad), pero también por su cantidad de contenido (en el caso de los 12”, habían 25 minutos por lado). Por supuesto, ya sabemos como fueron perdiendo importancia durante los últimos 30 años.

Otras velocidades en ***r.p.m.***:

- de los reproductores de CDs: entre 200 y 500.
- de los reproductores de DVDs: entre 630 y 1530.
- de una lavadora de ropa: entre 500 y 2000.

Aceleración

Aceleración Centrípeta ($\boldsymbol{a_c}$)

Volvamos al ejemplo de los chicos sobre el segundero. Ya hablamos de las velocidades que tienen (tanto la tangencial como la angular). ¿Qué decir de las aceleraciones, entonces?

Por un lado, cada uno de los chicos tiene su ***aceleración centrípeta*** o también llamada ***radial***; la misma, como vimos, en todo momento apunta al centro (por eso *centrípeta*), y por lo tanto, está sobre el radio (por eso *radial*), y siempre forma un ángulo recto con la velocidad tangencial. Eso en cuanto a su dirección. En cuanto a su valor:

$$\boldsymbol{a_c = v^2 / r}$$

Nosotros no nos encargaremos de demostrar la validez de esta ecuación, pero hay que saber que *es* válida, y la fundamentación puede encontrarse en libros de Física y en la Web.

Las aceleraciones centrípetas entonces son:

- de Ramiro:

$$\boldsymbol{a_c = v^2 / r} = \frac{(0{,}1\ m/s)^2}{1\ m} = \frac{0{,}01\ m^{\cancel{2}}/s^2}{1\ \cancel{m}} = 0{,}01\ m/s^2$$

- de Coty:

$$\boldsymbol{a_c = v^2 / r} = \frac{(0{,}2\ m/s)^2}{2\ m} = \frac{0{,}04\ m^{\cancel{2}}/s^2}{2\ \cancel{m}} = 0{,}02\ m/s^2$$

- de Edward:

$$\boldsymbol{a_c = v^2 / r} = \frac{(0{,}4\ m/s)^2}{4\ m} = \frac{0{,}16\ m^{\cancel{2}}/s^2}{4\ \cancel{m}} = 0{,}04\ m/s^2$$

Aceleración Angular (α)

Eso con las centrípetas. ¿Qué pasa con la ***aceleración angular***? Para ello, debemos preguntarnos: ¿la aguja en algún momento empieza a girar más rápido (o más lento)? Y la respuesta es un rotundo ***NO***. ¿Qué utilidad tendría un reloj en el cual la mañana pase más rápido que la noche? El movimiento de giro de las agujas debe ser constante, y 15 segundos a las dos de la tarde deben ser equivalentes a 15 segundos a las tres.

Con lo cual la velocidad angular ω del segundero (esa que valía $\pi/30$ rad/s, o 1 r.p.m.) se mantiene con ese valor todo el tiempo. Si no varía, ¿cuánto debe valer su aceleración angular α? Pues cero, y se expresa frecuentemente en rad/s^2, ya que:

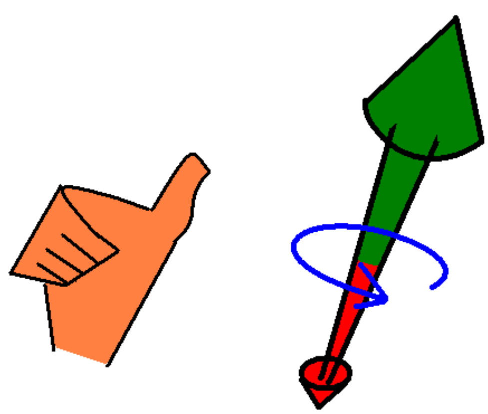
$$\alpha = \Delta\, \omega \,/\, \Delta t$$

Y aquí podríamos preguntarnos: *"¿pero entonces por qué en nuestro ejemplo para la velocidad tangencial, que también es constante, sí hay aceleración?"*. Y de hecho la pregunta es tramposa: la velocidad tangencial (de cada uno de los chicos) ***no*** es constante, porque cambia su dirección (aunque su magnitud sí sea constante); ese cambio de dirección es explicado por la aceleración centrípeta.

