

## Øving 5

Veiledning: 26.-28. sep.

Gruppeinndelingen finner du på emnets nettside.

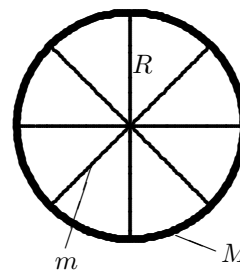
Innlevering: Fredag 29. sep. kl. 12:00

Lever øvinger i bokser utenfor R4 eller i epost til studass.

Ganske stor arbeidsmengde i denne øvingen, så noen punkter er markert som "Ekstraoppgaver". Disse kreves ikke utført for å få godkjent, men anbefales å utføre.

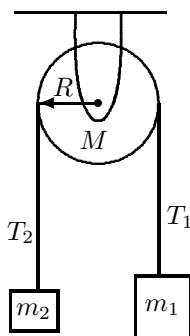
**Oppgave 1.** Kjerrehjul og treghetsmoment.

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 trins.

Figuren viser en (masseløs) snor 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 omdreiningaksen  $I_0 = \frac{1}{2}MR^2$ . Friksjonen mellom snor og trins 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?

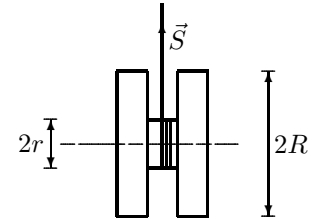
**b.** Bruk sammenhengen mellom den lineære akselerasjonen til massene  $m_1$  og  $m_2$  og trinsas vinkelakselerasjon, samt Newtons andre lov for translasjon og for rotasjon, til å uttrykke akselerasjonen  $a$ , samt snordragene  $T_1$  og  $T_2$  ved de oppgitte størrelser.

**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.

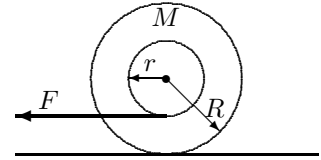
En jojo har masse  $M$  og ytre radius  $R$ . Senterpinnen, med neglisjerbar masse, har radius  $r$ . Trehetsmomentet om tyngdepunktaksen er derfor, i rimelig tilnærmelse,  $I_0 = \frac{1}{2}MR^2$ .



**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.)

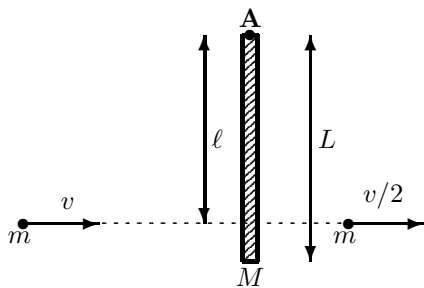
EKSTRAOPPGAVE:

**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  $\mu_s$ .



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 henger vertikalt fra et festepunkt i en akse A. Denne aksen er horisontal, står normalt på staven og normalt på papirplanet og staven kan rotere friksjonsfritt om aksen.

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

**a.** Anta treghetsmomentet for en tynn stav om en akse gjennom massefellespunktet som kjent (formelark). Bruk parallellakse-teoremet (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  $\omega_0$  for staven like etter kula har passert.

EKSTRAOPPGAVER:

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

**f.** Hvor stor må hastigheten til kula være for at stavens maksimumsutslag skal være akkurat  $90^\circ$ ?

**g.** Finn krafta på staven fra aksen A idet staven igjen passerer likevektsposisjonen etter å ha svingt ut  $90^\circ$ .

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:  $F \leq \mu_s Mg \cdot 3R/(R + 2r)$ ; 4d:  $\omega_0 = \frac{m}{M} \cdot \frac{3v\ell}{2L^2}$ ; 4g:  $F = 5Mg/2$ .