

Svingende lod i fjeder

Eksempel på anvendelse af beregninger og kurvetilpasning i DataStudio



Idé

En fjeder ophænges i en kraftmåler, et lod hænges i fjederen. Nedenunder loddet placeres en bevægelsessensor. Der måles på fjederkraft samt position og acceleration.

Ud fra de målte data kan følgende aspekter undersøges:

- Hookes lov
- Formlen for svingningstid
- Newtons 2. lov
- Mekanisk energibevarelse

Dataopsamlingsudstyr

PS-2103 Bevægelsessensor

PS-2104 Kraftsensor *eller* PS-2189 Kraftsensor – høj opløsning

PS-2001 Power Link *eller* 2 stk. PS-2100 USB Link *eller* PS-2002 Xplorer GLX

Apparatur i øvrigt

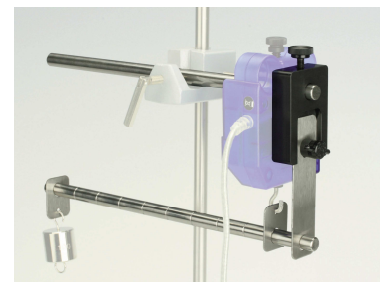
2155.50 Fjeder (155 mm x \varnothing 27 mm, "ca. 4,7 N/m")

2177.10 Slidslodder med holder

1907.00 Vægtstang til kraftsensor (ikke med på foto af opstillingen).

Vægtstangen er anvendt i dette eksempel for at øge opløsningen af PS-2104. (Den er ikke nødvendig med PS-2189.)

Stativmateriale



Detaljer om målingerne

I de målinger, som præsenteres i det følgende, er disse parametre valgt: Kraftmåleren indstilles til at vise "Kraft, træk pos.", målehastighed 50 Hz. Vægtstangen hænges på, så den giver en 1:10 udveksling.

Sensoren tareres med loddet hængende i ro.

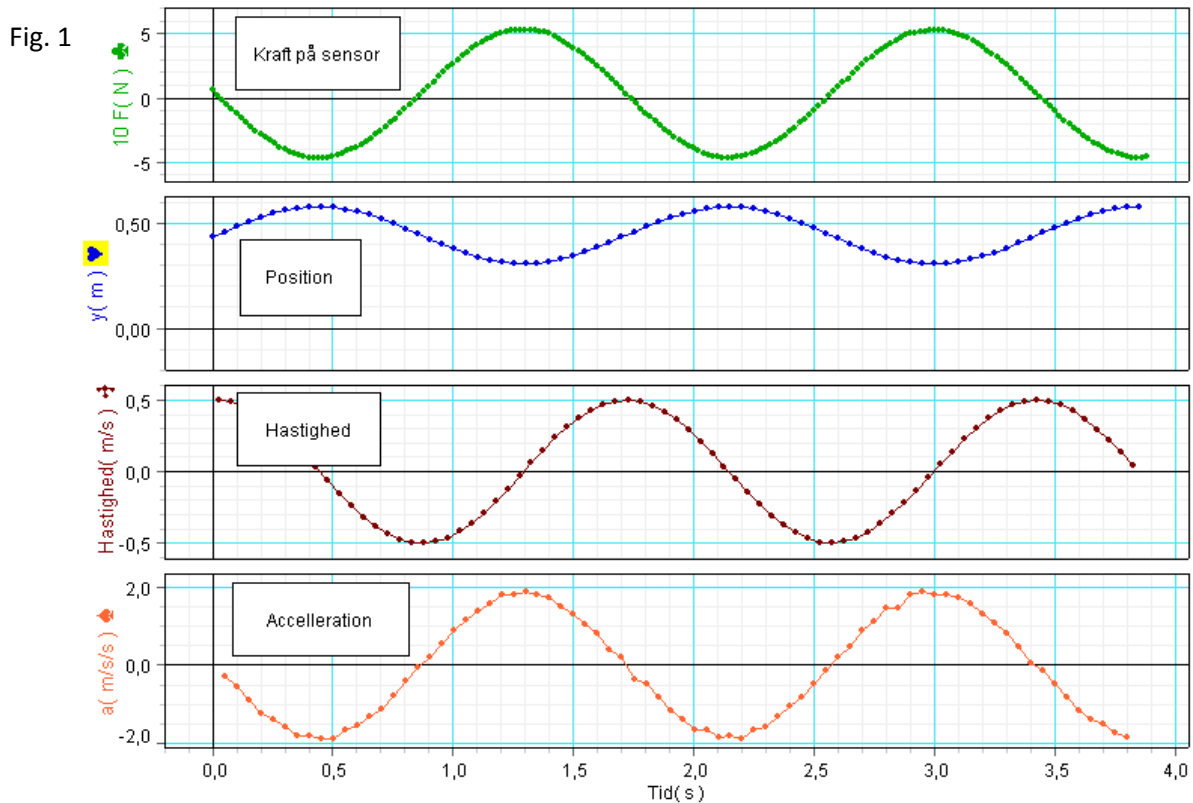
Bevægelsessensoren indstilles til at måle med en hastighed på 20 Hz.

