

## Hookes' lov og harmonisk bevægelse

### Formål

Vi skal eftervise *Hookes lov* for en fjeder, og vise at en fjeder foretager en harmonisk bevægelse, når den svinger op og ned med et lod i enden.

### Teori

Hookes' lov siger at den kraft  $F$ , der skal til for at strække en fjeder, er ligefrem proportional med det stykke  $x$ , den strækkes ud fra ligevægtspositionen. I formel kan det udtrykkes:  $F_{\text{fjeder}} = -k \cdot x$ . Proportionalitetsfaktoren  $k$  kaldes for *fjederkonstanten*. Minusset i formlen udtrykker at kraften er modsat rettet udstrækningen. Rigtig mange fjedre adlyder Hookes' lov. Elastikker gør imidlertid sjældent.

Spørgsmålet er hvilken bevægelse, der kommer ud af det, hvis man hænger et lod i en fjeder, strækker fjederen lidt ud og slipper? Loddet vil naturligvis svinge op og ned, men hvilken bevægelse vil det foretage. Der tænkes her på det sted  $x = x(t)$  loddet vil være til tiden  $t$ . Bevægelsesproblemet kan smart løses ved hjælp af Newtons 2. lov. Idet accelerationen er den anden afledede af strækningen  $x$ , fås:

$$(1) \quad m \cdot x'' = m \cdot a = F_{\text{res}} = -k \cdot x \Leftrightarrow x'' = -\frac{k}{m} \cdot x$$

Det er en såkaldt 2. ordens differentialligning. Vi skal finde en funktion  $x$  af tiden, som differentieret to gange giver sig selv med en negativ konstant foran. Én løsning er:

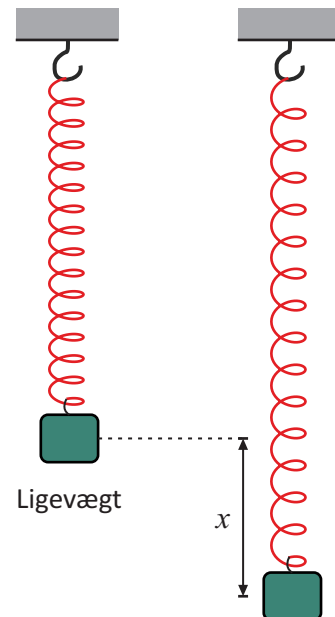
$$(2) \quad x(t) = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t\right)$$

Altså en sinussvingning med følgende svingningstid:

$$(3) \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{k/m}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

### Delforsøg 1

Vælg en fjeder og undersøg, om den adlyder Hookes' lov. Hvis den gør, bestem da fjederkonstanten. Der er to måder du kan udføre dette på. Metode 1 er en "manuel" metode, hvor du hænger tungere og tungere lodder på en fjeder og noterer op, hvor meget fjederen strækkes ud. Fjederkraften er da tyngden på loddet,  $F_t = m \cdot g$ . De sammenhørende værdier af fjederkraften og udstrækningen  $x$  kan derefter undersøges i



Logger Pro. Er der tale om en proportionalitet? Hvis der er, bestemmes fjederkonstanten som hældningskoefficienten. Metode 2 til at påvise Hookes' lov er mere avanceret. Her benyttes en *Dual Force Sensor* fra Vernier. Fjederen hænges simpelthen op i kraftsensoren, som tilsluttes en *LabQuest*, som igen er tilsluttet en computer. Hvis man anvender denne metode, kan man udføre delforsøg 1 samtidig med delforsøg 2.

### Delforsøg 2

Fra det første delforsøg kender vi fjederens fjederkonstant. Idéen i dette forsøg er da at undersøge om fjederen virkelig udfører en harmonisk bevægelse, altså en sinus-bevægelse og om svingningstiden er den forudsagt i formel (3). Til forsøgen benyttes en *Go! Motion* sensor fra firmaet Vernier. En mulig forsøgsopstilling – hvor metode 2 fra delforsøg 1 benyttes – ses på figuren herunder.

