FY1001/TFY4109/TFY4145. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2015.
Øving 3. Veiledning: 14. – 17. september.

Oppgave 1.

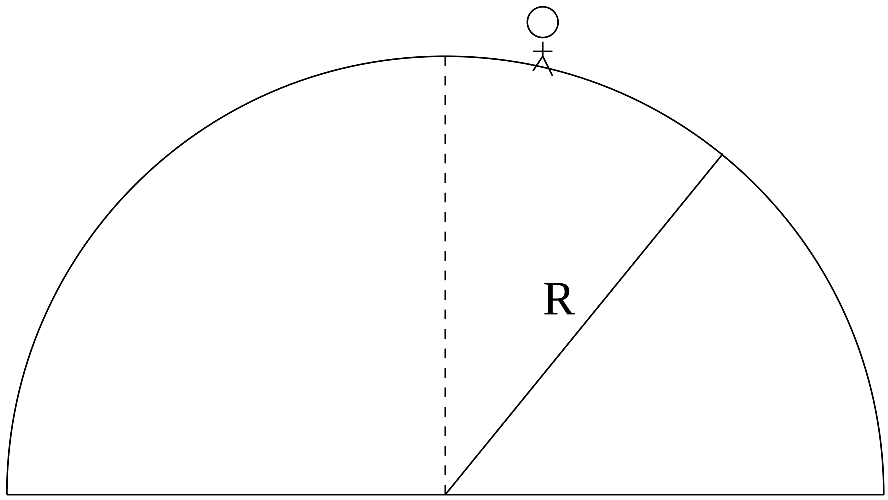
La oss for enkelhets skyld sette $g = 10$ m/s^2 i denne oppgaven.

a) Hvis du trekker en kasse med masse 50 kg en lengde 3 m bortover gulvet, og kinetisk friksjonskoeffisient for "kasse mot gulv" er 0.2, hvor mye mekanisk energi har da gått tapt i form av friksjonsarbeid?

A) 30 Nm   B) 70 Nm   C) 150 Nm   D) 300 Nm   E) 700 Nm

b) Anta at statisk friksjonskoeffisient for "piano mot gulv" er 0.4, og at pianoet har masse 120 kg. Du forsøker – forgjeves – å skyve pianoet bortover gulvet med en horisontal kraft på 350 N, men pianoet rikker seg ikke. Hva er friksjonskraften fra gulvet på pianoet?

A) 285 N   B) 350 N   C) 415 N   D) 438 N   E) 471 N



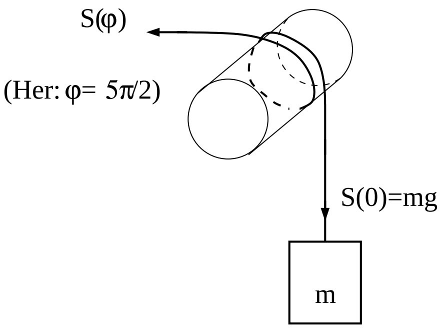
c) Statisk friksjonskoeffisient mellom skosålene dine og et halvkuleformet tak med radius $R = 40$ m er 0.5. Hvor langt bort fra toppen kan du da bevege deg uten å begynne å gli? (Vi måler lengden langs takets overflate.)

A) 8.2 m   B) 12.3 m   C) 18.5 m   D) 33.6 m   E) 58.7 m

d) Anta så at du setter deg på et essensielt friksjonsfritt brett og seiler utfor fra toppen av taket med praktisk talt null starthastighet. Hvor langt nedover taket kommer du før du "tar av"?

A) 8.2 m   B) 12.3 m   C) 18.5 m   D) 33.6 m   E) 58.7 m

Oppgave 2.