Pas på ikke at vælge for stor målehastighed på positionen – det giver for små ændringer pr. måling og dermed for store usikkerheder på hastighed og acceleration.

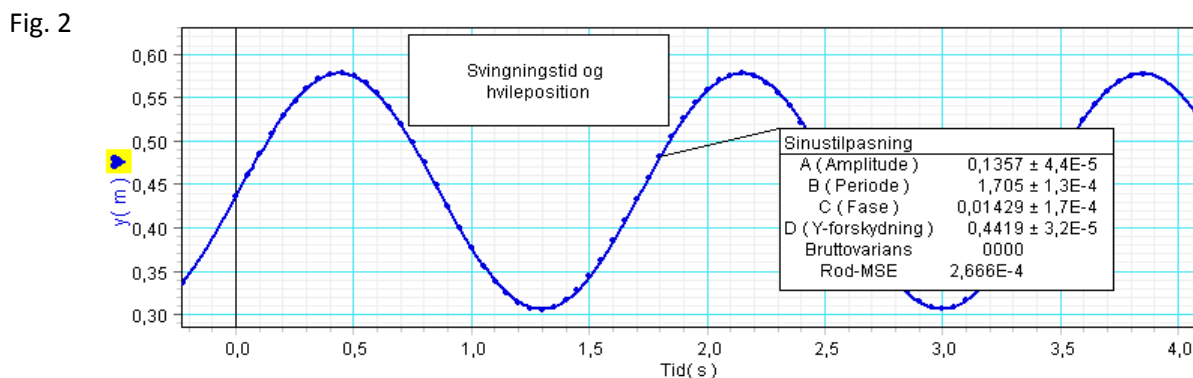
Loddets masse er 231,24 g, fjederen vejer 76,60 g..

Rå målinger, indledende beregninger

De tre målte datasæt fremgår af fig. 1



Målingen er foretaget efter en vis indsvingningstid. Måler man umiddelbart efter at loddet slippes, kan der forekomme egensvingninger i fjederen, hvilket f.eks. vil kunne ses som uregelmæssigheder på kraft-grafen. Da man normalt ønsker at måle position med nulpunkt i hvilepositionen, findes denne via en sinustilpasning til positionsgrafen til 0,4419 m - se fig. 2.



