

# Faldskærm

Jacob Christensen

Fysiske Undervisnings-Forsøg  
Roskilde Universitets Center

23. januar 2008

# Faldskærm

## Formål

Formålet med øvelsen er at vise at luftmodstanden stiger som kvadratet på hastigheden.

## Apparatur

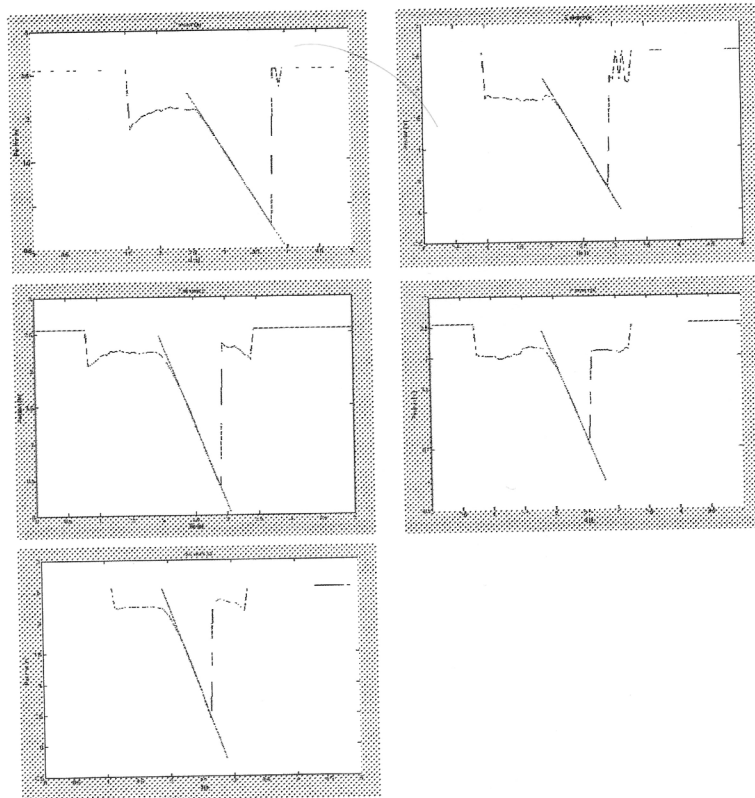
- Kageforme
- CBL afstandsmåler
- Labpro
- Computer med Loggerpro
- Vægt

## Fremgangsmåde

Aftandsmåler, Labpro og computer tilsluttes. Afstandsmåleren lægges på gulvet, så den aktive side pejer lodret op. En kageform (af papir) slippes fra stor højde så den daler ned over afstandsmåleren. Afstanden til kageformen registreres løbende. Forsøget gentages med to eller flere kageforme stakket oven i hinanden. Til databehandlingen skal man kende massen af kageformene, så formene vejes.

## Måleresultater

Måleresultaterne for faldene er for datarige til at blive præsenteret i tabel. I stedet præsenteres de som grafer.



Målingen af kageformenes masse:

| Antal | Masse           |
|-------|-----------------|
| #     | g               |
| 1     | $0,31 \pm 0,01$ |
| 2     | $0,61 \pm 0,01$ |
| 3     | $0,93 \pm 0,01$ |
| 4     | $1,24 \pm 0,01$ |
| 5     | $1,55 \pm 0,01$ |
| 6     | $1,84 \pm 0,01$ |
| 7     | $2,15 \pm 0,01$ |
| 8     | $2,48 \pm 0,01$ |
| 9     | $2,79 \pm 0,01$ |
| 10    | $3,10 \pm 0,01$ |

## Databehandling

På graferne over kageformenes position som funktion af tiden vurderes i hvilket tidsrum hastigheden har stabiliseret sig. Den bedste rette linie fittes til data for hver af de tidsrum. Linierne er indtegnet på graferne.

Koefficienterne til de bedste rette linier  $y(t) = at + b$  :

| nr. | a       | b      |
|-----|---------|--------|
| #   | m/s     | m      |
| 1   | -1.1735 | 5.1615 |
| 2   | -1.7683 | 5.4806 |
| 3   | -2.2100 | 6.7863 |
| 4   | -2.4792 | 6.9024 |
| 5   | -2.7744 | 7.8056 |

Den bedste rette linie  $m(N) = aN + b$  gennem målingerne af kageformenes masser har massen af én kagform som første koefficient og den systematiske fejl ved kalibreringen af vægten som anden koefficient.

Koefficienterne til den bedste rette linie  $m(N) = aN + b$  gennem målingerne af kageformenes masser:

| a     | b      |
|-------|--------|
| g     | g      |
| 0.310 | -0.005 |

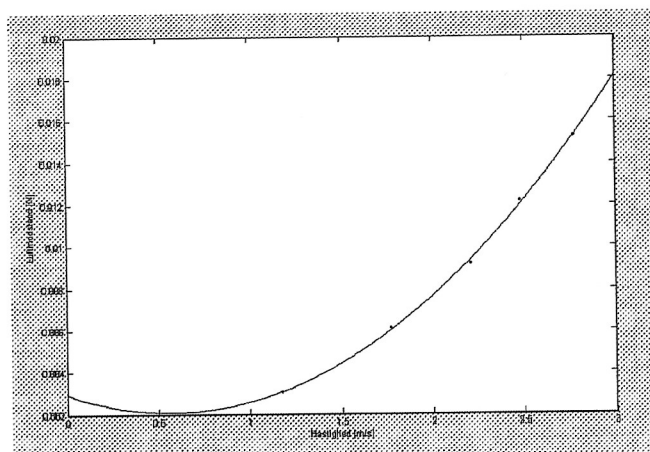
Vi er nu klar til at beskrive luftmodstanden som funktion af hastigheden.

| Antal $N$ | Luftmodstand $F_{luft}$                               | Hastighed |
|-----------|-------------------------------------------------------|-----------|
|           | $= 9,82N/kg \times 10^{-3}kg/g \times 0,31g \times N$ |           |
|           | $\times 10^{-3} \text{ N}$                            | m/s       |
| 1         | 3,04                                                  | 1.1735    |
| 2         | 6,09                                                  | 1.7683    |
| 3         | 9,13                                                  | 2.2100    |
| 4         | 12,18                                                 | 2.4792    |
| 5         | 15,22                                                 | 2.7744    |

Den bedste parabel  $F(v) = av^2 + bv + c$  fittes til vindmodstanden som funktion af hastigheden.

| a                  | b              | c      |
|--------------------|----------------|--------|
| $\frac{Ns^2}{m^2}$ | $\frac{Ns}{m}$ | N      |
| 0.0027             | -0.0031        | 0.0029 |

Luftmodstanden som funktion af hastigheden plottes sammen med den bedste parabel.



Hvor af det ses at luftmodstanden som funktion af hastigheden fint kan beskrives med et parabel. At parabelens toppunkt er forskudt fra origo er et tegn på at luftstrømningerne er anderledes for lave hastigheder. Ved lave hastigheder er strømningerne laminare. Så i det domæne er luftmodstanden proportional med hastigheden. Ved højere hastigheder bliver luftstrømningerne turbulente, så her beskrives luftmodstanden med et parabel.

## Fejlkilder

Der er en lille fejkilde indbygget i forsøget idet man måler afstanden mellem kageform og afstandsmåler. Man måler altså ikke kageformenes højde over gulvet når kageformene næsten hver gang rammer lidt ved siden af afstandsmåleren. Det vurderes at fejkilden ikke har nævneværdig betydning for resultatet af undersøgelsen.

## Konklusion

Luftmodstanden som funktion af hastigheden kan fint beskrives med et parabel.