ϕ	$S_{\max}/g$ (g)
0	185
$\pi/2$	240
π	300
$3\pi/2$	440
2π	600
$5\pi/2$	800
3π	1000
$7\pi/2$	1100
4π	1400

Tabell: Maksimal snorkraft $S_{\max}$ med lodd i likevekt, med snor surret en vinkel ϕ 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 $S(\phi)$ enten minste påkrevde snordrag for å holde massen m i ro når snora har kontakt med sylinderen over en vinkel ϕ,

$$S_{\min}(\phi) = S(0)\exp(-\mu\phi),$$

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

$$S_{\max}(\phi) = S(0)\exp(\mu\phi).$$

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

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

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

et estimat for usikkerheten i en enkeltmåling av μ (det såkalte standardavviket),

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

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

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

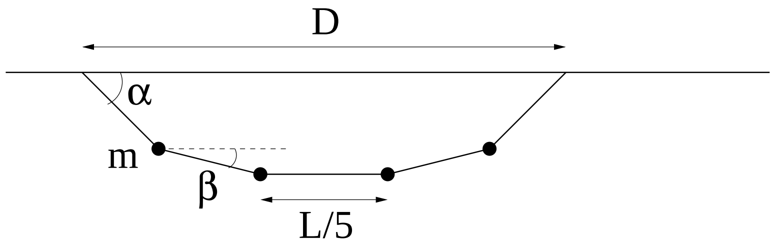
Angi deretter μ med middelverdi og usikkerhet (standardfeil), dvs på formen

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

Til slutt plotter du de eksperimentelle målepunktene for størrelsen $\ln[S_{\max}(\phi)/S_{\max}(0)]$ sammen med de tre rette linjene $\mu\phi$, for $\mu = \overline{\mu}$ samt $\mu = \overline{\mu} \pm \Delta\mu$. Er andelen målepunkter som ligger innenfor $[\overline{\mu} - \Delta\mu, \overline{\mu} + \Delta\mu]$ omtrent som forventet (dvs ca 68%)? Bruk helst digitale hjelpemidler (Python, Matlab) til å løse denne oppgaven.

Oppgave 3.

På ei tilnærmet masseløs klessnor henger fire like tunge plagg i hver sin kleshenger, med lik avstand $L/5$ mellom to nabokleshengere, og mellom festepunkt og nærmeste kleshenger. Klessnora har med andre ord lengde L, og endene er festet i samme høyde, med innbyrdes avstand D:



Oppgaven går ut på å bestemme klessnoras form, dvs vinklene α og β i figuren. Vis at vinkelen α kan bestemmes ved å løse ligningen

$$\frac{L}{5}\left(1+\frac{4x}{\sqrt{1+3x^2}}+2x\right)=D,$$

der $x = \cos\alpha$. Tips: Problemet inneholder 5 ukjente størrelser: Vinklene α og β, samt 3 ulike snorkrefter S_1 (ytterst), S_2 (nest ytterst) og S_3 (på midten). Newtons 1. lov for to av massene (en ytterst og en nest ytterst), horisontalt og vertikalt, gir 4 ligninger. Den femte ligningen har kun å gjøre med geometrien, dvs en sammenheng mellom D, L, α og β, og denne finner du direkte ut fra figuren.
Dette er i realiteten en 4.gradsligning i x, som strengt tatt lar seg løse analytisk, men de analytiske uttrykkene ser ikke pene ut og gir ikke særlig mye innsikt.
I praksis er det mye mer fornuftig å bestemme x, og dermed α, med en numerisk metode. Den enkleste oppskriften er sannsynligvis denne:

- Skriv ligningen på formen $x = f(x)$.
- Velg en passende startverdi $x = x_0$ og regn ut $f(x_0)$.
- Sett $x_1 = f(x_0)$ og regn ut $f(x_1)$.
- Sett $x_2 = f(x_1)$ og regn ut $f(x_2)$, osv.
- Gjenta ("Iterer") dette skjemaet inntil $x_j \simeq x_{j-1}$ med tilstrekkelig god tilnærmelse.

I Python/Matlab-programmene `klessnor.py/(klessnor.m + iter_los_plot.m)` er denne algoritmen implementert.

Et fasitsvar:

Oppgave 2: 0.172 ± 0.005.