

Øving 5

Veiledning: Man 29. sep. og ons 1. okt.

Innlevering: Torsdag 2. okt. kl. 12:00

Gruppeinndelingen finner du på emnets nettside.

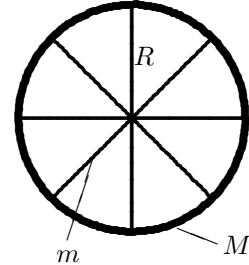
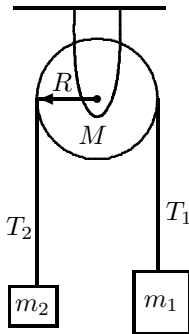
Lever øvinger i bokser utenfor R1.

Oppgave 1. Kjerrehjul og treghetsmoment.

Et hjul består av åtte eiker (spiler) og felgen. Eikene har hver en masse på $m = 0,30$ kg, lengde $R = 0,30$ m og går radielt. Felgens masse er $M = 1,00$ kg, og vi betrakter den som en tynn ring uten radiell utstrekning slik at radien er R . Hjulet gjør én rotasjon per sekund.

a. Finn hjulets treghetsmoment om hjulaksen ved å se på eikene og felgen hver for seg. Bruk definisjon av treghetsmomentet og integrasjon.

b. Hvor stor er hjulets kinetiske rotasjonsenergi?

**Oppgave 2.** Atwoods maskin med ikke-masseløs trinse.

Figuren viser en (masseløs) snor over ei trinse 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 omdreiningssaksen $I_0 = \frac{1}{2}MR^2$. Friksjonen mellom snor og trinse er tilstrekkelig til at den ikke sklir på trinsa. Trinsa kan rotere friksjonsfritt.

a. Først, uten å regne: Når dette systemet slippes løs etter å ha vært holdt i ro, hvilken vei går bevegelsen? Er snordragene T_1 og T_2 like store? Hvorfor, eventuelt hvorfor ikke?

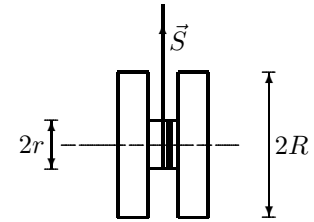
b. Bruk sammenhengen mellom den lineære akselerasjonen til massene m_1 og m_2 og trinsas vinkelakselerasjon, samt Newtons andre lov for translasjon og for rotasjon, til å uttrykke akselerasjonen a , samt snordragene T_1 og T_2 ved de oppgitte størrelser.

c. Sjekk resultatene i grensene $M \rightarrow 0$ og $M \rightarrow \infty$. Er de fornuftige?

d. Golvet er i avstand h under masse m_1 . Hva er massenes hastighet i det m_1 treffer golvet? Løs problemet først ved å bruke energibalanse, deretter ved å bruke uttrykket for akselerasjon som du har funnet i **b**.

Oppgave 3. Jojo.

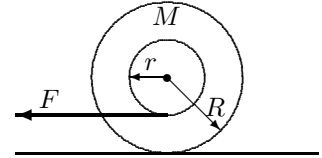
En jojo har masse M og ytre radius R . Senterpinnen, med neglisjerbar masse, har radius r . Treghetsmomentet om tyngdepunktaksen er derfor, i rimelig tilnærming, $I_0 = \frac{1}{2}MR^2$.



a. Jojoen slippes vertikalt med null starthastighet mens øvre ende av snora holdes fast. Hvilken akselerasjon får jojoen nedover og hva blir snordraget S ? (Vi forutsetter at snora ikke glir på pinnen.)

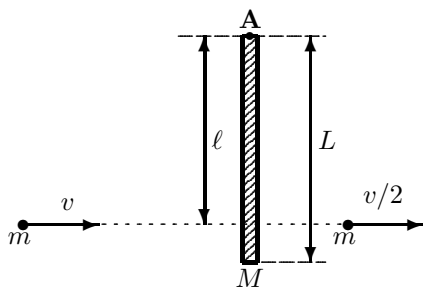
FRIVILLIG EKSTRAOPPGAVE:

b. I neste forsøk hviler jojoen på en horisontal flate, og tråden dras horisontalt på undersiden av senterpinnen med konstant kraft F . Se figuren. Jojoen ruller uten å skli og den statiske friksjonskoeffisienten mot underlaget er μ_s .



Hvilken retning vil jojoen rulle? Definer denne retningen som positiv retning. Hvilken retning virker friksjonskrafta? Hva er den største verdien F kan ha for at rullebetingelsen skal være oppfylt?

Oppgave 4. Bevaring av spinn.



Figuren viser en tynn, homogen stav med masse M og lengde L som kan rotere friksjonsfritt om en fast horisontal akse A (som står normalt på staven/papirplanet). Staven henger i ro vertikalt.

Ei geværkule med masse m passerer i løpet av et meget kort tidsrom, Δt , gjennom staven i avstand ℓ fra opphenget A. Før kollisjonen hadde kula hastigheten v , mens kulas hastighet etter kollisjonen er $v/2$. Luftmotstanden kan vi i god tilnærming se bort fra.

a. Anta treghetsmomentet for en tynn stav om en akse gjennom massefellespunktet som kjent (formelark). Bruk parallellakseteoremet (Steiners sats) til å finne treghetsmomentet til staven om akse A.

b. Finn bevegelsesmengden p til systemet (stav+kule) like før kula treffer staven. Er bevegelsesmengden til systemet bevart under støtet?

c. Finn systemets spinn (dreieimpuls) L om A like før kula treffer staven. Er systemets spinn om A bevart under støtet? Hva er betingelsene for at spinnet om en akse skal være bevart?

d. Med grunnlag i dine svar i b. og c. bruk den rette konserveringsloven til å finne vinkelhastigheten ω_0 for staven like etter kula har passert.

e. Hvilken konserveringslov kan du bruke for å fastlegge stavens bevegelse *etter* kollisjonen? Hva er stavens vinkelhastighet $\omega(\theta)$ når den danner en vinkel θ med vertikalen?

f. Hvor stor må hastigheten til kula være for at stavens maksimumsutslag skal være akkurat 90° ?

g. Finn krafta på staven fra aksene A idet staven igjen passerer likevektsposisjonen etter å ha svingt ut 90° .

Utvalgte fasitsvar:

1a: $0,16 \text{ kg m}^2$; 1b: $3,2 \text{ J}$; 2b: $a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + M/2}$; 3b: $F \leq \mu_s M g \cdot 3R/(R + 2r)$; 4d: $\omega_0 = \frac{m}{M} \cdot \frac{3v\ell}{2L^2}$; 4g: $F = 5Mg/2$.