Forelesning - 10.02.22

FYS009-G 21H - Fysikk realfagskurs

Kapittel 15 - Kraft og bevegelse II

Forelesningene dekker i hovedsak boken *Rom-Stoff-Tid - Fysikk forkurs* fra Cappelen Damm. I tillegg til teorien gjennomgåes det endel simuleringer og regnede eksempler. De fleste eksemplene er orientert etter oppgaver fra boka, men også andre oppgaver og problemstillinger kan taes opp.

Snordrag

Boka: side 406-408.

Regnet: Eksempel 15.5

Regnet: Eksempel 15.6

Sirkelbevegelse med konstant fart

Boka: side 410-413.

Regnet: Oppgave 15.327

Regnet: Eksempel 15.7

Regnet: Oppgave 15.329

Diskusjon: Sentrifugalkraft og sentripetalkraft.

Bil i horisontal sirkel med dosering

Boka: side 411.

Regnet: Oppgave 15.342

Kjeglependel

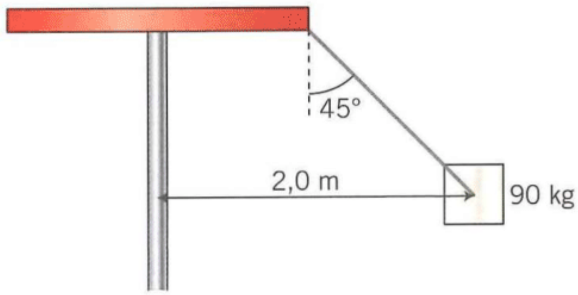
Regnet: Eksempel 15.8

Litt om sentrifuger: Boka: side 413.

Regnet: Oppgave 15.18

Link: *Karusell med krefter*

15.18



Figuren viser en karusell sett fra siden. Den grå firkanten er gondolen.

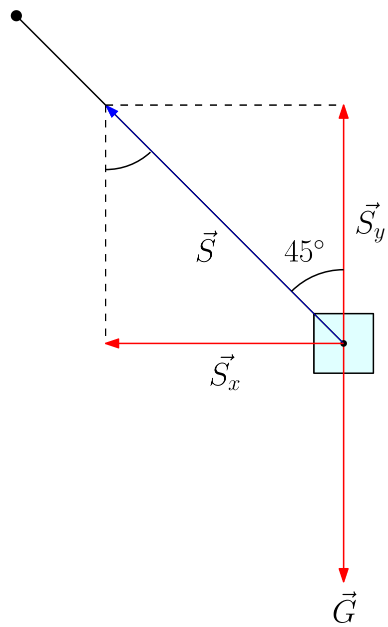
a) Tegn figur som viser kreftene på gondolen.

b) Finn snordraget i tauet som gondolen henger i.

c) Finn sentripetalkraften.

Løsning:

(a) Kreftene på gondolen vises på figuren under



(b) Vi ser geometrisk at

$$\cos 45^\circ = \frac{S_y}{S} \qquad \Rightarrow \qquad S = \frac{S_y}{\cos 45^\circ} = \frac{mg}{\cos 45^\circ} \simeq \underline{1248.61\ \mathrm{N}}$$

der $G = S_y$ kommer fra likevekt i y-retningen.

(c) Sentripetalkraften kommer fra x-komponenten av snorkraften S, slik at

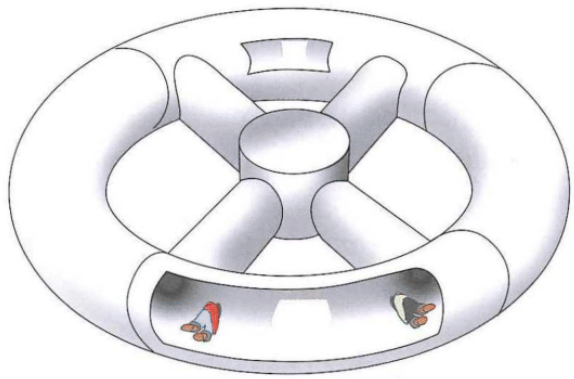
$$S_x = S \sin 45^\circ \simeq \underline{882.90\ \mathrm{N}}$$

Vi kan da også finne banefarten v som gondolen beveger seg med. Vi setter

$$S_x = \frac{mv^2}{r} \qquad \Rightarrow \qquad v = \sqrt{\frac{S_x r}{m}} \simeq 4.43\ \mathrm{m/s}$$

15.327

I de fantastiske planene for kolonisering av verdensrommet er det tegnet en romstasjon som ser ut som et gigantisk sykkelhjul. Innbyggerne i romstasjonen bor i «sykkeldekket», se figuren. For at de skal oppleve «tyngdekraft», roterer romstasjonen. Den har radien 900 m.



