

Retlinet bevægelse for lod i tyngdefelt og i en fjeder

2003x

6. februar 2005

I denne øvelse undersøges to forskellige bevægelser: a) Det frie fald, og b) Det fjeder-ophængte lods bevægelse

Indhold

1 Formål

Formålet med øvelsens første del er at undersøge et legeme — her et lod — der falder frit i tyngdefeltet. Undersøgelsen omfatter en bestemmelse af tyngde-accelerationen g og en fastlæggelse af energi-forholdene under faldet

Anden del er en undersøgelse af et lod der hænger i en fjeder. Her ser vi bl.a. på om mekanikkens energi-sætning gælder under bevægelsen, altså om

$$E_{mek} = E_{pot} + E_{kin} = \text{konstant} \quad (1)$$

2 Apparat

Timer, timer-strimmel, lodder, fjeder, målestok.

3 Det frie fald

3.1 Opstilling og udførelse

Den ene ende af en timer-strimmel fastgøres til et lod, og strimlen anbringes i timeren, hvor den holdes fast. Timeren startes og strimlen slippes så loddet falder frit. Sørg for at loddet ikke rammer dig selv eller en kamerat i hovedet! Det er meget bedre at stoppe loddet med en passende afskærmning af gulvet der hvor loddet rammer.

3.2 Teori og resultatbehandling

Timeren sætter 100 prikker i hvert sekund. Den sætter altså en prik hver gang der er gået tiden $\Delta t = 0,01s$. Ser vi på en bestemt prik på strimlen, så kan vi finde det tidspunkt denne prik blev sat på, ved at tælle *mellemrummene* fra strimlens begyndelsespunkt og frem til prikken. Hvert mellemrum svarer til 0,01 sekund. Hvis der f.eks. er 20 mellemrum, er prikken afsat til tiden $t = 20 \text{ mellemrum} \cdot 0,01 \frac{\text{sek.}}{\text{mellemrum}} = 0,20 \text{sek.}$ efter starten.

Til dette tidspunkt er loddet faldet strækningen s , der findes på timerstrimlen ved at måle afstanden fra startpriken og indtil den prik vi undersøger (Loddet og startpriken er jo faldet lige langt).

Lav en tabel over t og s , du kan f.eks. se på hver 5. prik. Markér de prikker du ser på, ved at tegne en streg gennem dem på tværs af strimlen.

$t/\text{sek.}$	0,00	0,05	0,10	0,15	osv.
s/m	0,000				

Indsæt disse værdier i et (t,s) -koordinatsystem på et mm-papir. Der hvor kurven krummer meget, kan du eventuelt ved hjælp af strimlen finde nogle flere støttepunkter så du får en bedre fornemmelse af punkternes forløb. Tegn tilsidst (t,s) -grafene som en "blød" kurve.

Derefter skal du tegne en (t,v) -graf så man kan følge hastigheden v som funktion af tiden. Derfor skal du nu beregne hastigheden i de punkter du før valgte ud til (t,s) -grafene. Det gør du således: Fra de udvalgte punkter går du ét mellemrum til hver side. Dette stykke Δs , der altså omfatter to mellemrum, er blevet gennemløbet i tiden $\Delta t = 0,02$ sek. Efter en måling af Δs kan du danne $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Lav nu en tabel som før, og tegn en (t,v) -graf på samme mm-papir som det med (t,s) -grafene.

Ved hjælp af disse grafer kan du nu lave disse fire punkter:

1. For tidspunkterne $t = 0,20$ sek. og $t = 0,40$ sek. tegnes tangenten til (t,s) -grafene. Tangentens hældning sammenlignes med din beregning af hastighederne i de samme to tidspunkter. Få de rigtige enheder med.
2. Udregn arealet under (t,v) -grafene i tidsintervallet $[0,20s; 0,40s]$. Husk igen enhederne. Arealet vil — hvis du regner rigtigt — få enheden *meter*. Sammenlign dette areal med den vejlængde der iflg. din tabel er tilbagelagt mellem de to tidspunkter.
3. Find accelerationen ved hjælp af (t,v) -grafene. Sammenlign med værdien for tyngdeaccelerationen $g = 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
4. Vælg et passende nulpunkt for loddets potentielle energi, f.eks. punktet lige før det rammer gulvet. Beregn så ca. 8 værdier for E_{pot} , E_{kin} og E_{mek} som funktion af stedet. Afbild værdierne i et (s,E) -koordinatsystem.

3.3 Konklusion

Hvad har besvarelsen af punkterne 1–4 vist?

3.4 Lineær harmonisk bevægelse: Lod i en fjeder

I dette tilfælde vil vi se på et lod der svinger op og ned i en fjeder. Fjederen har fjederkonstanten k (se side 266 f. i Orbit 2) og loddet har massen m . Her begynder vi med stedfunktionen og går så frem til hastighedsfunktionen og videre til accelerationsfunktionen. Stedfunktionen kan udtrykkes matematisk således hvis vi vedtager at loddet er midt mellem sit udsving to yderpunkter når $t = 0$ sek.:

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

A er *amplituden*, dvs. et udtryk for højt op og hvor langt ned loddet kommer i sin bevægelse.

3.4.1 Øvelse

Indstil bevægelsessensor under en fjeder med et 5 kg lod (pas på hovedet).

Gør dataopsamlingen parat og optag sted, hastighed og acceleration. Når du har en passende graf, kan du flytte den over i et Word-dokument. Gem derefter tallene i et regneark.

Endelig skal du ved at hænge forskellige lodder op i fjederen og måle fjederøjets forstrækning finde k således: Lav en graf med forstrækningen x ud ad x-aksen og kraften på fjederen fra lodderne op ad y-aksen. Du finder kraften fra lodderne ved at gange loddernes samlede masse i kg med tyngdeaccelerationen. Linjens hældning er k .

Nu skal du ud fra stedfunktionen

$$s(t) = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t\right) \quad (3)$$

- Finde hastigheds- og accelerationsfunktion. Skriv udtrykkene ved at differentiere $s(t)$ to gange.
- Finde A på graferne. På stedfunktionen skal du finde det totale udsving, dividere det med to, så har du A . På de to andre kan A aflæses umiddelbart.
- Sammenligne med de teoretiske værdier, som er det der står foran den trigonometriske funktion.
- Aflæs perioden og sammenligne med den teoretiske værdi $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
- Ud fra den aflæste værdi af perioden T skal du nu finde k
- Sammenlign med den målte værdi af k .

Endelig skal du se på de tre grafer og med dine egne ord forklare hvordan man kan se hvordan hastighedsfunktionen forholder sig til stedfunktionen, og hvordan man kan se hvordan accelerationsfunktionen forholder sig til stedfunktionen.

Besvar til sidst:

- Hvor er loddets hastighed størst?
- Hvor er loddets hastighed 0 m/s?
- Hvor er loddets acceleration størst?
- Hvor er loddets acceleration 0 m/s²?