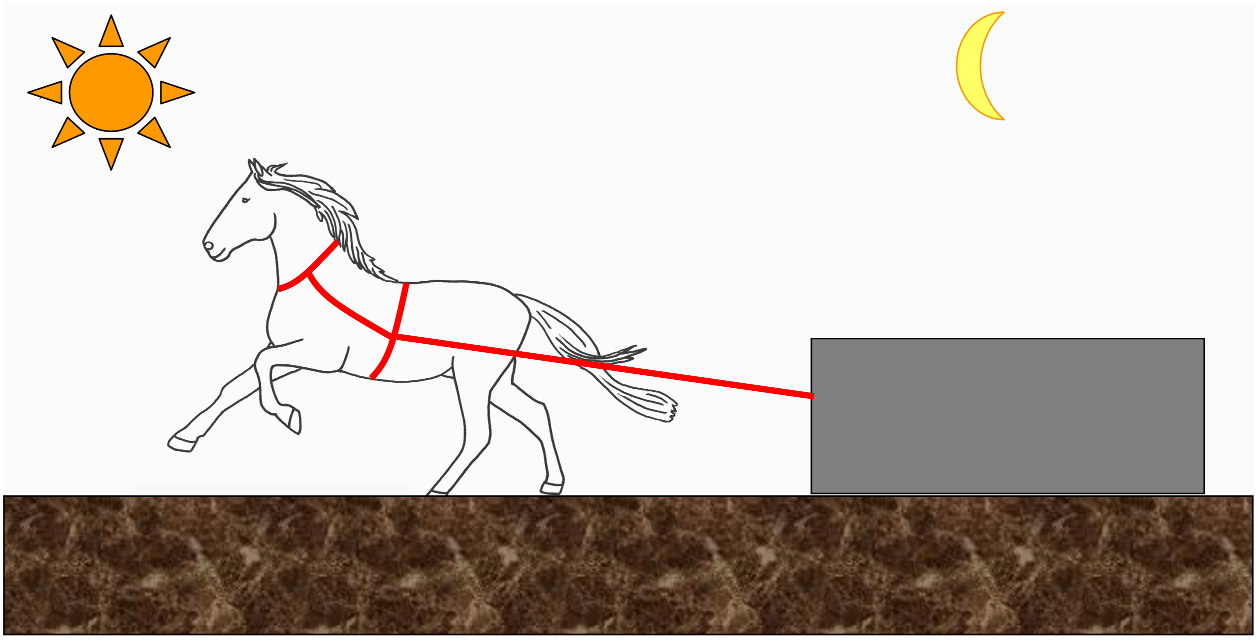
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4125 Fysikk, våren 2014
Faglærer Magnus B. Lilledahl

Regneøving 2
Veiledning torsdag 21. januar
Innlevering fredag 25. januar

Nødvendig for å besvare disse oppgavene er kunnskap om krefter og akselerasjon, Young and Freedman kapittel. 1-5! Øvingen gir også god regnetrening.

Oppgave 1 som handler om Newtons tredje lov og en hest i hardt måneskinnsarbeid

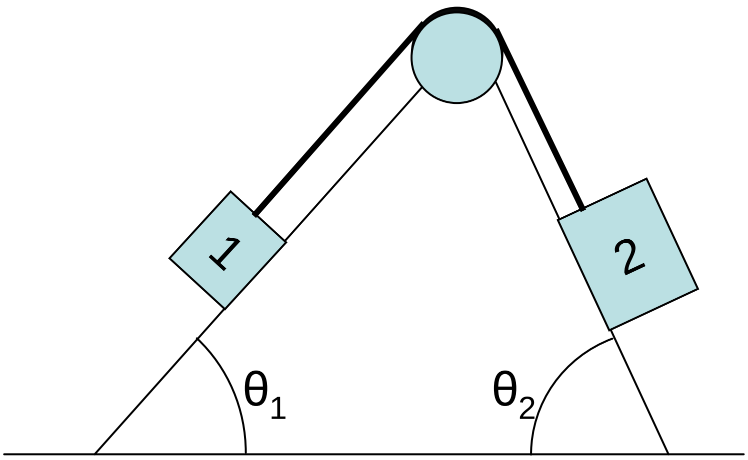


a) Formuler Newtons 3. lov, og identifiser minst 10 kraft – motkraft par i figuren ovenfor! (NB! Vær nøye: eksempelvis tyngdekrafta av lasten og normalkrafta fra bakken er ikke motkrefter i Newtons betydning!). Er det noen av kraftparene som kan neglisjeres når målet er å analysere bevegelsen av hest - last systemet?

b) En student river seg i håret og sier at "N3 må være feil, for hvis kraft er lik motkraft, så kan umulig hesten bevege lasten". Hva er feil i dette argumentet?

c) Tegn kraft-legeme diagrammer for hesten og for lasten. Forklar betingelsene for at lasten
   - i) forblir i ro,
   - ii) akselereres, eller
   - iii) trekkes med konstant hastighet.