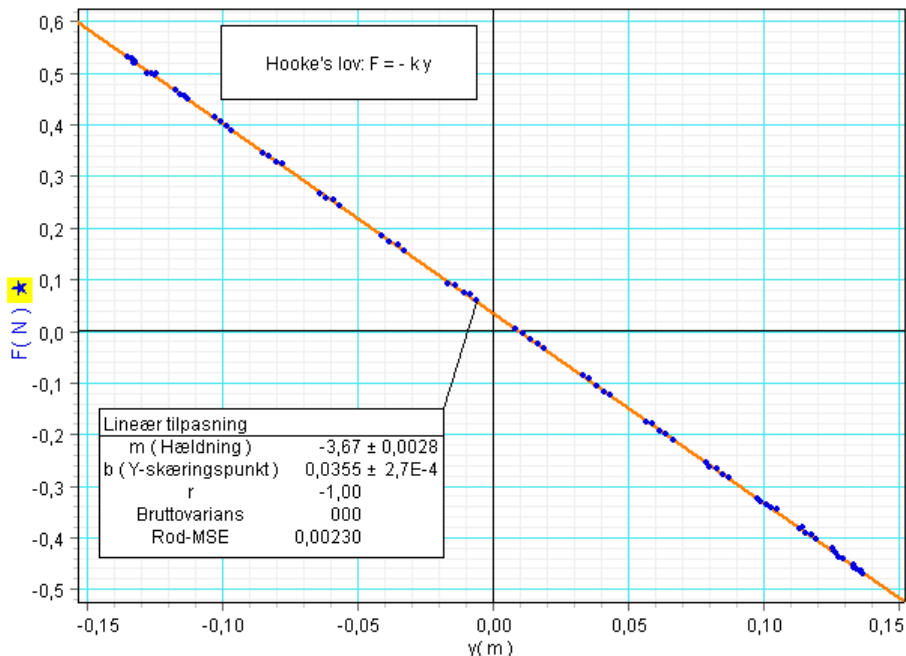
Der oprettes nu en beregning på positionen, hvor de 0,4419 m trækkes fra. Desuden beregnes fjederkraften som 0,1 gange den målte kraft (pga. vægtstangen).

Det er disse beregnede datasæt, der indgår som position og kraft i det følgende.

Hookes lov

Plotter man fjederkraften som funktion af positionen, og laver en lineær tilpasning, kan fjederkonstanten bestemmes som hældningen med modsat fortegn – fig. 3

Fig. 3



Fjederkonstanten er givet ved $k = 3,67 \text{ N/m}$.

Bemærk i øvrigt, at det åbenbart ikke lykkedes at tarere kraftsensoren med loddet helt i ro.

Svingningstiden

På fig. 2 findes også svingningstiden (perioden) som $T = 1,705 \text{ s}$.

Fra det teoretiske udtryk for svingningstiden kan vi beregne den svingende masse. Fjederkonstanten har vi fra sidste afsnit:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Leftrightarrow m = k \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 = 3,67 \frac{\text{N}}{\text{m}} \left(\frac{1,705 \text{ s}}{2\pi} \right)^2 = 0,270 \text{ kg}$$

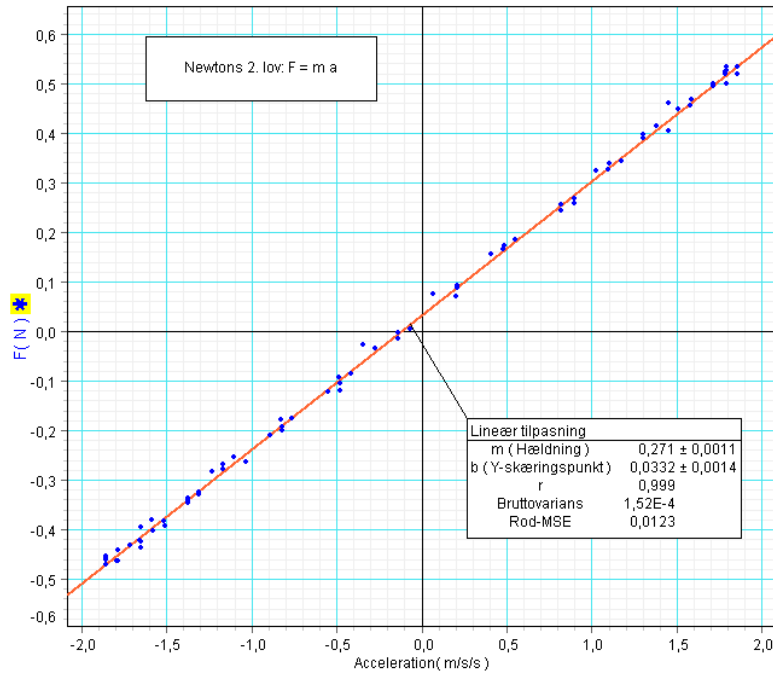
Loddets masse er som nævnt 231,24 g, så der mangler 39 g, Det kunne godt minde om halvdelen af fjederens masse ($76,6 \text{ g} / 2 = 38,3 \text{ g}$).

