# Ejercicios de Dinámica de Rotación:

1.- Un peso de $12$ lbf cuelga de una cuerda enrollada en un tambor de $2$ pies de radio, giratorio alrededor de un eje fijo O. La aceleración angular del tambor es de: $3\ \frac{rad}{s^2}$

a) Calcular la aceleración del peso de 12 [lbf]

b)Tensión en la cuerda.

c) Par de fuerzas que recibe el tambor

d) Momento de Inercia del tambor.

Resolución:

$a = \alpha R \rightarrow a = 3 \times 2 = 6\left[\frac{pie}{s^2}\right]$

a partir de la ecuación: $mg - T = ma \rightarrow T = mg - ma \rightarrow T = 12 - \frac{12}{32.174} \cdot 6 = 9.7622$

$\tau = T \cdot R \rightarrow \tau = 9.7622 \cdot 2 = 19.524[lbf \cdot pie]$

$\tau = I\alpha \rightarrow 19.524 = I \cdot 3$, Solution is: $I = 6.508[slug \cdot pie^2]$

..........................................................................................................................................

2.- Un volante tiene un momento de inercia de 12 $[slug \cdot pie^2]$ y pesa 100 $[lbf]$ Está acelerándose a la razón constante de $2\left[\frac{rad}{s^2}\right]$ .La masa del volante se supone que está concentrada en la llanta.

Calcular : el radio de giro ; diámetro, par resultante que recibe el volante, tiempo que tarda el volante en alcanzar una velocidad de $10\ [\frac{rad}{s}]$

$$\tau = I\alpha$$

$$\tau = FR$$

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

$\tau = I\alpha \rightarrow \tau = 12 \cdot 2 = 24[lbf \cdot pie]$

$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} \rightarrow 2 = \frac{10-0}{t}$, Solution is: $t = 5[s]$

$I = mk^2 \rightarrow 12 = \frac{100}{32.174}k^2$, Solution is: $k = 1.9649$ (radio de giro)

$2 \times 1.9649 = 3.9298$(diámetro)

..........................................................................................................................................

3.- Una rueda tiene 12 [cm] de de radio, una masa de 2.000 $[g]$ y un momento de inercia de 105 $[g \cdot cm^2]$ y rueda en una superficie plana con una velocidad lineal de 15 $[\frac{cm}{s}]$ Calcular : con qué velocidad se mueve el eje ; la velocidad angular del eje ;la energía cinética de traslación ; la energía cinética de rotación con respecto al eje ;la cantidad de movimiento lineal ; la cantidad de movimiento angular con relación al eje.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $R = 12[cm]$ | | $v = 15\frac{cm}{s}$ | |
| $m = 2000[g]$ | | | |
| $I = 105[g \cdot cm^2]$ | | | |

resolución:

$v = R\omega \rightarrow 15 = 12\omega \rightarrow \omega = \frac{15}{12} = 1.25[\frac{rad}{s}]$ rapidez angular

$E_{cT} = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow E_c = \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 15^2 = 225\,000\ [erg]$
$E_{cR} = \frac{1}{2}I\omega^2 \rightarrow E_{cR} = \frac{1}{2} \cdot 105 \cdot 1.25^2 = 82.031[erg]$
$p = mv \rightarrow p = 2000 \cdot 15 = 30000[g \cdot \frac{cm}{s}]$

$L = I \cdot \omega \rightarrow L = 105 \cdot 1.25 = 131.25\left[g \cdot \frac{cm^2}{s}\right]$

.............................................................................................................................................

4.- Un hombre se encuentra en una plataforma giratoria, montada en en chumaceras sin fricción, que describe 6 [rad/s] . La energía cinética de rotación del hombre más la plataforma vale 18 pie•[lbf]

¿ Cuánto vale el momento de inercia del conjunto hombre + plataforma ?

Cuando el hombre extiende sus brazos su velocidad angular desciende a 3 [rad/s] . Calcular la cantidad de movimiento angular del conjunto en estas condiciones.