Hvilken omløpstid må romstasjonen ha for at innbyggerne skal oppleve samme «tyngdekraft» som på jorda?

Løsning:

Sentripetalakselerasjonen som innbyggerne opplever er normalkraften fra «veggen» på romstajonen. Denne er da lik

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

Vi setter omløpstiden lik T, og får at

$$2\pi r = vT \qquad \Rightarrow \qquad v = \frac{2\pi r}{T}$$

Da blir med

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = g \qquad \Rightarrow \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{g}} \simeq \underline{60.15\ \mathrm{s}}$$

15.329

En sportsbil akselererer fra 0 til 100 km/h på 6,2 s.

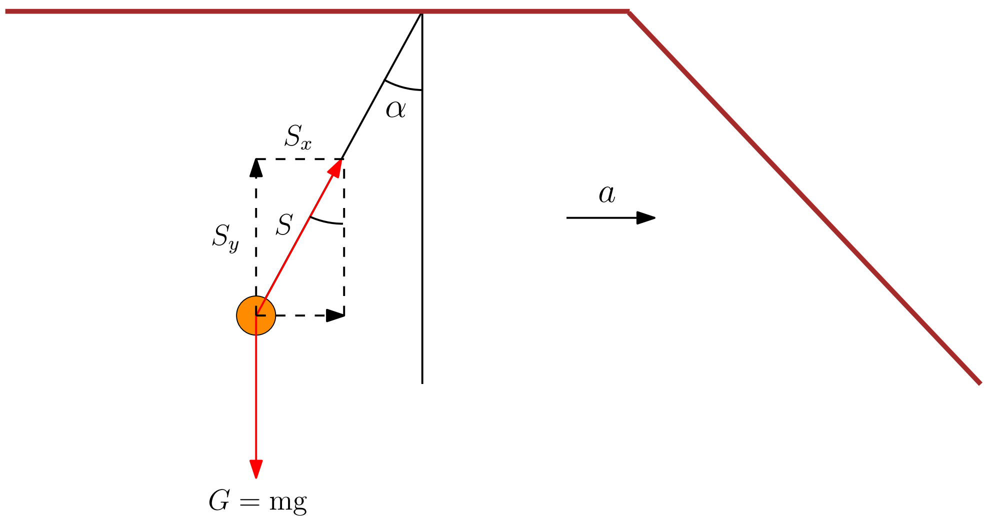
a) Hvilken vinkel vil en pendel som henger i taket på sportsbilen, danne med vertikallinja under denne akselerasjonen på en rett strekning?

I en rundkjøring med radius 20 m gjør pendelen det samme vinkelutslaget, men nå normalt til høyre for bilens kjøreretning.

b) Hva er farten til bilen i rundkjøringen?

Løsning:

(a) Bilen akselererer med en akselerasjon a mot høyre. Vi ser på figuren



at

$$S_y = S\cos\alpha \qquad \Rightarrow \qquad S_x = S\sin\alpha$$

Fra kraftbalanse finner vi at $S_x = a$ og $S_y = mg$. Den siste likningen gir at

$$mg = S\cos\alpha \qquad \Rightarrow \qquad S = \frac{mg}{\cos\alpha}$$

For pendelen finner vi da at

$$ma_x = ma = S_x = S\sin\alpha \qquad \Rightarrow \qquad ma = \left(\frac{mg}{\cos\alpha}\right)\sin\alpha = mg\tan\alpha$$

slik at

$$a = g\tan\alpha \qquad \Rightarrow \qquad \tan\alpha = \frac{a}{g}$$

Vi setter $g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$ og finner a ved

