Questão 1	(2.5)

Uma esfera sólida de peso 36.0 N, sobe rolando (sem deslizar) um plano inclinado em um ângulo de 30.0°. Na base horizontal, antes de começar a subir a rampa, o centro de massa da esfera possue uma velocidade translacional de 4.90 m/s.

(1.0): a) Qual é a energia cinética total da esfera na base do plano?
(1.0): b) Que distância a esfera sobe ao longo do plano?
(0.5): c) A resposta de (b) depende da massa da esfera? Justifique sua resposta.

(a) $K = \frac{1}{2} m v_{CM}^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (1)$

onde $v_{CM} = \omega R$ e $I = \frac{2}{5} m R^2$

Substituindo em (1)

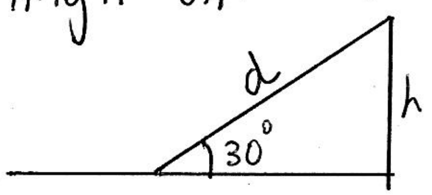
$$K = \frac{1}{2} m v_{CM}^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5} m R^2\right)\frac{v_{CM}^2}{R^2} = \frac{7}{10} m v_{CM}^2$$

$$K = \frac{7}{10} \times \frac{36}{9{,}8} \times 4{,}9^2 = \boxed{61{,}7\ J}$$

b) $\Delta K + \Delta U = 0$

$(0 - 61{,}7) + (mgh - 0) = 0$

$mgh = 61{,}7 \quad (2)$



$h = d \sin 30^\circ$

Substituindo em (2)

$mg\, d \sin 30^\circ = 61{,}7$

$$d = \frac{61{,}7}{mg \sin 30^\circ} = \frac{61{,}7}{36 \times 0{,}5} = \boxed{3{,}43 m}$$

(c) não

$\Delta K + \Delta U = 0$

$\frac{7}{10} \cancel{m} v_{CM}^2 = \cancel{m} g\, d \sin 30^\circ$

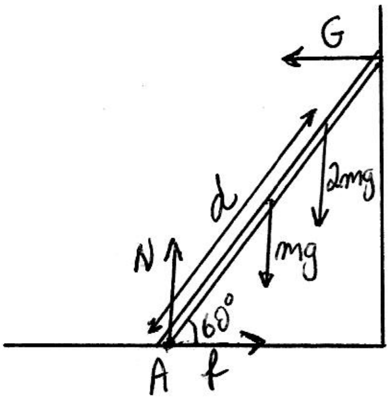
$d = \frac{7}{10} \frac{v_{CM}^2}{g\, 0{,}5}$ não depende de m!

Questão 2	(2.5)

Uma escada de comprimento L, densidade uniforme e massa m está com sua extremidade superior apoiada contra uma parede vertical sem atrito, enquanto que a extremidade inferior apoia-se no solo, fazendo um ângulo de 60.0 ° com a horizontal. O coeficiente de atrito estático com o solo é $\mu_e = 0.400$. Um homem, com massa $M = 2m$ começa a subir a escada.

(1.5): a) Que fração do comprimento L da escada o homem alcançará quando ela começar a deslizar?

(1.0): b) Nas condiçes do ítem (a), encontre as forças normais entre a parede e a escada e entre o solo e a escada.



$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow f = G$ (1)

$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N = 2mg + mg = 3mg$ (2)

Nas condições de começar a deslizar, a força de atrito é: $f = \mu_E N$

Em relação ao ponto A

$\Sigma \tau = 0$

$-mg\cos 60° \times \frac{L}{2} - mg\cos 60 \cdot d + G\sin 60° L = 0$ (3)

$d = -\frac{mg}{4} L + \frac{G\sqrt{3}}{2} L$ (4)

de (1) $G = f = \mu_E N \Rightarrow$ usando (2)

$G = \mu_E 3mg = 0{,}4 \times 3mg = \boxed{1{,}2\,mg}$

$\boxed{N = 3mg}$ (b)