$E_{CR} = \frac{1}{2}I\omega^2 \rightarrow 18 = \frac{1}{2} \cdot I \cdot 6^2 \rightarrow I = 1[slug \cdot pie^2]$

$L = I\omega \rightarrow L = 1 \cdot 6 = 6\left[slug \cdot \frac{pie^2}{s}\right]$ es la cantidad de movimiento angular antes de que el hombre extienda los brazos , por conservación de la Cant. de Movimiento, este valor se mantiene, y lo que cambia es el momento de Inercia.

.............................................................................................................................................

5.- Un volante tiene un momento de inercia de 100 $[slug \cdot pie^2]$ y un radio de giro de 4 $[pie]$, estando sujeto a un momento de 8 $[lbf \cdot pie]$.

Calcular su masa ; su peso ; aceleración angular ; el tiempo necesario para que se produzca un cambio de velocidad angular de 10 $[\frac{rad}{s}]$

| |
|---|
| $\tau = I \cdot \alpha$ |
| $\tau = F \cdot R$ |
| $I = m \cdot R_G$ |

$I = m \cdot R_G^2 \rightarrow 100 = m \cdot 4^2 \rightarrow m = \frac{25}{4} = 6.25[slug]$

200 lbf ; 0,08 rad/s2 ; 125 [s]

serbachi@hotmail.com

........................................................................................................................................

6.- Un disco homogéneo , que tiene una masa de 2 [kg] y un radio de 10 [cm], gira con respecto a su eje geométrico a 200 [rpm]. Calcular la fuerza constante que aplicada tangencialmente a la llanta, detenga al disco en 40 [s]

$200[rpm] = 200 \cdot \frac{2\pi}{60} = \frac{20}{3}\pi = 20.944[\frac{rad}{s}]$

$$\begin{array}{ccccccc}
F & \leftarrow & \tau = F \cdot R & & I & \leftarrow & I = \frac{1}{2}mR^2 \\
 & & \uparrow & & \downarrow & & \\
 & & \tau & \leftarrow & \tau = I \cdot \alpha & & \\
 & & & & \uparrow & & \\
 & & \alpha = \frac{\omega_F - \omega_i}{t} & \rightarrow & \alpha & &
\end{array}$$

$I = \frac{1}{2}mR^2 \rightarrow I = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0.10^2 = 0.01[kg \cdot m^2]$

$\alpha = \frac{\omega_F - \omega_i}{t} \rightarrow \alpha = \frac{0-20.944}{40} = -0.5236\frac{rad}{s^2}$

$\tau = I \cdot \alpha \rightarrow \tau = 0.01 \cdot (-0.5236) = -5.236 \times 10^{-3}[N]$

$\tau = F \cdot R \rightarrow -5.236 \times 10^{-3} = F \cdot 10$, Solution is: $F = -5.236 \times 10^{-4}[N]$

........................................................................................................................................

7.- Un tambor cilíndrico homogéneo , pesa 15 $[lbf]$ y tiene un radio de 6 $[plg]$.

Con relación a su eje geométrico gira a $2[\frac{rev}{s}]$

Calcular : momento de inercia con respecto a su eje de rotación; aceleración que produce una fuerza tangencial de 1 lbf aplicada a la llanta ; tiempo necesario para que se detenga ;número de revoluciones que hace el tambor hasta detenerse.

$$\begin{array}{cccccccc}
 & & F & \rightarrow & \tau = F \cdot R & & I & \leftarrow \; I = \frac{1}{2}mR^2 \\
 & & & & \uparrow & & \downarrow & \\
 & \theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 & & & \tau & \leftarrow & \tau = I \cdot \alpha & \\
2\alpha\theta = \omega_F^2 - \omega_i^2 & & \leftarrow\uparrow & & & & \uparrow & \\
 & & t & \leftarrow & \alpha = \frac{\omega_F - \omega_i}{t} & \rightarrow & \alpha &
\end{array}$$

$\omega_i = 2\frac{rev}{s} = 2 \cdot 2\pi\frac{rad}{s} = 12.566\frac{rad}{s}$

$I = \frac{1}{2}mR^2 \rightarrow I = \frac{1}{2}\frac{15}{32} \cdot (\frac{6}{12})^2 = 5.8594 \times 10^{-2} \approx 0.058594[slug \cdot pie^2]$

$I = mR_G^2 \rightarrow 0.058594 = \frac{15}{32}R_G^2$, Solution is: $R_G = 0.35355[pie]$