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{100\ \mathrm{km/h} - 0\ \mathrm{km/h}}{6.2\ \mathrm{s}} = \frac{27.79\ \mathrm{m/s} - 0\ \mathrm{m/s}}{6.2\ \mathrm{s}} \simeq 4.48\ \mathrm{m/s^2}$$

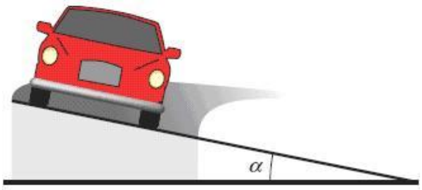
Da blir

$$\tan\alpha = \frac{4.48\ \mathrm{m/s^2}}{9.81\ \mathrm{m/s^2}} \simeq 0.46 \qquad \Rightarrow \qquad \underline{\alpha = 24.55^\circ}$$

(b) Her gjelder det samme som i punkt (a). Pendelen svinger ut i motsatt retning av akselerasjonen, som i dette tilfellet er sentripetalakselerasjon. Siden vinkelen er det samme, blir også akselerasjonen den samme.

$$a = \frac{v^2}{r} \qquad \Rightarrow \qquad v = \sqrt{ar} = \sqrt{(4.48\ \mathrm{m/s^2})(20\ \mathrm{m})} \simeq \underline{9.49\ \mathrm{m/s}}$$

LØST OPPGAVE 15.342



15.342

En veikurve er ideelt dosert hvis normalkraften N fra underlaget har en horisontalkomponent som akkurat skaffer bilen den sentripetalkraften den skal ha ved den farten bilen kjører i.

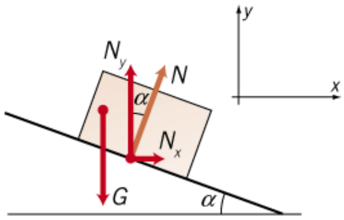
a) Vis at den ideelle doseringsvinkelen er gitt ved

$$\tan\alpha = \frac{v^2}{gr}$$

der v er farten til bilen og r er radien i svingen.

b) Finn α når r = 300 m og v = 60 km/h.

Løsning:



r = 300 m

v = 60 km/h = 16,66 m/s

a) Figuren viser normalkraften N fra underlaget dekomponert i en horisontal x-retning og en vertikal y-retning:

$$N_x = N\sin\alpha \qquad og \qquad N_y = N\cos\alpha$$

(Vi har valgt x- og y-retninger som på figuren fordi akselerasjonen til bilen er horisontal, ikke parallell med skråplanet.)

Dersom det bare er horisontalkomponenten til N som akkurat skaffer bilen den sentripetalkraften den skal ha ved den farten bilen kjører i, så må det bety at friksjonskraften i dette tilfellet lik 0. Vi bruker Newtons 2. lov på komponentform og får:

$$\Sigma F_x = ma_x \quad \text{der } a_x = m\frac{v^2}{r} \quad \text{og} \quad \Sigma F_y = ma_y \quad \text{der } a_y = 0$$

$$N_x = m\frac{v^2}{r} \quad \text{og} \quad N_y - G = 0 \quad \text{der } G = mg$$

$$N\sin\alpha = m\frac{v^2}{r} \quad \text{og} \quad N\cos\alpha = mg$$

Vi kan enten løse dette likningssettet med innsettingsmetoden ved å eliminere N, eller ved å dividere de to likningene på hverandre slik:

$$\frac{N\sin\alpha}{N\cos\alpha} = \frac{m\frac{v^2}{r}}{mg} \qquad \text{som gir} \qquad \underline{\tan\alpha = \frac{v^2}{gr}} \qquad \text{q.e.d.}$$

b) Den ideelle doseringsvinkelen er

$$\tan\alpha = \frac{v^2}{gr}$$

$$\tan\alpha = \frac{(16,66\ \text{m/s})^2}{9,81\ \text{N/kg}\cdot 300\ \text{m}} = 0,09438$$

$$\alpha = 5,4^\circ$$

Alternativt kan vi føre den siste delen slik:

$$\tan\alpha = \frac{v^2}{gr}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{gr}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{(16,66\ \text{m/s})^2}{9,81\ \text{N/kg}\cdot 300\ \text{m}}\right) = \underline{5,4^\circ}$$