

## FYS-MEK 1110 / Vår 2018 / Ukesoppgaver #4 (13.-16.2.)

**Test deg selv:** (Disse oppgavene bør du gjøre hjemme før du kommer på gruppetimen.)

T1. Et tog kjører med konstant hastighet på 200 km/t gjennom en 90° sving som er del av en sirkel med radius  $R$ .

- a. Finn et uttrykk for akselerasjonen til toget.

Hastighet til toget er konstant. Derfor har vi ingen akselerasjon i tangensial retning. Sentripetalakselerasjon:  $a_N = \frac{v^2}{R}$

- b. Hvor stor må  $R$  minst være slik at akselerasjonen er mindre enn  $0.1 g$ , hvor  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ?

$$a_N = \frac{v^2}{R} \leq \frac{g}{10} \Rightarrow R \geq \frac{10v^2}{g} = 3.15 \text{ km}$$

- c. Hvor mye tid bruker toget for å kjøre gjennom svingen?

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{\pi R}{2v} = 89 \text{ s}$$

T2. Jordens radius er  $R = 6378 \text{ km}$ . Du står på ekvator.

- a. Hva er din hastighet gjennom verdensrommet på grunn av jordens rotasjon?

$$v = R\omega = R \frac{2\pi}{T} = 463.8 \text{ m/s}$$

- b. Hvor stor er din akselerasjon på grunn av rotasjonen? Hvor stor er denne i forhold til tyngdeakselerasjonen  $g$ ?

På ekvator beveger du deg på en sirkelbane med radius  $R$ .

$$\text{Sentripetalakselerasjon: } a = \frac{v^2}{R} = R\omega^2 = 0.034 \text{ m/s}^2 = \frac{g}{291}$$

T3. Du sitter på en karusell og beveger deg i en horisontal sirkel.

Setet ditt henger i en 4m lang kjede som er festet på en 3m lang horisontal stang, som vist i figuren. Massen til kjeden er neglisjerbar i forhold til din masse. Mens karusellen roterer med konstant vinkelhastighet er vinkelen mellom kjeden og vertikalen 30°. Hva er vinkelhastigheten?

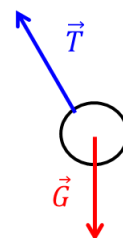
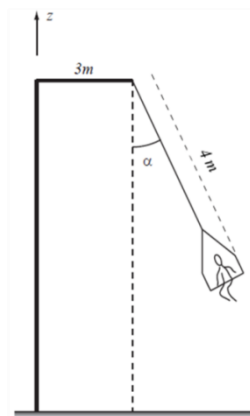
Du beveger deg på en sirkelbane med radius:

$$R = 3 \text{ m} + 4 \text{ m} \sin 30^\circ = 5 \text{ m}.$$

Ingen bevegelse i vertikal retning:  $T \cos \alpha - mg = 0$

Resultierende kraft i horisontal retning holder deg på en sirkelbane:  $T \sin \alpha = mR\omega^2$

$$\tan \alpha = \frac{R\omega^2}{g} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{R} \tan \alpha} = 1.06 \text{ rad/s}$$



**Gruppeoppgaver:** (Disse oppgaver skal du jobbe med i gruppetimen.)

G1. Ditt romskip er bygget som et stort roterende hjul for å simulere tyngdekraften.

Radius på hjulet er  $R = 50$  m.

- a. Hvor mange omdreinger per minutt kreves for å simulere tyngdekraften på jorden,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ? Sentripetalakselerasjonen skal være like stor som tyngdeakselerasjonen:



$$a = R\omega^2 = g \Rightarrow \omega = \sqrt{g/R} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{g/R}} = 14.2 \text{ s}$$

En omdreining tar 14.2 s. Rotasjonshastighet er  $\frac{60 \text{ s}}{14.2 \text{ s}} = 4.23$  omdreinger/min.

- b. Hva er forskjellen i akselerasjon mellom dine føtter og ditt hode hvis du er 2m høy?

Føttene beveger seg på en sirkelbane med  $R_F = 50$  m. Hodet beveger seg på en sirkelbane med  $R_H = 48$  m.

Akselerasjon på føttene:  $a_F = R_F\omega^2 = R_F \frac{g}{R_F} = g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

Akselerasjon på hodet:  $a_H = R_H\omega^2 = R_H \frac{g}{R_F} = \frac{48}{50}g = 9.42 \text{ m/s}^2$ .

G2. En masse  $m = 5$  kg er festet til en stav med to snorer som vist i figuren. Når systemet roterer med vinkelhastighet  $\omega$  så er snordraget i den øvre snoren  $F_1 = 100$  N.

- a. Hva er snordraget  $F_2$  i den nedre snoren?

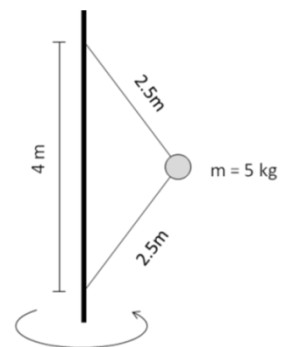
Vi bruker Pythagoras for å finne radius til

sirkelbevegelsen:  $R = \sqrt{(2.5 \text{ m})^2 - (2 \text{ m})^2} = 1.5 \text{ m}$

Vi finner vinkelen mellom akselen og snoren som:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1.5 \text{ m}}{2 \text{ m}}\right) = 36.9^\circ$$

Det gjelder for begge snorene.

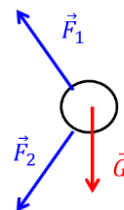


Ingen bevegelse i vertikal retning:

$$F_1 \cos \alpha - F_2 \cos \alpha - mg = 0$$

Vi kjenner snordraget  $F_1$  i den øvre snoren.

$$F_2 = F_1 - \frac{mg}{\cos \alpha} = 38.7 \text{ N}$$



- b. Finn perioden  $T$  til rotasjonsbevegelsen.

Nettokraften i horisontal retning tvinger massen på en sirkelbane:

$$F_1 \sin \alpha + F_2 \sin \alpha = mR\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{(F_1 + F_2) \sin \alpha}{mR}} = 3.33 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 1.89 \text{ s}$$

- c. Finn vinkelhastigheten  $\omega$  i tilfelle at snordraget i den nedre snoren er  $F_2 = 0$ .

Vi bruker uttrykket fra oppgave a:

$$F_1 = F_2 + \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha} = 61.3 \text{ N}$$

og uttrykket fra oppgave b for å finne vinkelhastigheten:

$$\omega = \sqrt{\frac{F_1 \sin \alpha}{mR}} = 2.21 \text{ rad/s}$$

- d. Hva skjer når vinkelhastigheten er lavere enn i oppgave c?

Hvis vinkelhastigheten er lavere enn i oppgave c, så blir vinkelen  $\alpha$  mindre.

Den øvre snoren forblir stram, men ikke den nedre.

**Fasit:**

T1. b) 3.1 km c) 89 s

T2. a) 463.8 m/s b) 1/290 g

T3. 1.06 rad/s

G1. a) 4.23 omdr./min. b)  $a_F=9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $a_H=9.42 \text{ m/s}^2$

G2. a) 38.7 N b) 1.89 s c) 2.21 rad/s