Retlinet bevægelse for lod i tyngdefelt og i en fjeder

1999x

24. februar 2001

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

$$E_{mek} = E_{pot} + E_{kin} = \text{konstant} \tag{1}$$

2 Apparatur

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 kammerat 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 startprikken og indtil den prik vi undersøger (Loddet og startprikken 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/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)-grafen 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)-grafen. 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 Δt = 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)-grafen.
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)-grafen. Tangentens hældning sammenlignes med din beregning af hastighederne i de samme to tidspunkter. Få de rigtige enheder med.

2. Udregn arealet under (t,v)-grafen 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)-grafen. Sammenlign med værdien for tyngdeaccelerationen $g = 9,82\frac{m}{s^2}$.

4. Vælg et passende nulpunkt for loddets potentielle energi, f.eks. punktet lige før det rammer gulvet. Beregn så ca. 8 værdier for $E_{\text{pot}}, E_{\text{kin}}$ 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?

4 Det fjeder-ophængte lod

4.1 Opstilling og udførelse

Loddet hænges op i en fjeder. En timer-strimmel fæstnes til loddet, som forsigtigt trækkes ned mod timeren nede på gulvet mens strimlen trækkes gennem denne. Hold loddet stille et lille stykke over timeren, tænd den og slip loddet. Når det når sin øverste position, slukkes timeren.

Herefter findes fjederkonstanten k for fjederen ved at hænge et *ekstra* lod på den og måle forlængelsen af fjederen. k kan nu findes af *Hookes* lov: $F = kx$, hvor F er tyngdekraften på det ekstra lod, og x er den forlængelse fjederen fik da det blev hængt på.

4.2 Teori og resultatbehandling

Ud fra de aftegnede punkter kan farten findes som i første del, og herfra kan så $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$ findes. Den potentielle energi findes som $E_{\text{pot}} = \frac{1}{2}kx^2$, hvor x er afvigelsen fra ligevægtsstillingen M på figur 3. M kan findes og markeres ved at tænde timeren en kort øjeblik men loddet hænger i hvile og strimlen er strakt ud; eller man kan finde M som det punkt der ligger som symmetri-punkt på strimlen.

Koncentrér dine målinger om 5–6 punkter på hver side af M. C på figur 3 illustrerer et af de valgte punkter. Mål x og v i punktet, x skal regnes med fortegn så bevægelsen starter med negativt x og slutter med positivt.

Gennemsnitsfarten v i intervallet Δs er omtrent lig med farten i punktet C, og i en tabel kan man derfor udregne E_{kin}. I samme tabel udregnes også E_{pot} og E_{mek}. Alle tre energier er funktioner af x og de indtegnes i samme (x,E)-koordinatsystem.

4.3 Kommentar til graferne

Den potentielle energi har udtrykket $E_{\text{pot}} = \frac{1}{2}kx^2$. Hvilken form forventer du på denne baggrund at grafen for den potentielle energi får? Hvordan forventer du grafen for den mekaniske energi vil se ud? Det er ikke nemt at have en umiddelbar forventning til grafen for den kinetiske energi, men du kan gå indirekte til værks. Husk på sammenhængen mellem $E_{\text{pot}}, E_{\text{kin}}$ og E_{mek} og brug hvad du lige har indset om E_{mek} og E_{pot}.

Hvis du har tid og lyst, kan du til sidst undersøge om stedfunktionen $x(t)$ for loddets bevægelse passer. Afbild x på timerstrimlen (tag ca. 8 punkter) som funktion af t — husk at både x og t skal regnes med fortegn, negativt før M, positivt efter. Sammenlign så med teorien for en harmonisk svingning hvor $x(t)$ er givet ved

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

5 Usikkerhed

Dan dig et skøn over hvor stor usikkerhed der er på aflæsning af Δs på timer-strimlen, f.eks. et sted hvor Δs ikke er alt for stor, dvs. ikke for langt fra den del at timerstrimlen hvor prikker sidder tæt. Dan brøken $\frac{\text{usikkerhed på } \Delta s}{\Delta s}$. Regn den om til procent, så kan du gå ud fra at dine resultater i hvert fald ikke er sikrere end denne usikkerhed.

En fejlkilde er den modstand timerstrimlen yder. Prøv at lade den løbe gennem timeren med et lod der er så let at prikkerne sidder med lige store mellemrum, dvs. loddets fart er konstant. Så er den kraft timerstrimlen bremses med lig med tyngdekraften på det lette lod.