$\tau = F \cdot R \rightarrow \tau = 1 \cdot \frac{6}{12} = 0.5$

$\tau = I \cdot \alpha \rightarrow 0.5 = 0.058594 \cdot \alpha$, Solution is: $\alpha = 8.5333\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

$-8.5333 = \frac{0-12.566}{t}$, Solution is: $t = 1.4726[s]$

$\theta = \omega_i t - \frac{1}{2}\alpha t^2 \rightarrow \theta = (12.566)(1.4726) - \frac{1}{2}(8.5333)(1.4726)^2 = 9.2523[rad]$

también: $2\alpha\theta = \omega_F^2 - \omega_i^2 \rightarrow 2(-8.5333)\theta = 0 - 12.56^2$, Solution is: $\theta = 9.2434$

finalmente: $\theta = 9.2523[rad] = 9.2523[rad] \times \frac{rev}{2\pi[rad]} = \frac{9.2523}{2\pi}[rev] = 1.4726[rev]$

........................................................................................................................................

8.- Calcular la distancia que debe recorrer un aro de 6 [plg] de radio que rueda hacia arriba de un plano inclinado 30º, si su velocidad lineal al [pie] del plano es 5 [pie]/s

Considerando: $mgh = \frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2$ (teorema de conservación de la energía)

$mgh = \frac{1}{2}(mR^2)\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2$ en donde: $I = mR^2$ , momento de inercia de un aro

$mgh = \frac{1}{2}m(R^2\omega^2) + \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mv^2 \rightarrow mgh = mv^2$ ,recordar que $v = \omega R$

$gh = v^2 \rightarrow h = \frac{v^2}{g}$

pero: $\sin 30^\circ = \frac{h}{d} \rightarrow h = d\sin 30^\circ = \frac{1}{2}d \rightarrow \frac{1}{2}d = \frac{v^2}{g} \rightarrow$

$d = \frac{2v^2}{g} \rightarrow d = \frac{2 \cdot 5^2}{32} = \frac{25}{16} = 1.5625[pie]$

........................................................................................................................................

9.- Una rueda de automóvil con su neumático, que pesa 60 [lbf] tiene un momento de inercia combinado de 3 $[slug \cdot pie^2]$

Calcular el radio de giro ;aceleración angular producida cuando se aplica mediante un freno un par de fuerzas de 2 $[lbf \cdot pie]$

$I = mR_G^2 \rightarrow 3 = \frac{60}{32}R_G^2$, Solution is: $\{R_G = 1.2649[pie]\}$

$\tau = I \cdot \alpha \rightarrow 2 = 3\alpha$, Solution is: $\left\{\alpha = 0.66667\left[\frac{rad}{s^2}\right]\right\}$

........................................................................................................................................

10.- Un aro de 2 [lbf] y de 6 [plg] de radio gira por el piso con una velocidad angular de 90 vueltas por minuto. ¿ Cuál es su energía cinética total ?

$\omega = 90\left[\frac{rev}{\min}\right] = 90 \cdot \frac{2\pi}{60}[\frac{rad}{s}] = 9.4248[\frac{rad}{s}]$

$v = \omega R \rightarrow v = 9.4248 \cdot \frac{6}{12} = 4.7124$

$I = mR^2 \rightarrow I = \frac{2}{32}(\frac{6}{12})^2 = \frac{1}{64} = 1.5625 \times 10^{-2}$

$E_{total} = \frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow E_{total} = \frac{1}{2}(1.5625 \times 10^{-2})(9.4248)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{32}\right)(4.7124)^2 = 1.3879[lbf \cdot pie]$

........................................................................................................................................

11.- Una cuerda se enrolla en un cilindro homogéneo de 6 [plg] de radio y de 3 [lbf] El extremo libre de la cuerda se amarra al techo desde donde el cilindro se deja caer, empezando desde el reposo . Conforme la cuerda se desenrolla., el cilindro gira. ¿Cuánto vale la aceleración lineal del centro de masa ? ¿ la velocidad lineal y a qué velocidad gira el cilindro después de haber caído 6 pies ? ¿ Cuánto vale la tensión en la cuerda ?