En el caso de la velocidad y aceleración angular, la dirección nunca cambia porque ambas se representan con vectores que están siempre sobre un mismo eje*. Ya que lo único que puede cambiar de ω es su magnitud y sentido, y en este caso ninguna de las dos cosas ocurre, entonces no hay aceleración angular α de ninguna manera.

* El eje en donde se representan tanto a ω como a α es una recta que pasa por el centro del giro, y es perpendicular al plano de movimientos; en otras palabras: si miramos al reloj de frente, dicha recta pasaría por el centro del reloj y nos atravesaría los ojos. En esencia, es el eje ***Z*** del que se habló en la introducción de la Unidad.

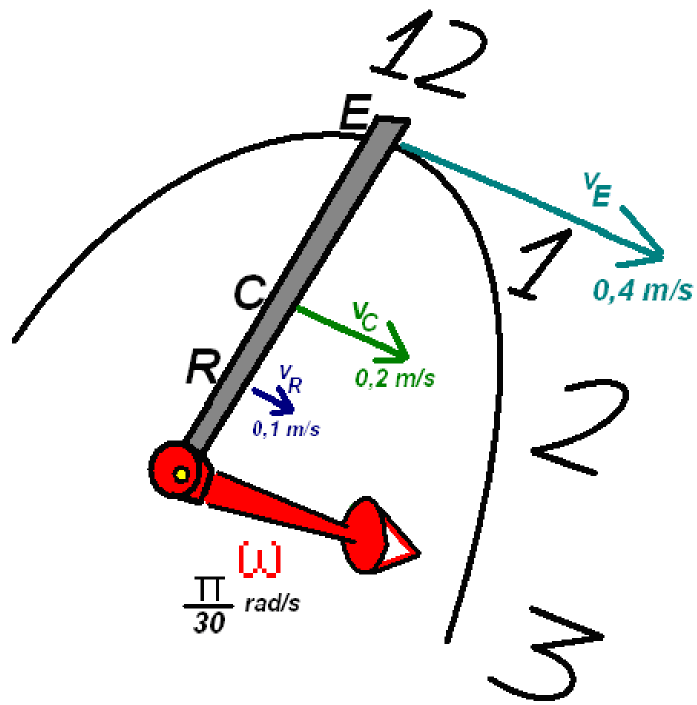
Curiosamente, para representar el signo (positivo o negativo) de ω y α, se recurre a una técnica llamada ***de la mano derecha***. Y la cosa funciona así: usamos el pulgar para representar a ω y α, y los demás dedos para el giro. Cuando con la mano hacemos el signo '*OK*', nuestro pulgar se levanta, y los demás dedos se cierran en el sentido *contrario* a las agujas del reloj. Si el giro del movimiento en estudio ocurriera así, la velocidad ω se considera positiva (y va para arriba en el eje, igual que el pulgar); en cambio, si el giro es en el mismo sentido en



que se mueven las agujas del reloj, ω se considera negativa (y va para abajo).

Las figuras sintetizan la idea. En azul (como los 4 dedos) se indica el sentido en que un cuerpo gira, en verde (para arriba, como el pulgar) el semieje positivo para ω y α, y en rojo (para abajo) el semieje negativo.

En nuestro caso, justamente, ω debe ir para abajo, pues el sentido de giro es horario. A continuación entonces graficamos al segundero, con los sujetos encima (para simplificar, solo sus iniciales) y sus velocidades (de manera más que nada cualitativa).



Resumen y Relaciones

En los movimientos circulares de las partículas, trabajamos con dos tipos de velocidad y aceleración:

Velocidad:

- Tangencial (***v***): siempre perpendicular al radio de giro; expresa la longitud (circular) que el cuerpo recorre en cierta unidad de tiempo, y puede calcularse por:

$$v = 2.\pi.r / T \quad \text{o} \quad v = \omega \,.\, r$$

(***r*** es el radio de giro, y ***T*** el *período*[1], o tiempo que dura una vuelta)

- Angular (ω): siempre en un eje que atraviesa al plano del movimiento; expresa la rapidez de giro, o la cantidad de revoluciones o el ángulo barrido por la partícula en cierta unidad de tiempo, y puede calcularse por:

$$\omega = 2.\pi.rad / T \quad \text{o} \quad \omega = \Delta\theta / \Delta t$$

Aceleración:

