

## Fald med luftmodstand\*

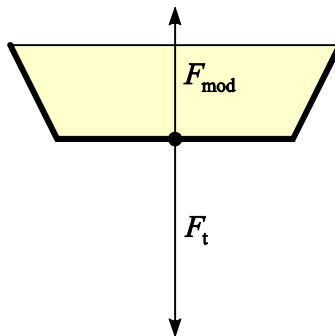
### Formål

Formålet med denne øvelse er at undersøge faldet af en kageform i et tyngdefelt, hvor der samtidigt er luftmodstand. Hvilken model beskriver bedst luftmodstanden?: Luftmodstanden er proportional med hastigheden (Model 1) eller luftmodstanden er proportional med kvadratet på hastigheden (Model 2).

### Kræfter

Når kageformen falder frit i et lodret fald, vil kageformen være påvirket af en nedadrettet *tyngdekraft* af størrelsen  $F_t = m \cdot g$  samt en opadrettet luftmodstandskraft,  $F_{\text{mod}}$ . Det viser sig, at sidstnævnte afhænger af genstandens hastighed. Vi skal undersøge to mulige modeller:

- Luftmodstanden er proportional med hastigheden:  $F_{\text{mod}} = k \cdot v$
- Luftmodstanden er proportional med kvadratet på hastigheden:  $F_{\text{mod}} = k \cdot v^2$ .



### Forsøg og teori

Du skal benytte en kageform i forsøget, da den er meget let og resulterer i en stor luftmodstand, når den falder frit ned gennem luften. Spænd en *Go!Motion sensor* fra firmaet *Vernier* på et stativ, som anbringes højt oppe, for eksempel ovenpå et skab. Sensoren skal pege nedad. Når kageformen slippes lodret under sensoren vil afstanden derved blive større og større, når kageformen falder nedad. Husk at sensoren har en minimum distance, den kan måle. Sørg for at holde kageformen med flad hånd og bevæg hånden hurtigt nedad og ud til siden, når du slipper kageformen. Derved minimeres risikoen for at kageformen flager ud til siden og når udenfor ultralyd-bølgernes rækkevidde! Hvis sidstnævnte sker, må det tages om. Bemærk i øvrigt at sensoren har to indstillinger: I den ene indstilling måles der bredere ... Vurder evt. på baggrund af et par hurtige målinger, hvilken indstilling, der er bedst til formålet.

---

\* Øvelsen er inspireret af Ole Henriksen, Helsingør Gymnasium

Når kageformen svæver ned gennem luften vil den i starten *accelerere*, hvorefter kageformen på et tidspunkt vil opnå en *fast hastighed*.

- 1) Prøv med udgangspunkt i model a) eller b) at forklare, hvorfor dette nødvendigvis må ske? Forklar med ord.
- 2) Angiv for de to modeller et udtryk for den resulterende kraft  $F_{\text{res}}$ , idet du regner positivt nedefter.
- 3) Hvad kan du sige om den resulterende kraft på kageformen, når kageformen har opnået konstant fart? Brug det til i denne situation at finde et udtryk for luftmodstanden.

Med ovenstående for øje vil vi benytte Logger Pro til at lave en  $(t,s)$ -graf. Du vil forhåbentligt kunne se, at den sidste del af grafen er lineær. Benyt Logger Pro til at finde hældningen af dette stykke. Redegør for, at det angiver værdien for den konstante hastighed? Med 3) ovenfor for øje kan vi således sige, at forsøget med kageformen giver anledning til et punkt  $(v, F_{\text{luft}})$ , hvor  $v$  er den konstante hastighed kageformen opnår efter lidt tid og  $F_{\text{luft}}$  er den modstand luften yder på kageformen, når kageformen har farten  $v$ .

Ovenstående forsøg med én kageform giver blot ét data-punkt! For at få flere skal du gentage forsøget med flere kageforme. Det er vigtigt, at *formkoefficienten* er den samme i alle forsøg. Derfor er det hensigtsmæssigt at anbringe to kageforme *inden i hinanden* i det næste forsøg. Bestem den konstante hastighed og den dertil hørende luftmodstand som ovenfor. Derefter gentages forsøget med 3 kageforme inden i hinanden. Foretag på denne måde i alt ca. 6 målinger.

Du har nu ca. seks sammenhørende værdier af hastighed og luftmodstand  $(v, F_{\text{luft}})$ . Afbild dem i et koordinatsystem i Logger Pro med  $v$  ud af 1. akse og  $F_{\text{luft}}$  opad 2. akse. Prøv med passende *fit* at undersøge om model a) eller b) er bedst i tilfældet med faldet af en kageform. Bestem om muligt konstanten  $k$ . Hvad afhænger den mon af, sådan teoretisk set?