Ecuaciones:

$$\begin{bmatrix} m \cdot g - F = m \cdot a & d = v_i t + \frac{1}{2}at^2 & a = \frac{v_F - v_i}{t} \\ \tau = F \cdot R & \tau = I \cdot \alpha & 2ad = v_F^2 - v_i^2 \\ a = \alpha \cdot R & I = \frac{1}{2}mR^2 & v = \omega R \end{bmatrix}$$

$m \cdot g - F = m \cdot a$, Solution is: $a = -\frac{1}{m}(F - gm)$ (*)

de $\tau = F \cdot R$ y $\tau = I \cdot \alpha$, obtenemos: $F \cdot R = I \cdot \alpha$
en donde: $I = \frac{1}{2}mR^2$, luego: $F \cdot R = \frac{1}{2}mR^2 \cdot \alpha \to F = \frac{1}{2}ma$, que se puede sustituir en (*)
$a = -\frac{1}{m}(\frac{1}{2}ma - gm)$, Solution is: $a = \frac{2}{3}g \to a = \frac{2}{3} \cdot 32 = 21.333\left[\frac{pie}{s^2}\right]$
ahora es posible calcular la tensión: $21.333 = -\frac{1}{\left(\frac{3}{32}\right)}(F - 3)$, Solution is: $F = 1.0[lbf]$
$2ad = v_F^2 - v_i^2 \to 2(21.333)(6) = v_F^2 - 0$, Solution is: $v = 16.0\left[\frac{pie}{s}\right]$

$v = \omega R \to 16 = \omega\frac{6}{12}$, Solution is: $\omega = 32[\frac{rad}{s}]$

Resumen de Resultados :

1.- $6[\frac{pie}{s^2}]$; $9,75[lbf]$; $19,50\ [lbf \cdot pie]$ ; $6,5\ [slug \cdot pie^2]$

2.- $1,96[pie]$; $3,90[pie]$; $24\ [lbf \cdot pie]$ ; $5[s]$

3.- 15 $[\frac{cm}{s}]$ ; 1,25 $[\frac{rad}{s}]$ ; 225.000 $[erg]$ ; 78.100 $[erg]$ ; 30.000$[g \cdot cm/s]$; 125.000 [g•cm2•rad/s]

4.- 1 $[slug \cdot pie^2]$ ; 12 $\left[\frac{slug \cdot pie^2}{s}\right]$

5.- 6,25 $[slug]$ ; 200 $[lbf]$ ; 0,08 $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$ ; 125 $[s]$

6.- 5230 $[dina]$

7.- 0,0587 $[slug \cdot pie^2]$ ; 0,352 $[pie]$ ; -8,5 $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$ ; 1,48$[s]$ ;1,47 $[rev]$

8.- 1.566 $[pie]$

9.- 1265 $[pie]$ ; 0,67 $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

10.- 1,39 $[lbf \cdot pie]$

11.- 21,3 $[\frac{pie}{s^2}]$ ; 16 $[\frac{pie}{s}]$ ;32 $[\frac{rad}{s}]$ 1 $[lbf]$

## Nuevo listado:

1.- Un disco sólido ($I = \frac{1}{2}mR^2$) de $20[kg]$ rueda sobre una superficie plana horizontal a razón de $4\frac{m}{s}$.

Determínese su energía cinética total.

"La energía cinética total de un cuerpo que rueda es igual a la suma de su energía cinética rotacional alrededor de un eje que pasa por su centro de masa y la energía cinética traslacional de una masa puntual equivalente que se mueve con el centro de masa." En forma de ecuación:

$E_C(total) = \frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2$

Para el problema que ocupa nuestra atención: $I = \frac{1}{2}mR^2$

se tendrá: $E_C(total) = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}mR^2)\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow E_C(total) = \frac{1}{4}m(R\omega)^2 + \frac{1}{2}mv^2$, en donde $v = R\omega$

$E_C(total) = \frac{1}{4}mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow E_C(total) = \frac{3}{4}mv^2$

de este modo: $E_C(total) = \frac{3}{4} \cdot 20 \cdot 4^2 = 240[J]$

Notabene:

Si consideramos una partícula de masa "m" moviéndose a lo largo de una trayectoria circular, su energía cinética es igual a $\frac{1}{2}mv^2$, si la velocidad angular es $\omega$ y el radio de la circunferencia es R, se tendrá: $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(R\omega)^2 = \frac{1}{2}(mR^2)\omega^2$

En donde a la cantidad $\frac{1}{2}(mR^2)$se ha convenido en llamar Momento de Inercia(o momento de segundo orden, por la presencia de una potencia de exponente dos)

En general para un sistema de "n" partículas, esta expresión toa la forma: $\frac{1}{2}\sum(m_i R_i^2)$

Al tratarse de un cuerpo sólido, la expresión anterior se generaliza aún más, tomando la forma de una integral, que se debe resolver sobre la región ocupada por el cuerpo.

$I = \int_{región} r^2 dm$

.................................................................................................................................

2.- Una bola de boliche de 6$[kg]$ $(I = \frac{2}{5}mR^2)$parte del reposo y rueda hacia abajo de una pendiente regular, hasta que alcanza un punto que se encuentra 80 $[cm]$ más abajo que el punto de partida(medido verticalmente) ¿Con qué rapidez se está moviendo? Ignorar las pérdidas por fricción.

Tomando como nivel de referencia, el punto situado a 80 cm bajo el punto de partida, se debe cumplir por el teorema de conservación de la energía:

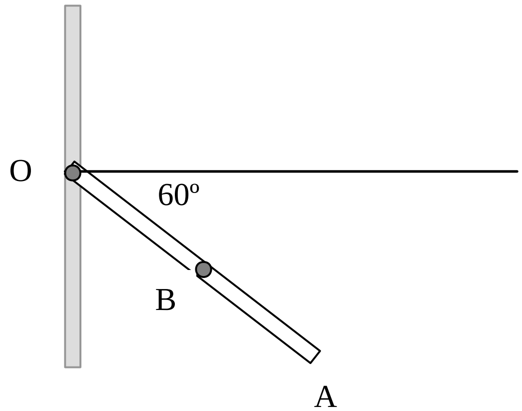
$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$ , como: $I = \frac{2}{5}mR^2$ al reemplazar: $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}mR^2 \cdot \omega^2$

$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv^2 \rightarrow mgh = \frac{7}{10}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{10}{7}gh} \rightarrow v = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot 9.8 \cdot 0.80}\,[\frac{m}{s}]$

$v = 3.3466[\frac{m}{s}]$

.................................................................................................................................

3.- La varilla OA de la figura es una regla de un metro de longitud y que está articulada en el punto O, de manera que puede dar vueltas en un lano vertical. Se sostiene horizontalmente y después se suelta. Calcular la rapidez angular de la varilla y la rapidez lineal de su extremo libre, cuando pasa a través de la posición que se muestra en la figura.




Haciendo uso del Principio de Conservación de la Energía y tomando en cuenta que el punto B, en el que se puede considerar la masa de la regla concentrada en su totalidad(centro de masa), baja una una distancia $\frac{l}{2}\sin 60^\circ$, en consecuencia:

$mgh = \frac{1}{2}I\omega^2$ , ya que no hay movimiento de traslación.

$mg\frac{l}{2}\sin 60^\circ = \frac{1}{2}\left(\frac{ml^2}{3}\right)\omega^2 \to g\sin 60^\circ = \frac{l}{3}\omega^2$

$\omega = \sqrt{\frac{3g\sin 60^\circ}{l}} \to \omega = \sqrt{\frac{3\cdot 9.8\sin 60^\circ}{1}} \to \omega = 5.0459\frac{rad}{s} \to v = 5.0459\frac{m}{s}$ ( ya que R=1m)

........................................................................................................................................

4.- Un cilindro sólido de 82 $[kg]$ y 22 $[cm]$ de radio tiene una fuerza aplicada constante de 45 $[N]$ aplicada tangencialmente en su superficie por medio de una banda de cuero.