- Centrípeta *(o Radial)* (a_c): siempre sobre el radio de giro, y por eso perpendicular a la velocidad tangencial; esta aceleración produce el cambio de dirección de ***v***, y puede calcularse por:

$$a_c = v^2 / r \quad \text{o} \quad a_c = \omega^2 .\, r$$

- Angular (α): siempre perpendicular al plano del movimiento; expresa el cambio en la rapidez de giro, y puede calcularse por:

$$\alpha = \Delta\,\omega / \Delta t$$

[1] En base al *período* ***T***, se define otra magnitud: la *frecuencia* ***f***, que se calcula como ***f = 1/T***. La frecuencia entonces es la inversa del período, e indica la cantidad de vueltas efectuadas en cierta unidad de tiempo; cuando ***T*** está medido en segundos, entonces la unidad de la frecuencia es *1/s*; a esta unidad se la denomina ***Hertz***, por Heinrich Hertz, quien probó la existencia de ondas electromagnéticas a fines del siglo XIX.

Tal como hacíamos para los movimientos rectilíneos, ahora también diferenciamos:

- **MCU - Movimiento Circular Uniforme**:
Aquí, $\alpha = 0$, y por lo tanto la velocidad angular ω no varía – se mantiene constante e igual a su valor inicial ω_0 durante todo el movimiento. Las agujas del reloj o los reproductores de discos son ejemplos de MCU. Nosotros viajando alrededor del Sol también estamos bajo MCU.
Si ω es constante, el cuerpo que gira siempre se desplazará la misma cantidad de grados, radianes o revoluciones en un mismo tiempo (por ejemplo, el segundero recorre siempre 90º = $\pi/2$ = ¼ rev cada 15 segundos). Así, se puede emplear la siguiente *Ecuación Horaria* para determinar la posición angular θ del cuerpo transcurrido cierto tiempo:

$$\theta_f = \omega.\Delta t + \theta_0$$

La anterior sale de una de las ecuaciones para ω más arriba, y si se presta atención, resulta muy análoga a $x(t) = v.t + x_0$, que permitía calcular la misma variable (desplazamiento) en casos de *MRU*.

- **MCUV - Movimiento Circular Uniformemente Variado (o Acelerado)**:
Como el nombre dice, el movimiento es acelerado de manera uniforme; ésto es: existe cierta aceleración angular α de valor constante que hace que la velocidad angular ω cambie uniformemente (quizás se acelere, quizás se desacelere). Hay entonces cierta analogía con los *MRUV* en cuanto a la velocidad y desplazamiento:

$$\omega_f = \alpha.\Delta t + \omega_0$$

y

$$\theta_f = \tfrac{1}{2}\, \alpha.\Delta t^2 + \omega_0.\Delta t + \theta_0$$

Este tipo de movimientos es bastante más complejo para analizar que el MCU, en el siguiente sentido: como ω va variando, ***v*** también va variando, ahora ya no solo de dirección, sinó también de magnitud. Así, ***v*** es afectado por 2 aceleraciones: la centrípeta a_C, que altera su dirección, y una nueva aceleración a_T llamada ***tangencial***, que altera su magnitud.

Por eso, en los ejemplos y problemas que analicemos de **MCUV**, nos limitaremos a estudiar las variables angulares solamente.

Ejemplo #1

a) ¿Cuál es el valor de la velocidad tangencial de un niño que se encuentra sobre una calesita, a 2 metros del centro de rotación, y que realiza una vuelta completa en 7 segundos?

b) ¿Cuál es su aceleración centrípeta?

c) ¿Cuánto recorrerá pasados 16 segundos de giro?

