

# OBLIG 4

## FYS1100 HØST 2024

---

Versjon 27.03.2023, ACL

Du finner frister for innlevering av obliger på Canvas. For å få obligen godkjent, må du vise at du har gjort et ordentlig forsøk på alle oppgavene, og du må **begrunne og forklare** hvordan du har tenkt (f.eks. bruker  $v(t) = v_0 + at$  fordi akselerasjonen  $a$  er konstant). En L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-mal og info om krav til selve oblig-innleveringen finner du på semestersiden, kravene er også oppsummert her:

1. Oppgaven skal leveres som én fil og i pdf-format. Det er lov å skanne inn håndskrevne ark så lenge disse er lesbare.
2. Kode kan leveres som egen Python- eller Matlab-fil, men alle figurer, all diskusjon og all besvarelse av oppgaven skal inn i pdf-hovedfilen. Legg inn koden enten som et bilde i pdf-filen, eller bruk “listings”-pakken (se L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-malen på semestersiden, lenke over).
3. Besvarelsen bør inneholde alt som trengs for at den som retter skal kunne se at du har skjønt stoffet:
  - (a) før oppgavene på en oversiktlig måte i den rekkefølgen de står oppgitt i
  - (b) inkluder alle relevante plott og figurer med riktige akser og enheter
  - (c) forklar og kommenter resultatene
4. Det er lov å samarbeide og levere en **fellesbesvarelse for inntil tre studenter**. Det forutsetter at alle bidrar til besvarelsen i sin helhet. Grupper som har samarbeidet må tydeliggjøre hvem som har bidratt og leverer bare **én besvarelse** (som en gruppe, ikke flere identiske besvarelser). Dersom du ønsker å levere en fellesbesvarelse i en gruppe med inntil tre studenter, se instruksjoner i Canvas.

Lykke til med obligen!

### Oblig 4.1 Metallsylindren og fjæren

I denne obligen skal vi se på en metallsylinder med masse  $m = 5.0$  kg som har et hull i midten og er satt på en metallstang. Sylindren glir horisontalt langs stangen. I tillegg er det festet en fjær til sylindren med fjærkonstant  $k = 500$  N/m. Når fjæren ikke er strukket eller komprimert har den en lengde  $l_0 = 0.50$  m (fjærens naturlige lengde). Fjæren er igjen festet til et bord plassert under metallsylindren og stangen som vist i figur 1. Høyden mellom bordet og festepunktet til fjæren på sylindren er  $h = 0.30$  m. Vi starter med å anta at det ikke er noe friksjon eller luftmotstand.

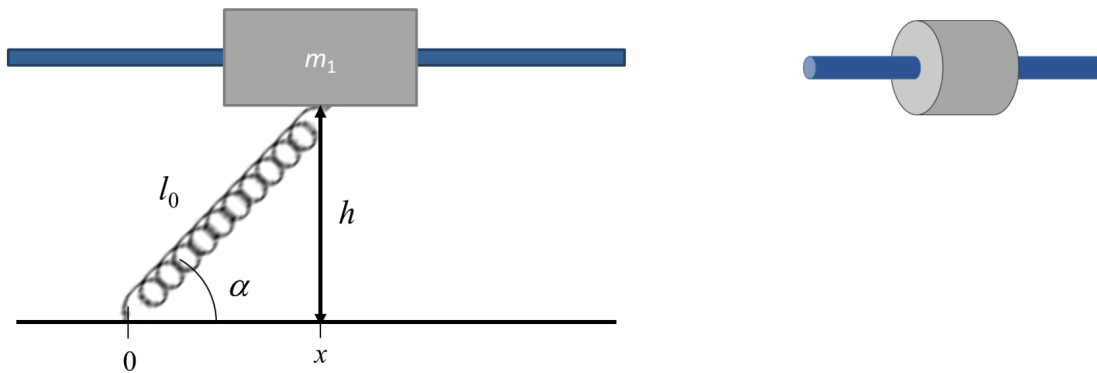


Figure 1: Illustrasjon av en metallsylinder som er tredd inn på en stang. En fjær er festet til sylindren og et bord under metallsylindren og stangen.

- Hva er den horisontale posisjonen til sylindren når fjæren er i sin likevektslengde  $l_0 = 0.50$  m? Definer  $x = 0.00$  m til å være punktet fjæren er festet til bordet, som vist i figur 1.
- Finn et uttrykk for lengden  $l$  til fjæren for enhver gitt posisjon  $x$  til sylindren.
- Tegn et frilegemediagram for sylindren.
- Vis at den horisontale kraftkomponenten fra fjæren på sylindren er:

$$F_x = -kx \left( 1 - \frac{l_0}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right). \quad (1)$$

- Plott den horisontale fjærkraften som en funksjon av posisjonen til sylindren fra  $x = -0.75$  m til  $x = +0.75$  m. Ut fra plottet, forklar hvordan du forventer at sylindren vil bevege seg.
- Du drar sylindren til en startposisjon  $x_1 = 0.60$  m og slipper den uten å gi noen initiell hastighet (du dytter ikke på sylindren, bare slipper den). Skriv et program som løser bevegelsesligningene numerisk ved bruk av Euler-Cromer-metoden, og plott posisjon og hastighet til sylindren for de første 10 sekundene av bevegelsen. Beskriv og forklar bevegelsen.

- (g) Kjør koden på nytt, men denne gangen med startposisjon  $x_1 = 0.65$  m. Plott posisjon og hastighet som en funksjon av tid for de første 10 sekundene av bevegelsen. Beskriv sylindersens bevegelse og bruk energi-argumenter for å forklare bevegelsen.
- (h) Vis at den vertikale komponenten av fjærkraften kan skrives som:

$$F_y = -kh \left( 1 - \frac{l_0}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right) \quad (2)$$

- (i) Hva er normalkraften  $N$  som virker på sylindere fra stangen når fjæren er i sin likevektslengde  $l_0$ ?
- (j) Vis at normalkraften  $N(x)$  som funksjon av posisjonen  $x$  fra stangen på sylindere er:

$$N(x) = kh \left( 1 - \frac{l_0}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right) + mg. \quad (3)$$

Diskuter også *retningen* til normalkraften.

Vi vil nå bruke en mer realistisk modell som også inkluderer friksjon. Ved å bruke polerte og oljete overflater får vi en dynamisk friksjonskoeffisient på bare  $\mu_d = 0.050$ .

- (k) Modifiser koden din til å også inneholde friksjon. Bruk startposisjon  $x = 0.75$  m og plott posisjon og hastighet som en funksjon av tid. Forklar bevegelsen.
- (l) Lag en ny figur der du plotter kinetisk energi mot posisjon for de første 10 sekundene. Beskriv og forklar hva du ser.
- (m) Hvor er systemets likevektspunkter? Karakteriser hvert av dem som stabilt eller ustabilt.