Newtons 2. lov

Da vi har såvel kraften på loddet som dets acceleration, er det nærliggende at kigge Newtons 2. lov efter i sømmene.

På grafen for F som funktion af a – fig. 4 – laves en lineær tilpasning. Massen kan bestemmes som hældningen, hvilket giver $m = 0,271 \text{ kg}$. Det er igen meget tæt på loddets masse plus det halve af fjederens masse.

Fig. 4



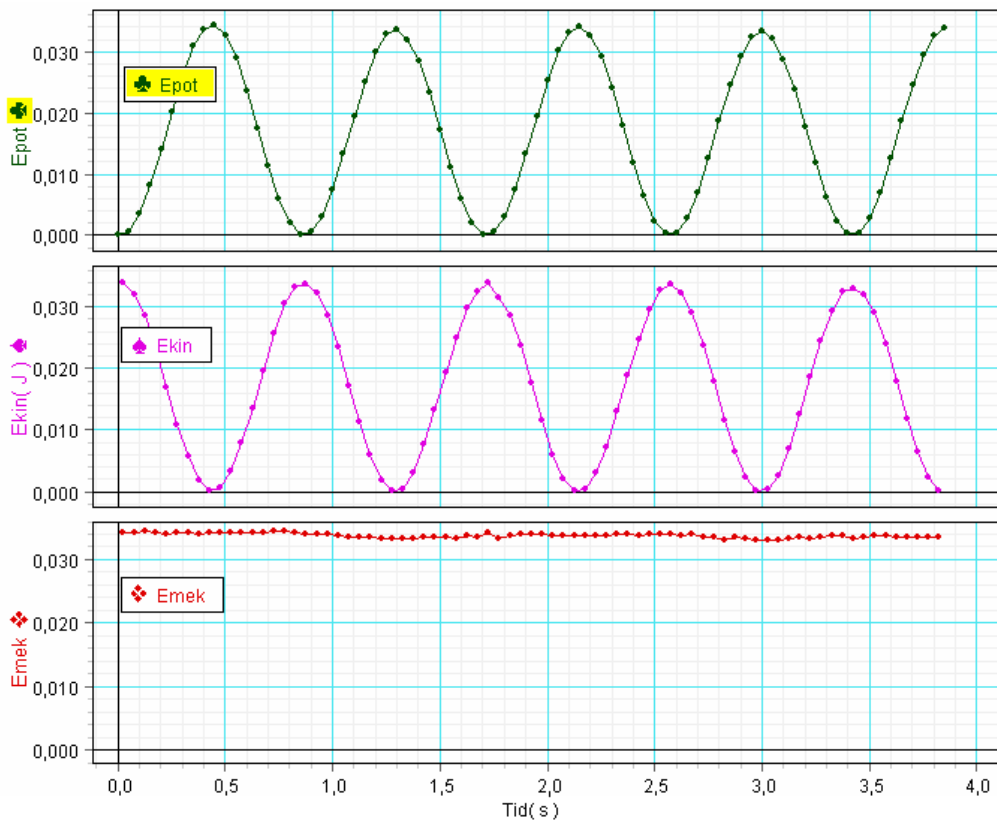
Mekanisk energibevarelse

Ud fra position og hastighed beregnes hhv. den potentielle og den kinetiske energi.

$$E_{pot} = \frac{1}{2}ky^2 \quad E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

Som massen *m* er igen indsat loddets masse plus den halve fjedermasse.

Fig. 5



Som forventet ses den samlede mekaniske energi at være stort set konstant.