

TFY4108 Fysikk

Øving 8

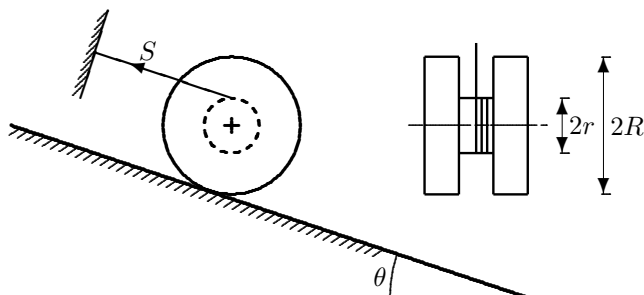
Veiledning: Tirsdag 14. okt. kl 12:15-14:00.

Innlevering: Fredag 17. okt. kl. 14:00.

Sentrale begreper ved løsning av oppgavene:

Mekanisk likevekt, Newtons 2. lov, friksjonskrefter, sluring, rulling, spinn, kraftmoment.

Oppgave 1. Snelle med snor på skråplan.



Ei snelle – to hjul med radius R forbundet med en aksel med radius r – ligger på et skråplan med helningsvinkel θ . Ei snor er vikla om akselen, og strukket parallellt med skråplanet til et festepunkt P på oversida av det lille hjulet.

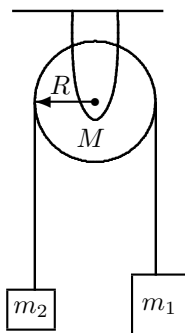
Snellas treghetsmoment om akselen er I , massen er M , statisk friksjonskoeffisient mot skråplanet er μ_s og kinetisk friksjonskoeffisient (glidende friksjon) er μ_k , der $\mu_k < \mu_s$.

Skråplanet bikkes (helningsvinkelen økes) og ved en helningsvinkel $\theta = \theta_0$ begynner snella å gli (slure) nedover.

a. Ved $\theta = \theta_0$ **like før** den starter å slure er snella i likevekt (i ro). Bruk likevektsbetingelser til å finne uttrykk for vinkelen θ_0 og strekket S i snora.

b. Finn akselerasjonen a når snella slurer nedover skråplanet. Helningsvinkelen holdes på fast vinkel θ litt større enn θ_0 .

Oppgave 2. Atwoods maskin (igjen).



I øving 6 introduserte vi Atwoods maskin. Vi fant akselerasjonen a til massene ved å bruke Newtons 2. lov for translasjon og rotasjon. I denne oppgaven skal vi isteden bruke spinnbetraktninger til å bestemme akselerasjonen. Vi skal se at med denne metoden kan akselerasjonen finnes uten å involvere de to snordragene i analysen.

Figuren viser Atwoods maskin, med samme egenskaper som i øving 6: En (masseløs) snor ligger over ei trins med radius R og masse M , som forbinder massene m_1 og m_2 , der $m_1 > m_2$. Trinsa har form som en sylinder, med treghetsmoment om omdreiningsaksen $I_0 = \frac{1}{2}MR^2$. Friksjonen mellom snor og trins er tilstrekkelig til at snora ikke sklir på trinsa. Trinsa kan rotere friksjonsfritt.

Siden $m_1 > m_2$ vil m_1 akselerere nedover og m_2 oppover, og rotasjonen av trinsa blir med klokka. La rotasjonsaksen (z -aksen) gjennom trinsas sentrum ha en retning ihht. høyrehåndsregelen. Definer systemet som trinsa pluss de to "massepunktene" m_1 og m_2 pluss den masseløse snora.

a. Finn et uttrykk for z -komponenten L_z til systemets totale spinn (velg referansepunkt på rotasjonsaksen). (Sluttuttrykket vil involvere massene m_1 , m_2 og M , trinsas radius R og farten v til m_1 og m_2 .) Deriver uttrykket mhp. tiden t for å finne dL_z/dt .

b. Bestem z -komponenten τ_z til systemets kraftmoment ved å finne bidragene til τ_z fra alle kreftene som virker på systemet.