Oppgave 2 En modifisert Attwood-maskin



Kloss 1 og 2 med masser m_1 og m_2 er bundet sammen med en ideell snor (bøyelig og med neglisjerbar masse) som kan skli friksjonsløst over et avrundet hjørne.

a) Tegn relevante kraft-legeme diagram og vis at akselerasjonen a til klossene kan beskrives ved dette uttrykket:

$$a = \frac{m_2 \sin\theta_2 - m_1 \sin\theta_1}{m_1 + m_2} g$$

g er tyngdens akselerasjon. (La akselerasjonen til 2 være positiv nedover).

b) Finn et uttrykk for snorkrafta T!

c) Har uttrykkene for a og T riktige dimensjoner? Vurder også om uttrykkene ser rimelige ut sammenlignet med resultatene utledet for en Attwood-maskin i forelesningstimene.

d) Finn et uttrykk for a i grensen $\theta_1 = 0°$, $\theta_2 = 90°$. Gi en lettfattelig fysisk tolking av uttrykket du finner!

e) Vi lar nå m_2 være lik et helt antall ganger massen til m_1, dvs. $m_2 = nm_1$, $n \in \mathbf{N}_0$. Videre lar vi $\theta_1 = \theta_2$. Finn også i dette tilfellet et uttrykk for akselerasjonen a, og plott $a/(g\sin\theta)$ som funksjon av n i Python (legg ved kode og figur). Drøft tilfellene $n = 0$, $n = 1$ og $n \rightarrow \infty$.

Oppgave 3 Klinkekule opplever væskefriksjon

Akselerasjonen til en klinkekule som beveger seg med relativt stor hastighet gjennom en væske kan i rimelig tilnærmelse skrives som

$$a = -kv^2 \quad \text{gitt at } v > 0$$

der k er en konstant som avhenger av væskens egenskaper og kulas masse og radius. Vi neglisjerer tyngdeakselerasjonen i denne oppgaven.

a) Dersom ei kule slippes ned i væsken med hastigheten v_0, hva blir uttrykket for kulas hastighet $v(t)$?

b) Dersom $k = 3\ \mathrm{m}^{-1}$ (sjekk at dimensjonen stemmer!) og v_0 er 1.5 m/s, hvor lang tid tar det før hastigheten er redusert til det halve? Og hvor langt har kula da beveget seg i væsken?

c) Bruk Eulers metode til å løse differensiallikningen numerisk og plott hastigheten du finner. Les av hvor farten har blitt redusert til det halve og sjekk at det stemmer.

Oppgave 4

Galileo har gjort eksperimentene sine (se øving 1) og vil finne ut om hva slags modell som stemmer overens med målingene. Han har to hypoteser. Den ene er at objektene faller fritt og kun blir akselerert av tyngdekraften med kraften mg. Den andre hypotesen er at det også virker en friksjonskraft på objektet som er proporsjonal med hastigheten, f = -kv.

a) Finn et uttrykk for hastigheten til det fallende objektet som funksjon av tid for hver av de to modellene. (Stikkord: Newtons 2. lov og avsnitt 5.3 i Young and Freedman.)

Neste steg er så å sammenlikne modellen i a) med måledataene. I øving 1 regnet du ut hastigheten til de fallende objektene som funksjon av tid. Bruk disse dataene. Tilpasning av data til modeller er en matematisk gren i seg selv. En populær metode er 'minste kvadraters metode'. Denne vil du lære mer om når du studerer Lineær algebra i Matematikk 3 (så følg med når du kommer dit!). Heldigvis er denne metoden implementert i Python gjennom en kommando som heter np.polyfit. Metoden tilpasser et polynom som passer best til dataene og gir tilbake koeffisientene til polynomet. Kjekt!

Den brukes slik:

```
p = polyfit(t,v,n)
```

t er tid (eller en annen variabel i måledataene), v er måledataene og n er graden på polynomet du ønsker å tilpasse. p er en rekke med tall som er koeffisientene til det tilpassede polynomet:

```
v = p[0]*t**n + p[1]*t**(n-1) + p[2]*t**(n-2) + …
```

b) Tilpass et andreordens polynom til hastigheten for hver av målingene. (Her må du først trimme dataene ettersom den selve fallet begynner først noe uti måleserien. Når du har trimmet dataen skift tidsaksen slik at fallet begynner ved t=0.) Sammenlikn polynomet du får

fra målingen xvacuum.txt med fritt fall løsningen. Hvilken verdi får du for tyngdens akselerasjon? Kan du si noe om massen til objektet fra denne målingen?
For modellen med luftmotstand får du en eksponentialfunksjon. Rekkeutvikle denne til andre orden og sammenlikn med polynomet du får fra xnonvacuum.txt. Kan du si noe om hva terminal hastighet er? Hva med k og m? Kanskje forholdet mellom k og m?