

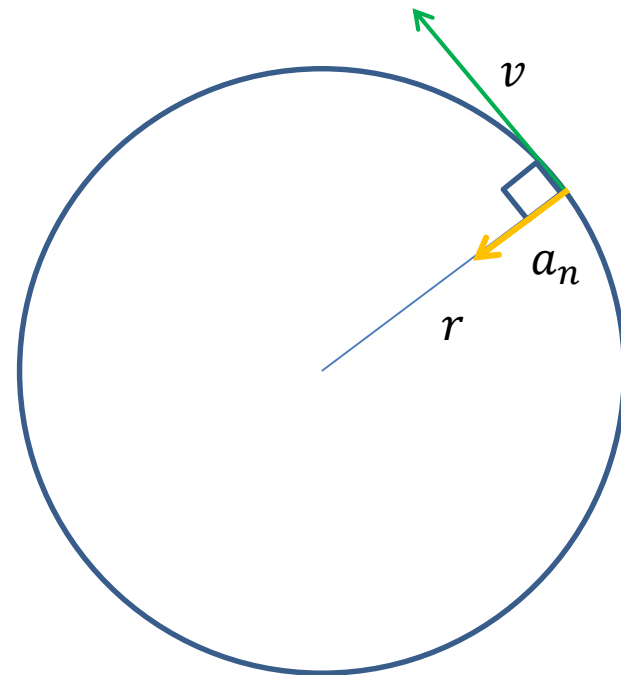
Normaalikiihtyvyys ja -voima

- Kappale on tasaisessa ympyräliikkeessä
 - Ratanopeus v on vakio
 - Nopeuden suunta muuttuu
 - $\Rightarrow$ Kappale on kiihtyvässä liikkeessä
- Kiihtyvyyden suunta on aina ympyräradan keskipistettä kohti
 - Nopeuden normaalin (säteen) suuntainen
- *Normaalikiihtyvyys* (keskeiskiihtyvyys) a_n saadaan kaavasta

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

- Tasaisen ympyräliikkeen liikeyhtälö

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



Tarvittavan *normaalivoiman* suuruus

$$F = ma_n = m \frac{v^2}{r}$$

t. 2-3, s. 22

- a) Gravitaatiovoima pitää Maan auringon kiertoradalla.
- b) Karusellin mallista riippuen joko alustan kitka ja/tai rakenteiden tukivoimat pitävät lapsen ympyräradalla.
- c) F1 –auto pysyy kaarteessa radalla tien pinnan ja renkaiden välisen lepokitkan vaikutuksesta.

t. 2-8, s. 23

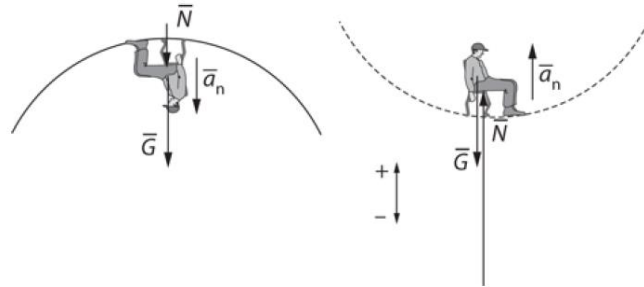
Normaalikiihtyvyys $a_n = \frac{v^2}{r}$. Ehdosta $a_n < 3g$ saadaan epäyhtälö $\frac{v^2}{r} < 3g$, josta edelleen

$$v < \sqrt{3gr} = \sqrt{3 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 63 \text{ m}} \approx 43,059 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ratanopeuden on siis oltava pienempi kuin $43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ($\approx 155 \frac{\text{km}}{\text{h}}$)

t. 2-11, s. 23

a)



$\bar{G}$ = lentäjän paino

$\bar{N}$ = penkin tukivoima

- b) Tasaisessa ympyräliikkeessä oleva lentäjä on koko ajan kiihtyvässä liikkeessä kohti ympyräradan keskipistettä.

Kiihtyvyyden suuruus on vakio $a_n = \frac{mv^2}{r}$, mutta kiihtyvyyden suunta ja lentäjään kohdistuva tukivoima $\bar{N}$ muuttuu riippuen sijainnista silmukassa.

Alimassa kohdassa tukivoima on suurimmillaan. Newtonin toisen lain mukaan $\sum \bar{F} = m\bar{a}_n$ eli $\bar{N} + \bar{G} = m\bar{a}_n$.

Valitaan suunta ylös positiiviseksi ja –kohdan kuvan mukaisesti, jolloin saadaan skalaariyhtälö

$$N - G = \frac{mv^2}{r}.$$

Lentäjän nopeus on $v = 360 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

$$N = \frac{mv^2}{r} + G = \frac{mv^2}{r} + mg = m \left(\frac{v^2}{r} + g \right) = 85 \text{ kg} \cdot \left(\frac{\left(100 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{1000 \text{ m}} + 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \approx 1\,684 \text{ N}$$

$$\approx 1,7 \text{ kN}$$

V: Tukivoiman suuruus on 1,7 kN eli yli kaksinkertainen lentäjän painoon verrattuna.