Hallar :

a) momento de Inercia

b) aceleración angular.

c) velocidad angular al cabo de 4 segundos.

d) desplazamiento angular al cabo de 4 segundos.

e) demuéstrese que el trabajo realizado sobre el cilindro es igual a su energía cinética a los 4 segundos.

a) Para un cilndro sólido: $I = \frac{1}{2}mR^2 \to I = \frac{1}{2}\cdot 82\cdot 0.22^2 = 1.9844[kg\cdot m^2]$

b) A partir de : $\tau = I\alpha \to F\cdot R = I\cdot\alpha \to \alpha = \frac{F\cdot R}{I} \to \alpha = \frac{45\cdot 0.22}{1.9844} = 4.9889\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

c) Considerando que parte del reposo cuando t=0:

$\alpha = \frac{\omega_F - \omega_i}{t} \to 4.9889 = \frac{\omega_F - 0}{4}$, Solution is: $\omega_F = 19.956[\frac{rad}{s}]$

d) $2\alpha\theta = \omega_F^2 - \omega_i^2 \to 2\cdot 4.9889\cdot\theta = 19.956^2 - 0$, Solution is: $\theta = 39.913[rad]$

e) La energía cinética angular viene dada por : $E_C = \frac{1}{2}I\omega^2$

es decir: $E_C = \frac{1}{2}\cdot 1.9844\cdot 19.956^2 = 395.14[J]$

y el trabajo: $W = \tau\cdot\theta = F\cdot R\cdot\theta;$ luego: $W = 45\cdot 0.22\cdot 39.913 = 395.14[J]$

Es decir se cumple: $W = E_C$

Observación: Cualquier pequeña diferencia en los valores decimales se deben al arrastre de las aproximaciones decimales.

..........................................................................................................................................

5.- Cuando se aplican 100 $[J]$ de trabajo sobre un volante, su rapidez angular se incrementa de

60 $[rpm]$ a 180$[rpm]$ ¿Cuál es su momento de Inercia?

a partir de : $W = \frac{1}{2}I\omega_F^2 - \frac{1}{2}I\omega_i^2 \to W = \frac{1}{2}I(\omega_F^2 - \omega_i^2) \to I = \frac{2W}{(\omega_F^2 - \omega_i^2)}$

como: $\omega_i = 60\ [rpm] = 60 \cdot \frac{2\pi}{60} = 2\pi[\frac{rad}{s}]$, $\omega_F = 180[rpm] = 180 \cdot \frac{2\pi}{60} = 6\pi[\frac{rad}{s}]$

$I = \frac{2 \cdot 100}{(6\pi)^2 - (2\pi)^2} = \frac{25}{4\pi^2} = 0.633\,26 \to I = 0.633\,26[kg \cdot m^2]$

..........................................................................................................................................

6.- Una rueda de 5 kg con radio de giro de 20 cm llega a tener una rapidez de 10$[\frac{rev}{s}]$ en 25 $[s]$ partiendo del reposo. Determínese la torca (momento) constante no balanceada requerida.

$\omega_F = 10[\frac{rev}{s}] = 10[2\pi\frac{rad}{s}] = 20\pi[\frac{rad}{s}]$

$\alpha = \frac{\omega_F - \omega_i}{t} \to \alpha = \frac{20\pi - 0}{25} = \frac{4}{5}\pi\frac{rad}{s}$

como $I = mR_G^2 \to I = 5 \cdot 0.20^2 = 0.2\ [kg \cdot m^2]$

$\tau = I\alpha \to \tau = 0.2 \cdot \frac{4}{5}\pi \to \tau = 0.16\pi = 0.502\,65[N \cdot m]$

..........................................................................................................................................

7.- Una rueda de 4 $[kg]$ y radio de giro de 20 $cm$ está rotando a 360$[rpm]$. La torca debida a la fuerza de fricción es de 0,12 $[N \cdot m]$. Calcúlese el tiempo necesario para llevar la rueda hasta el reposo.

El momento de Inercia para la rueda es: $I = mR_G^2$

luego: $I = 4 \cdot 0.20^2 \to I = 0.16\ [kg \cdot m^2]$

como $\tau = I\alpha \to 0.12 = 0.16\alpha$, Solution is: $\alpha = 0.75\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

como $\omega_i = 360[rpm] = 360\frac{2\pi}{60}[\frac{rad}{s}] = 12\pi[\frac{rad}{s}]$

$\alpha = \frac{\omega_F - \omega_i}{t} \to -0.75 = \frac{0 - 12\pi}{t}$, Solution is: $t = 50.265[s]$

..........................................................................................................................................