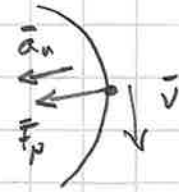


3-11) rata nopeus $v = 17 \text{ km/h}$
 radan säde $r = 45 \text{ m}$
 putoamiskiihtyvyys $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$\mu = \text{kitkakerroin}$



Kitkavoima $F_p = \mu N$, missä
 pinnan tukivoima $N = G = mg$

Ympyräliikkeen rataehto dynamiikan perustlain mukaan
 $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

$$F_n = m a_n$$

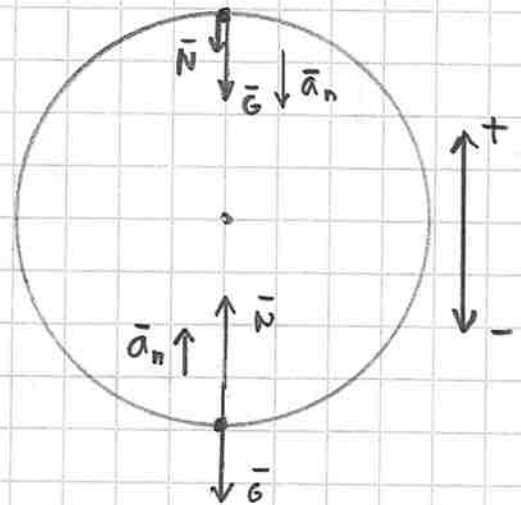
missä normaaliavoimana on kitka ja
 normaalikiihtyvyys $a_n = \frac{v^2}{r}$

$$F_p = m \frac{v^2}{r}$$

$$\mu mg = m \frac{v^2}{r} \quad || : m \quad || : g$$

$$\mu = \frac{v^2}{rg} = \frac{(17 : 3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{45 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,0505... \approx \underline{\underline{0,051}}$$

3-12) $\vec{G}$ = painovoima
 $\vec{N}$ = istuimen tukivoima
 radan säde $r = 1000 \text{ m}$
 massa $m = 72 \text{ kg}$
 rata nopeus $v = 360 \text{ km/h}$
 putoamiskiihtyvyys $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



b) Rataehto Newtonin II lain mukaan

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_n$$

$$\vec{N} + \vec{G} = m\vec{a}_n$$

$$N - mg = m \frac{v^2}{r}$$

$$N = \frac{mv^2}{r} + mg = \frac{72 \text{ kg} (360 : 3,6)^2}{1000 \text{ m}} + 72 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$= 1426,32 \text{ N} \approx 1,4 \text{ kN} \text{ ylöspäin}$$

(Huom! Annetuilla arvoilla rataehto ei toteudu radan
 ylimmässä pisteessä. Tukivoima suuntautuisi ylöspäin !?)

3-14) radan säde $r = 4,1 \text{ m}$
 ratanopeus $v = 3,3 \text{ m/s}$
 massa $m = 22 \text{ kg}$

$\vec{N}$ = köyden jännitysvaima
 $\vec{G}$ = paino

Keinoja ei liiku y-suunnassa, jolloin

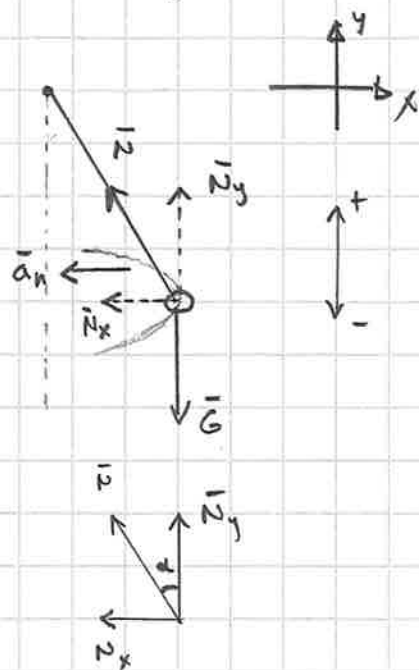
$$\sum \vec{F}_y = 0 \quad \text{eli} \quad N_y = G = mg \\ = 22 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 215,82 \text{ N}$$

Köyden jännitysvoiman vaakasuuntainen komponentti on keskeisvoima. Ympyräliikkeen rataehto Newtonin toisen lain mukaan on

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}_n$$

$$N_x = m \frac{v^2}{r}$$

$$N_x = 22 \text{ kg} \cdot \frac{(3,3 \text{ m/s})^2}{4,1 \text{ m}} = 58,434... \text{ N}$$



Langan jännitysvaima saadaan Pythagorään lauseesta

$$N = \sqrt{N_x^2 + N_y^2} = \sqrt{(58,434... \text{ N})^2 + (215,82 \text{ N})^2} = 223,58... \text{ N} \\ \approx 220 \text{ N}$$

Jännitysvoiman suunta

$$\tan \alpha = \frac{N_x}{N_y}$$

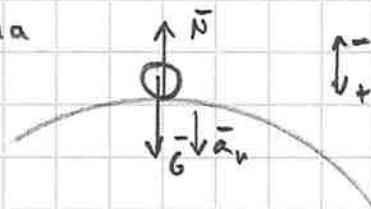
$$\tan \alpha = \frac{58,434... \text{ N}}{215,82 \text{ N}} \quad || \tan^{-1}$$

$$\alpha = 15,14...^\circ \approx 15^\circ \quad \text{pystysuunnan suhteen.}$$

3-15)

Kaarevuussäde $r = 1,2 \text{ m}$

Laskijaan vaikuttava kokonaisvoima pystysuunnassa on $\Sigma \vec{F} = \vec{G} + \vec{N}$



Kun laskija on irtautumassa maan pinnasta, on tukivoima

$\vec{N} = \vec{0} \Rightarrow$ Ympyräradalla keskeisvoimana on silloin vain painovoima, Ratakehdo Newtonin II lain mukaan on

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_n$$

$$\vec{G} = m \vec{a}_n$$

$$mg = m \frac{v^2}{r}$$

$$g = \frac{v^2}{r} \quad || : m \quad || \cdot r \quad || \sqrt{}$$

$$v = \sqrt{gr} = \sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 \text{ m}} \approx \underline{\underline{3,4 \text{ m/s}}}$$