

Zanimivosti iz zbirke SATCITANANDA – FIZIKA: Sile, dinamika, kroženje
Smučar v zavoju

Naloga

Smučar gre v zavoj. Koeficient lepenje med smučmi in podlago je 0,85. Hitrost smučanja je 9 m/s. Naklonski kot strmine α je 30°

a) Kakšen je lahko najmanjši radij zavoja na gladkem klancu?

Smučar zavija na grbini z radijem 16m.

b) Kakšen je lahko v primeru grbine najmanjši radij zavoja.

Smočar gra v zavoj v vdolbino z radijem $R=16m$.

c) Kakšen je v primeru vdolbine najmanjši radij zavoja?

Skučar nadaljuje smuk z isto hitrostjo na klancu z istim nagibom čez terensko prelomnico, ki ima radij $R=20m$.

d) Na kateri točki krivine (pri katerem kotu na krivini) bo zgubil stik s snegom (skočil)?

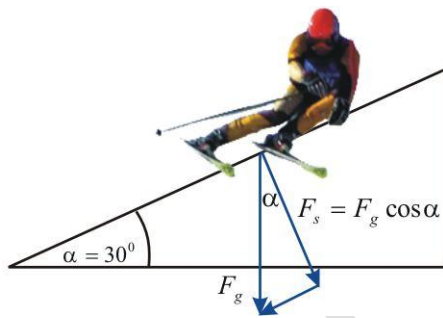
a) Ravni zavoj:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$k_l = 0,85$$

$$v = 9m/s$$

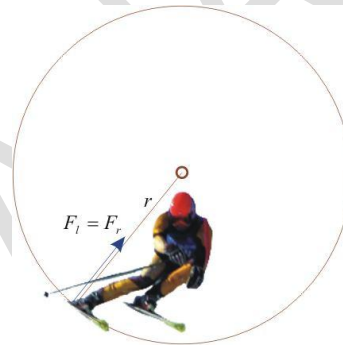
$$r = ?$$



Razlaga:

Zavoj (kroženje) smučarja omogoča sila lepenja med smučmi in snegom. Če hoče manjši radij zavoja, poveča silo lepenja tako, da energično nastavi robnik smučī.

Sila lepenje F_l mora biti enaka radialni sili, to je sili, usmerjeni proti središču vrtenja (zavoja). $F_l = F_r$



$$F_l = F_r$$

$$k_l mg \cos \alpha = m \frac{v^2}{r} / : m$$

$$r = \frac{v^2}{k_l g \cos \alpha}$$

$$\underline{r = 11m}$$

Sila lepenja je enaka produktu koeficienta lepenja in sile, pravokotno na podlago (statične komponente sile teže smučarja F_s):

$$F_l = k_l F_g \cos \alpha$$

$$F_s = mg \text{ (sila teže)}$$

Radialna sila je enaka produktu mase in radialnega pospeška:

$$F_r = ma_r$$

Radialni pospešek poznamo iz kinematike (krivo gibanje – kroženje):

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

Tu je:

v hitrost (obodna hitrost) smučarja in

r je radij zavoja

b) Smučanje preko grbine

$$k_l = 0,85$$

$$v = 9 \text{ m/s}$$

$$R = 16 \text{ m}$$

$$r = ?$$

Sila lepenja je enaka radialni sili v zavoju.

$$F_l = F_{rz}$$

$$F_l = k_l F_p = k_l (F_g - F_r) = k_l \left(mg - m \frac{v^2}{R} \right)$$

$$F_{rz} = ma_{rz} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{radialna sila v zavoju}$$

$$k_l m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = m \frac{v^2}{r} / : m$$

$$k_l \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{v^2}{k_l \left(g - \frac{v^2}{R} \right)}$$

$$\underline{r = 19 \text{ m}}$$

Pri smučanju čez grbino se zmanjša sila podlage na smučarja. Posledično se zmanjša sila lepenja, ki je enaka radialni sili.

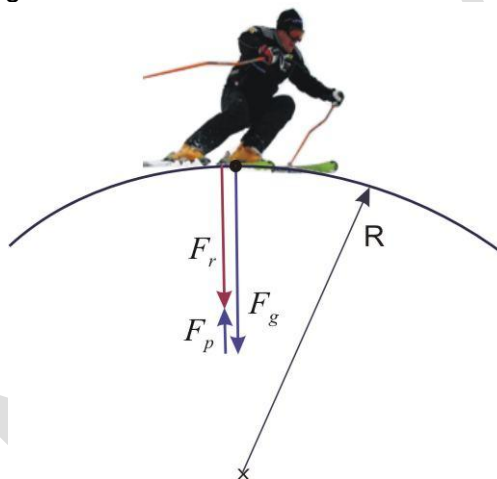
$$F_p = F_g - F_r$$

Tu je:

$$F_p \quad \text{sila podlage}$$

$$F_g = mg \quad \text{sila teže}$$

$$F_r = ma_r = m \frac{v^2}{R} \quad \text{radialna sila, ki jo povzroča grbina}$$



c) Smučanje preko vdolbine

$$k_l = 0,85$$

$$v = 9 \text{ m/s}$$

$$R = 16 \text{ m}$$

$$r = ?$$

$$F_l = k_l F_p = k_l (F_g + F_r) = k_l \left(mg + m \frac{v^2}{R} \right)$$

$$F_{rz} = ma_{rz} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{radialna sila v zavoju}$$

$$k_l m \left(g + \frac{v^2}{R} \right) = m \frac{v^2}{r} / : m$$

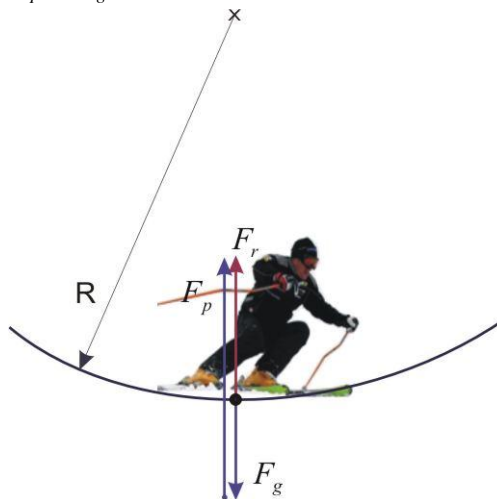
$$k_l \left(g + \frac{v^2}{R} \right) = \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{v^2}{k_l \left(g + \frac{v^2}{R} \right)}$$

$$\underline{r = 6 \text{ m}}$$

Kot kaže slika se pri smučanju preko vdolbine sila podlage poveča:

$$F_p = F_g + F_r$$



d) Skok čez prelomnico

$$v = 9 \text{ m/s}$$

$$R = 20 \text{ m}$$

$$\alpha = ?$$

Sledi:

$$mg \cos \alpha = m \frac{v^2}{R} / : m$$

$$g \cos \alpha = \frac{v^2}{R}$$

$$\cos \alpha = \frac{v^2}{gR}$$

$$\alpha = \arccos \frac{v^2}{gR}$$

$$\alpha = 66^\circ$$

Če je smučar vozil navdol po klancu, ki ima nagib 30° s hitrostjo $9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, bo zgubil stik s tlemi pri dodatnem nagibu zaradi krivine $66^\circ - 30^\circ = 33^\circ$.

Razlaga:

Pogoj, da na terenski prelomnici zgubi smučar stik s snegom je, da je statična sila enaka radialni sili.

$$F_s = F_r$$

$$F_s = F_g \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

$$F_r = m \frac{v^2}{R}$$