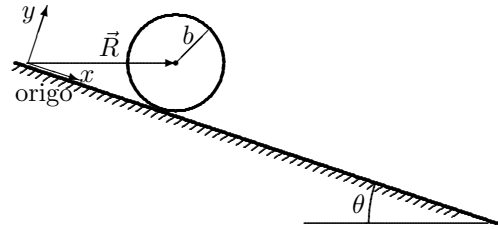
c. Bruk det du har funnet i a. og b. til å bestemme akselerasjonen a .

Oppgave 3. Rullende kule på skråplan.

Figuren viser ei kule med masse m og radius b som ruller nedover et skråplan med helning θ . Vi velger referansepunktet (for spinn og kraftmoment) i et punkt på skråplanet ovenfor kula (origo i figuren) og legger inn et koordinatsystem xy som vist i figuren med x parallell med skråplanet og z -aksen ut av papiplanet. Spinnet er gitt ved uttrykket (diskutert i forelesningene men ikke i YF):

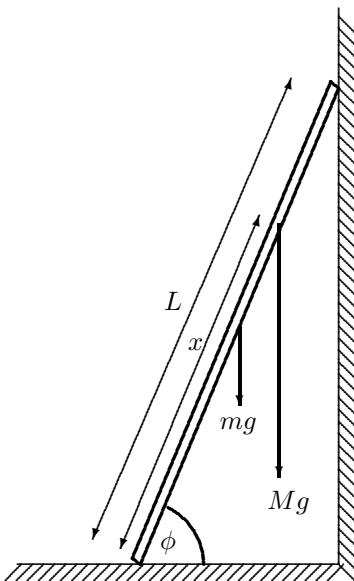
$$\vec{L} = m\vec{R} \times \vec{V} + I_0 \vec{\omega}.$$

Her er $\vec{R}$ massesenterets posisjon, $\vec{V}$ massesenterets hastighet, $I_0 = (2/5)mb^2$ kulas treghetsmoment om aksene gjennom tyngdepunktet og $\vec{\omega}$ er den roterende kulas vinkelhastighet.



- Hva er *netto*-krafta på kula?
- Forklar *hvorfor* det er hensiktsmessig å velge referansepunktet for $\vec{\tau}$ og $\vec{L}$ som et punkt på skråplanet.
- Hva er *netto*-kraftmoment $\vec{\tau}$ på kula? Finn uttrykk og retning.
- Finn uttrykk for spinnet $\vec{L}$, uttrykk og retning. Hva er retningen for $\vec{\omega}$?
- Bruk det du har funnet i c. og d. til å bestemme akselerasjonen a til kulas tyngdepunkt nedover langs skråplanet.

Oppgave 4. Person på stige.



Figuren viser en stige satt opp mot en vegg. Stigen har massen m og lengden L , med tyngdepunktet midt på. Stigen settes opp med en vinkel ϕ relativt horisontalplanet. Den bolde maler, med masse M , klatrer opp i stigen og står på et trinn i avstand x fra stigens nedre ende. I realiteten vil både friksjon mellom stige og underlag, og mellom stige og vegg, bidra til å stabilisere situasjonen. Vi skal her neglisjere hjelpen fra friksjon mot vegg, og regne som om det eneste som hindrer kollaps, er den statiske friksjonskoeffisienten μ_s mellom stige og gulv. Her er det likevel mye som kan variere: μ_s , x og ϕ . Hva må til for at stigen blir stående i ro?

- Skriv ned likevektsbetingelsene for stige pluss maler, og vis at minimumskravet for stabil likevekt er

$$\tan \phi \geq \frac{\frac{x}{L}M + \frac{1}{2}m}{\mu_s(M + m)}.$$

- La $m = 12,0 \text{ kg}$ og $M = 80 \text{ kg}$. Hva er minimumsvinkelen som tillater maleren å gå helt til topps i stigen (som vi definerer er $x/L = 9/10$), når μ_s har henholdsvis verdiene 0,50, 0,40 og 0,30?

- Noen HMS-kommentarer til dette?

Utvalgte fasitsvar:

1a: $\theta_0 = \arctan [\mu_s (1 + R/r)]$; 2a: $L_z = (\frac{1}{2}M + m_1 + m_2)rv$; 3d: $-\hat{z} \frac{7}{5}mbV$; 3e: $\frac{5}{7}g \sin \theta$; 4b: $60^\circ, 65^\circ$ og 71° .