

# Frit fald i tyngdefeltet

Ver. 2.1

April 2001

## 1 Formål

Formålet 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. Til sidste del bruger vi en central sætning i mekanikken. Det er mekanikkens energi-sætning, og vi skal se om den gælder for et fald i tyngdefeltet.

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

Her har du glæde af at huske på disse to formler:

$$E_{pot} = mgh \quad (2)$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

Og så vil du — som sædvanlig — gøre alt nemmere for dig selv hvis du bruger standard-enhederne, dvs. meter, sekund, kg!

## 2 Apparatur

Timer, timer-strimmel, lod, målestok.

## 3 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.

## 4 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.

$t/\text{sek.}$	0,00	0,05	0,10	0,15	osv.
$s/\text{m}$	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)-grafens 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)-grafens. Det gør du således: Fra de udvalgte punkter går du ét mellemrum til hver side. Dette stykke  $\Delta s$ , der altså omfatter to mellemrum, er blevet gennemløbet i tiden  $\Delta t = 0,02$  sek. Efter en måling af  $\Delta s$  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)-grafens.

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)-grafens. Tangentens hældning sammenlignes med din beregning af hastighederne i de samme to tidspunkter. Få de rigtige enheder med.
2. Udregn arealet under (t,v)-grafens 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)-grafens. 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  $E_{\text{pot}}$ ,  $E_{\text{kin}}$  og  $E_{\text{mek}}$  som funktion af stedet. Afbild værdierne i et (s,E)-koordinatsystem.

## 5 Konklusion

Hvad har besvarelsen af punkterne 1–4 vist?

### 5.1 Usikkerhed og fejlkilder

Dan dig et skøn over hvor stor usikkerhed der er på aflæsning af  $\Delta s$  på timerstrimlen, f.eks. et sted hvor  $\Delta s$  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 anden fejlkilde er den gnidningskraft papirstrimlen påvirkes af når den løber gennem timeren. Den kan man finde ved at prøve forsøget med nogle lette lodder. Når man har fundet det lod hvis masse får strimlen til at løbe gennem timeren med konstant hastighed, har man kraften fra gnidningsmodstanden, den bliver så:

$$F_g = m_{lod} \cdot g \quad (4)$$

og denne kraft skal trækkes fra tyngdekraften på loddet for at finde den resulterende kraft. Det er nemlig den resulterende kraft vi skal bruge i Newtons 2. lov:

$$F_{res} = ma \quad (5)$$

Dette resultat kan du måske bruge til at forklare en forskel da du sammenlignede accelerationen fra forsøget med tyngdeaccelerationen.