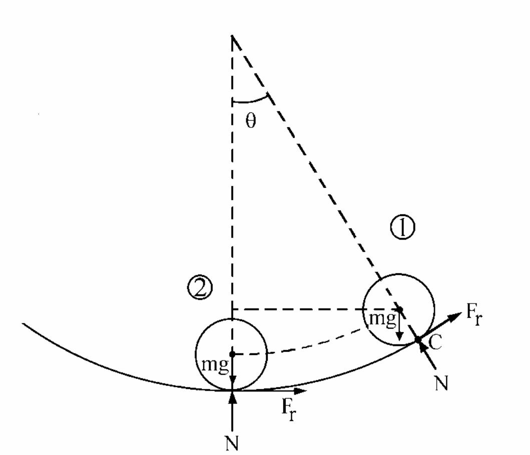
a) Hacemos el diagrama del sólido libre en dos posiciones del disco, la posición 1, que es cuando se suelta el disco desde el reposo en la posición indicada, y la posición 2 que es cuando el disco pasa por B.



La única fuerza que realiza trabajo es el peso del disco, pues N es perpendicular al desplazamiento y F_r es una resistencia a la rodadura. Como el peso es una fuerza conservativa, se conserva la energía mecánica, o lo que es lo mismo, la variación de energia potencial gravitatoria entre los puntos 1 y 2 es igual a la variación de energía cinética del disco entre dichos puntos. Como inicialmente (punto 1) el disco está en reposo, la variación de energía cinética se reduce a la energía cinética en 2.

$$\Delta E_{Pg} = \Delta E_C$$

$$mg[R - r - (R-r)\cos\theta] = \frac{1}{2} m v_G^2 + \frac{1}{2} I_G \omega^2$$

Como el disco rueda sin deslizar:

$$v_G = \omega r \Rightarrow \omega = \frac{v_G}{r}$$

Sustituyendo:

$$mg[R - r - (R-r)\cos\theta] = \frac{1}{2} m v_G^2 + \frac{1}{2} I_G \omega^2 \Rightarrow mg[R - r - (R-r)\cos\theta] = \frac{1}{2} m v_G^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2} m r^2 \frac{v_G^2}{r^2}$$

$$g[R - r - (R-r)\cos\theta] = \frac{3}{4} v_G^2$$

De donde:

$$\underline{v_G = \sqrt{\frac{4g[R - r - (R-r)\cos\theta]}{3}}}$$

b) Tenemos el diagrama del sólido libre del sistema en la posición 2. En cualquier posición el cilindro tendrá aceleración tangencial (en dirección tangente a la trayectoria) y normal (en la dirección del radio de curvatura y apuntando hacia el centro de curvatura). Si aplicamos la segunda ley de Newton en la dirección normal tendremos que para la posición 2:

$$\Sigma F_n = m(a_G)_n \Rightarrow N - mg = m\frac{v_G^2}{R-r}$$

$$N = mg + m\frac{v_G^2}{R-r} = m\left(g + \frac{v_G^2}{R-r}\right) = m\left(g + \frac{4g[R - r - (R-r)\cos\theta]}{3(R-r)}\right)$$

$$\underline{N = m\left(g + \frac{4g[R - r - (R-r)\cos\theta]}{3(R-r)}\right)}$$