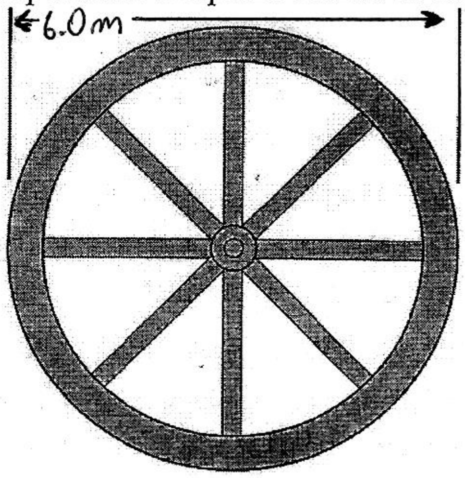
Substituindo em 4

$d = -\frac{mgL}{4} + \frac{1{,}2 \times \sqrt{3}}{2} mgL = 0{,}789\,L$

$\boxed{\frac{d}{L} = 0{,}789}$ (a)

Questão 3 (2.5)

Um carrossel é composto de um arco e oito ripas radiais, como mostrado na figura. O arco possui massa igual a 14.0 kg. Cada uma de suas oito ripas, distribuídas ao longo de diâmetros, possuem comprimento de 3.00 m e massa igual a 2.80 kg (podem ser aproximadas como hastes finas). Uma criança de 45.0 kg corre com velocidade de 3 m/s, tangenciando a periferia do carrossel, quando este está em repouso. A seguir, pula para o carrossel (inicialmente em repouso) nas proximidades da periferia. Despreze o atrito no eixo do carrossel.



(0.5): a) Qual é o momento de inércia do carrossel em relação a um eixo perpendicular ao plano do carrossel e passando pelo seu centro (sem a criança).

(1.0): b) O momento angular da criança no momento em que ela corre tangente à borda externa do carrossel.

(1.0): c) A velocidade angular final do carrossel e da criança.

$$I_{arco} = mR^2 = 14 \times 3^2 = 126\ kgm^2$$

$$I_{ripas} = \underbrace{\left(\frac{ML^2}{12} + \frac{ML^2}{4}\right)}_{\text{Teorema dos eixos paralelos}} \times 8 = \left(\frac{2{,}8 \times 3^2}{12} + \frac{2{,}8 \times 3^2}{4}\right) \times 8 = 67{,}2\ kgm^2$$

(a) $I_T = I_{arco} + I_{ripas} = 126 + 67{,}2 = \boxed{193{,}2\ kgm^2}$

(b) $|L| = mrv\sin 90° = 45 \times 3 \times 3 \times 1 = \boxed{405\ \frac{kgm^2}{s}}$

Como a força no eixo é radial, ela não exerce torque e o momento angular se conserva

$L_i = L_f$

$L_i = L_{criança} = 45 \times 3^2 = 405\ \frac{kgm^2}{s}$

$L_f = (I_T + I_{criança})\,\omega = L_i$

(c) $\omega = \frac{405}{193{,}2 + 45 \times 3^2} = \boxed{0{,}68\ \frac{rad}{s}}$

Questão 4	(2,5)

Um satélite de massa 200 kg é colocado em órbita da Terra a uma altura de 200 km acima da superfície terrestre.

(1.0): a) Considerando uma óbitra circular, quanto tempo o satélite leva para completar a órbita?

(0,5): b) Qual é a velocidade do satélite?

(1.0): c) Qual é a mínima energia a ser fornecida ao satélite na superfície terrestre (na linha do equador) para colocar este satélite em órbita. Ignore a resistência do ar mas inclua o efeito da rotação diária da Terra em torno do seu eixo.

$$r = R_T + h = (6370 + 200) \times 10^3 m = 6{,}57 \times 10^6 m$$

$$\frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}{6{,}57 \times 10^6}} = \boxed{7{,}79 \times 10^3 m/s} \quad (b)$$

$$(a) \quad T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \times 6{,}57 \times 10^6}{7{,}79 \times 10^3} \simeq 5299 s \simeq 1{,}47 \text{ horas}$$

$$(c) \quad K_f + U_f = K_i + U_i + E$$

$$\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{GMm}{r} = \frac{1}{2} m v_i^2 + \frac{GMm}{R_T} + E$$

onde $r = 6{,}57 \times 10^6 m$

$v_f = 7{,}79 \times 10^3 m/s$

$$v_i = \frac{2\pi R_T}{T} = \frac{2\pi R_T}{24 \times 3600} = \frac{2\pi \times 6{,}37 \times 10^6}{86400} \simeq 463 m/s$$

$$E = \frac{1}{2} m (v_F^2 - v_i^2) + GMm\left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{r}\right)$$

$$\boxed{E \simeq 6{,}05 \times 10^9 J} \quad (c)$$