---

a) La ecuación de velocidad tangencial $v = 2.\pi.r / T$ nos resulta útil, ya que sabemos cuánto vale ***r*** (2 metros) y ***T*** (7 segundos). Por tanto:

$$v = \frac{2 . \pi . 2\ m}{7\ s} = \frac{12{,}56\ m}{7\ s} \boxed{= 1{,}8\ \ m/s}$$

Alternativamente, podríamos haber usado $v = \omega.r$; el paso previo habría consistido en determinar ω. ¿Cómo? Aprovechando que conocemos el período: ω se puede determinar como el cociente entre 2π (que es lo mismo que 1 rev, que es lo mismo que 360º) y el período – así:

$$\omega = \frac{2 . \pi\ \ rad}{7\ s} = \frac{6{,}28\ \ rad}{7\ s} \boxed{= 0{,}9\ rad/s}$$

Luego, al utilizar $v = \omega\ .\ r$:

$$v = \omega\ .\ r = 0{,}9\ \frac{rad}{s}\ .\ 2\ m \boxed{= 1{,}8\ m/s}$$

De esta manera, vemos que se llega al mismo resultado (al fin y al cabo, ambas ecuaciones para ***v*** son la misma).

b) $a_c = v^2 / r$:

$$a_c = v^2 / r = \frac{(1{,}8\ m/s)^2}{2\ m} = \frac{3{,}24\ m^{\cancel{2}}/ s^2}{2\ \cancel{m}} \boxed{= 1{,}62\ \frac{m}{s^2}}$$

c) Podemos utilizar $\theta_f = \omega.\Delta t + \theta_0$; como no se indica la posición inicial del niño, la elegimos a nuestro gusto, y nuestro gusto siempre nos lleva a elegir el 0, así que:

$$\theta_f = \omega.\Delta t = 0{,}9\ \frac{rad}{\cancel{s}} .\ 16\ \cancel{s} = 14{,}4\ rad = 14{,}4\ .\ 57°\ 20' \boxed{= 825°\ 36'}$$

Como cada vuelta equivale a 360º, el niño dio casi 2 vueltas y media.

Ejemplo #2

Las hojas de un ventilador giran inicialmente con una rapidez angular de 48,6 r.p.m.. Posteriormente, reducen su velocidad hasta que finalmente se detienen en un tiempo de 32 segundos. Calcular la aceleración angular de las hojas.

$\alpha = \Delta\,\omega / \Delta t$:

$$\alpha = \Delta\,\omega / \Delta t = \frac{0 \text{ r.p.m.} - 48{,}6 \text{ r.p.m}}{32 \text{ s}}$$

$$= -48{,}6\,\frac{\text{rev}}{\text{m}} : 32 \text{ s}$$

$$= \frac{-48{,}6 \text{ rev}}{60 \text{ s}} : 32 \text{ s}$$

$$\boxed{= -0{,}025 \text{ rev/s}^2}$$

Notar que la aceleración es negativa; eso confirma que el ventilador fue frenando (o lo que es lo mismo, que la velocidad angular fue disminuyendo).

Actividades

1 Una barra rígida de 50 cm de longitud rota alrededor de un eje que pasa por uno de sus extremos, barriendo un ángulo de 60º en dos segundos.

a) ¿Cuál es el valor de la velocidad angular de un punto ubicado en el extremo libre de la barra?

b) ¿Cuál es el valor de la velocidad angular de un punto ubicado en el centro de la barra?

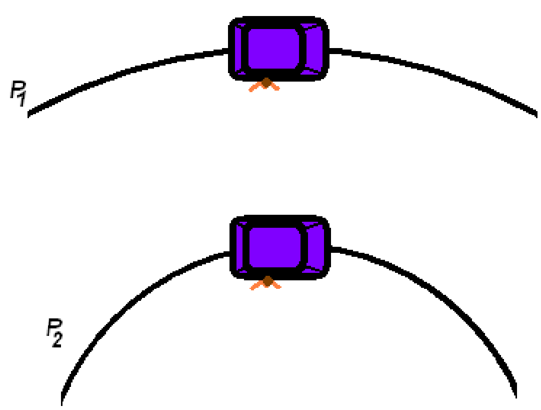
c) ¿Cuál es el valor de la velocidad tangencial de un punto ubicado en el extremo libre de la barra?

d) ¿Cuál es el valor de la velocidad tangencial de un punto ubicado en el centro de la barra?

2 La Luna describe una órbita completa aproximadamente circular de $3{,}8 \cdot 10^8$ m de radio alrededor de la Tierra en 27,3 días. ¿Cuál es la velocidad tangencial de la Luna? ¿Y su aceleración centrípeta? Calculen su frecuencia y su período.

