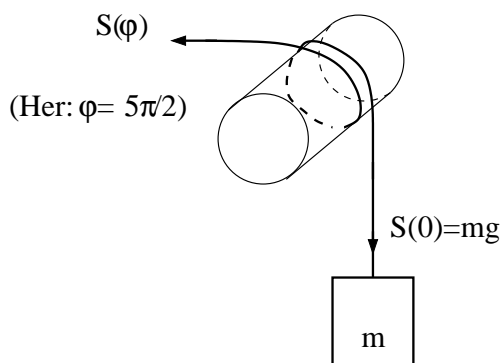


**Oppgave 1.**



$\phi$	$S/g$ (g)	$\mu$
0	185	
$\pi/2$	240	
$\pi$	300	
$3\pi/2$	440	
$2\pi$	600	
$5\pi/2$	800	
$3\pi$	1000	
$7\pi/2$	1100	
$4\pi$	1400	

**Tabell:** Maksimal snorkraft  $S$  med lodd i likevekt, med snor surret en vinkel  $\phi$  rundt plastrøret.

*Innledning:* I forelesningene viste vi, både eksperimentelt og ved hjelp av regning, hvordan surring av ei snor rundt en sylinder resulterer i en friksjonskraft som kan hjelpe oss å holde tunge gjenstander oppe. I figuren til venstre er  $S(\phi)$  minste påkrevde snordrag for å holde massen  $m$  i ro når hyssingen har kontakt med sylindren over en vinkel  $\phi$ ,

$$S(\phi) = S(0) \exp(-\mu\phi),$$

eventuelt det maksimale snordraget som kan brukes uten at massen trekkes oppover,

$$S(\phi) = S(0) \exp(\mu\phi).$$

Målinger av sistnevnte variant, utført på faglærers kontor fredag 14.09.2012 med enkle fjærvæker og lodd med masse  $m = 185$  g, gav resultatene i tabellen til venstre. Du skal bruke disse måleresultatene til å bestemme den statiske friksjonskoeffisienten  $\mu$  mellom snora og plastrøret. Vi antar at feilen i  $m$ , dvs  $S(0)$ , er neglisjerbar, og at feil i  $S$  og  $\phi$ , og dermed  $\mu$ , er tilfeldige. Nedenfor følger selve oppgaven.

Basert på de  $n = 8$  målepunktene i tabellen, bestem middelverdien av friksjonskoeffisienten,

$$\bar{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i,$$

et estimat for usikkerheten i en enkeltmåling av  $\mu$  (det såkalte standardavviket),

$$\Delta\mu = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\mu_i - \bar{\mu})^2},$$

og et estimat for usikkerheten i middelverdien (den såkalte standardfeilen),

$$\Delta\bar{\mu} = \frac{\Delta\mu}{\sqrt{n}}.$$

Angi deretter  $\mu$  med middelverdi og usikkerhet (standardfeil), dvs på formen

$$\mu = \bar{\mu} \pm \Delta\bar{\mu}.$$

Til slutt plotter du de eksperimentelle målepunktene for størrelsen  $\ln[S(\phi)/S(0)]$  sammen med de tre rette linjene  $\mu\phi$ , for  $\mu = \bar{\mu}$  samt  $\mu = \bar{\mu} \pm \Delta\mu$ . Er andelen målepunkter som ligger innenfor  $[\bar{\mu} - \Delta\mu, \bar{\mu} + \Delta\mu]$  omtrent som forventet? Bruk gjerne digitale hjelpemidler (matlab, python, excel e.l.) til å løse denne oppgaven!

## Oppgave 2.

En kloss med masse 1.00 kg holdes i ro på et skråplan med helningsvinkel  $30^\circ$ . Den statiske friksjonskoeffisienten er  $\mu_s = 0.43$ , og den kinetiske friksjonskoeffisienten er  $\mu_k = 0.40$ .

- a.** Klossen slippes. Hvor stor er da friksjonskraften som virker på klossen? Hva blir klossens akselerasjon?
- b.** Vi lar nå klossen bli påvirket av en tilleggskraft  $F = 1.00$  N, rettet oppover langs skråplanet. Hva blir nå friksjonskraften på klossen og klossens akselerasjon når den slippes? (Tilleggskraften virker uendret både før og etter klossen slippes.)
- c.** Vi gjentar eksperimentet, men nå med tilleggskraften  $F = 2.00$  N oppover langs skråplanet. Finn igjen friksjonskraften på klossen og klossens akselerasjon når den slippes.

## Oppgave 3.

En kloss med masse  $m$  er festet til ei (masseløs) fjær med fjærkonstant  $k$ . Fjæra er festet til en vegg i sin venstre ende. Klossen kan gli uten friksjon på et horisontalt underlag. Bevegelsen blir startet (ved  $t = 0$ ) ved å dra klossen fra likevektsposisjonen  $x = 0$  mot høyre til posisjon  $x_0$  og gi den en hastighet  $v_0$  mot høyre. Klossen utfører deretter harmoniske svingninger beskrevet ved  $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$  der  $\omega = 2\pi/T$  er vinkelfrekvensen,  $T$  er perioden, og  $\phi$  er en fasekonstant.

- a.** Finn uttrykk for  $\omega$ ,  $\phi$  og amplituden  $A$ . (Dvs, uttrykt ved størrelser oppgitt innledningsvis. Det er mer enn en måte å uttrykke disse størrelsene på.)
- b.** Finn et uttrykk for systemets totale energi  $E$ .
- c.** Vi kunne alternativt ha skrevet løsningen på formen  $x(t) = B \cos \omega t + C \sin \omega t$ . Hva blir da de to koeffisientene  $B$  og  $C$ ?
- d.** Bestem tallverdier for svingebevegelsens maksimale utsving og maksimale hastighet dersom  $m = 100$  g,  $k = 10$  N/m,  $x_0 = 1.0$  cm og  $v_0 = 10$  cm/s.

## Oppgave 4.

Systemet i oppgave 3 dreies 90 grader slik at massen  $m$  henger vertikalt i tyngdefeltet. Ny likevektsposisjon for klossen tilsvarer at fjæra er strukket en lengde  $\Delta x$ . Finn et uttrykk for  $\Delta x$ . (Tyngdens akselerasjon:  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>) Bestem også tallverdi for  $\Delta x$ . Skriv ned bevegelsesligningen for klossen, og vis at den vil svinge harmonisk med samme frekvens som før.

Noen fasitsvar:

*Oppgave 1:*  $0.172 \pm 0.005$ .

*Oppgave 2:* a) 3.4 N, 1.51 m/s<sup>2</sup>, b) 0.51 m/s<sup>2</sup>, c) 2.91 N.

*Oppgave 3:* d) 1.4 cm, 14 cm/s.

*Oppgave 4:* 9.8 cm.