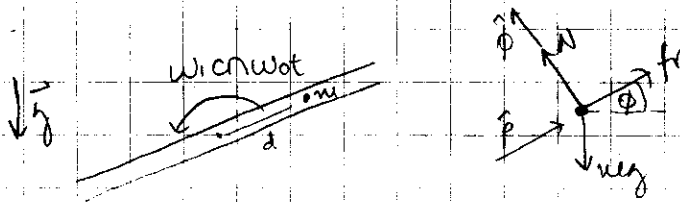


Un tubo puede girar en torno a un eje horizontal que pasa por su centro. En su interior una partícula de masa m está "pegada" al tubo debido a un coef. de roce estático μ_e a distancia d del centro. El tubo oscila con $\omega(t) = \omega_1 \cos \omega_0 t$ con $\omega_1 \ll \omega_0$ y $\gamma/\omega_0 < \mu_e$

- Encontrar condiciones sobre ω_1 tal que la partícula no deslice
- Si ω_1 mayor que el de a), encontrar condiciones de nuevo (suponiendo aún $\omega_1 \ll \omega_0$)
- Si μ_d : Coef. de roce dinámico
- ¿cómo cambia todo si $\mu_e = \mu_d = 0$?



Sol: a) $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

$$\Sigma \vec{F} = (f_r - m g \sin \phi) \hat{p} + (N - m g \cos \phi) \hat{\phi} = m(\ddot{\phi} - \phi \dot{\phi}^2) \hat{p} + m(\phi \ddot{\phi} + 2\dot{\phi} \dot{\phi}) \hat{\phi}$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} f_r - m g \sin \phi &= -m d \dot{\phi}^2 \\ N - m g \cos \phi &= m d \ddot{\phi} \end{aligned}$$

$\phi?$ $\dot{\phi}(t) = \omega_1 \sin \omega_0 t \Rightarrow \phi(t) = \frac{\omega_1}{\omega_0} \sin \omega_0 t$; $|\phi| \ll 1$ $\sin \phi \approx \phi$
 $\cos \phi \approx 1$

$$\Rightarrow f_r - m g \frac{\omega_1}{\omega_0} \sin \omega_0 t = -m d \omega_1^2 \cos^2 \omega_0 t$$

$$N - m g = -m d \omega_1 \omega_0 \sin \omega_0 t \Rightarrow N = m g - m d \omega_1 \omega_0 \sin \omega_0 t$$

$$f_r = m g \frac{\omega_1}{\omega_0} \sin \omega_0 t - m d \omega_1^2 \cos^2 \omega_0 t$$

$|f_r| \leq \mu_e N$ Para que no deslice

$|f_r|$ es mayor cuando $\cos \omega_0 t = 1$ ($\Leftrightarrow \sin \omega_0 t = 0$) porque $\frac{\omega_1}{\omega_0} \ll 1$
 (es cuando es más probable que deslice)