3 Partiendo del reposo en ***t*** = 0, una rueda experimenta una aceleración angular constante. Cuanto ***t*** = 3 s, la velocidad angular es de 5 rad/s. La aceleración continúa hasta ***t*** = 10, momento en que desaparece. A partir de ahí, la rueda gira con velocidad constante, sin frenar. ¿Qué ángulo gira la rueda en el intervalo desde ***t*** = 0 hasta ***t*** = 10 s.

4 Dos autos se desplazan a una misma velocidad en las pistas P_1 y P_2, que se muestran en la figura.



a) ¿Cuál de las dos pistas tiene un radio mayor?

b) ¿Para cuál de los dos autos es mayor la aceleración centrípeta?

5 ***a)*** ¿Qué expresión relaciona ***v***, ω y ***r*** en un movimiento circular uniforme?

b) ¿Cuál es la expresión que proporciona el valor de a_c en un movimiento circular uniforme?

6 ¿Cómo son los valores de ***f***, ω, ***v*** y $\boldsymbol{a_c}$ de una moneda girando sobre el extremo exterior del plato giratorio de un tocadiscos comparados con los de la misma moneda a la mitad de distancia al centro de giro?

7 Seguramente sabés que la Tierra posee un movimiento de rotación sobre su propio eje.

a) ¿Cuál es el período de este movimiento?
b) ¿Cuál es la velocidad angular en grados sobre hora?

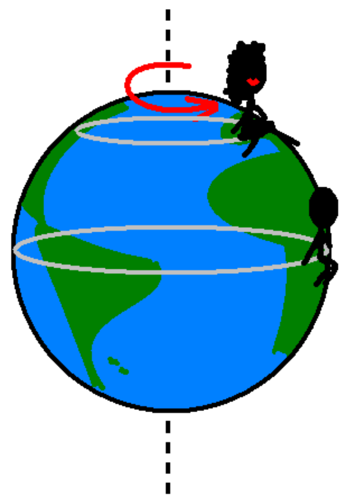
8 Una piedra atada a una cuerda posee un movimiento circular uniforme de período ***T*** = 0,20 s y radio ***r*** = 10 cm. Calculá para tal piedra:

a) la velocidad angular, en rad/s.
b) la velocidad lineal, en m/s.
c) la aceleración centrípeta, en m/s^2.

9 Hartos de que Edward solo les contestara con "*Zi, señoda*", Coty y Ramiro decidieron ir a otro lado, y se subieron a la Tierra, como indica la figura. ¿Cuáles de estas afirmaciones son correctas y cuáles no? Justificar.

a) El período de rotación de Coty es mayor que el de Ramiro.
b) La velocidad angular de Ramiro es igual a la de Coty.
c) El radio de giro de Coty es igual al de Ramiro.
d) La velocidad lineal de Ramiro es mayor que la de Coty.
e) La aceleración centrípeta de Coty es menor que la de Ramiro.
f) Ambos tienen mayor velocidad angular que cuando viajaban en el segundero.

Recordar que el radio de la Tierra (considerada esfera) es de 6370 km aprox..



10 Un cuerpo describe un movimiento circular uniforme al efectuar 240 rotaciones por minuto. El período de este movimiento es:

a) 4 segundos.
b) 1/240 segundos
c) 240 minutos.
d) 0,25 segundos.
e) 4 minutos.
f) Ninguna de las anteriores.

Si la respuesta correcta es f), determinar el valor del período.

11 ***a)*** Un cuerpo, en movimiento circular uniforme, tiene una velocidad angular $\omega = 10\ \pi$ rad/s. Determine la frecuencia y el período de ese movimiento.

b) Suponga que una partícula efectúa un movimiento circular uniforme con frecuencia de 0,25 Hertz. Calcule el período y la velocidad angular de esa partícula.

12 La rapidez angular de un motor automotriz aumenta uniformemente de 1,170 r.p.m. a 2,880 r.p.m. en 12,6 segundos.

a) Expresá la aceleración angular en rev/min^2.
b) ¿Cuántas revoluciones efectúa el motor en ese lapso?