

# Eksperimenter i kinematik med brug af lydkort som timer

CARL HEMMINGSEN, Frederikssund Gymnasium

- Det frie fald med mønt
- Frit fald med perler på snor
- Hastighed af fodbold
- Energitalet for hoppende bold
- Ekko i paprør
- Lydhastighed i metal

Til alle forsøgene benyttes en pc med programmet *Datalyse* og en mikrofon tilsluttet lydkortet. I *Datalyse* vælges lydkortet som apparat. Og dernæst vælges "Mål lyd". Antal målinger indstilles til 100.000. Med  $45,3 \mu\text{s}$  pr. måling giver det en samlet måletid på ca. 4,5 sekund. Vælges  $90,7 \mu\text{s}$  pr. måling fås en samlet tid på ca. 9 sekunder. For den hoppende bold er der måske brug for den lange tid.

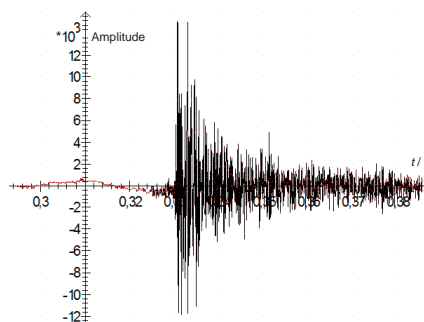
## 1. Det frie fald med en mønt

En papirstrimmel ca. 5 cm bred klippes af en A4-side. Klip to indhak, et fra hver side midt på strimlen. Herved opnår man, at strimlen knækker ved indhakkene, når man trækker i den.

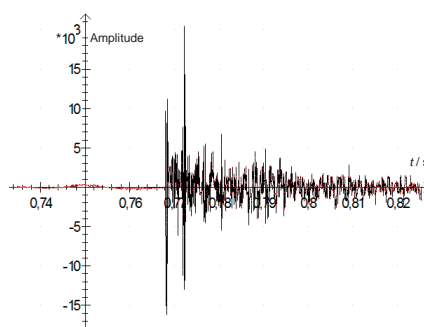


Placer mikrofonen midt mellem gulv og papirstrimmel. En fast faldplade kan benyttes, hvis der er tæpper på gulvet.

Fastgør den ene ende af papirstrimlen til bordet og hold selv i den anden ende. Læg mønten midt på papiret. Start lyd-måling ved tryk på F2 og træk, så strimlen knækker. Lyden fra knækket og lyden når mønten rammer gulvet kan nu aflæses i *Datalyse*. Man bladrer frem og tilbage i målingerne vha. Page Up og Page Down. Beregn tyngdeaccelerationen vha. formelen for det frie fald.



Her knækker papiret,  $t = 0,330 \text{ s}$ .



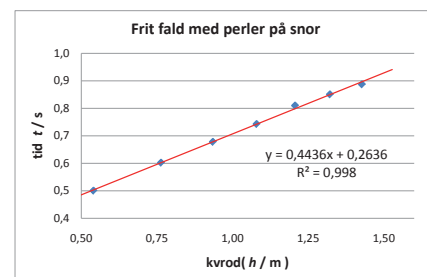
Her rammer mønten gulvet,  $t = 0,768 \text{ s}$ . Bordet er 90 cm højt.

## 2. Det frie fald med perler på snor

Træperler kan købes i en hobbyforretning. Man kan også bruge møtrikker. Bind et passende antal med en afstand på fx 30 cm på en snor. Mikrofonen kan anbringes på gulvet eller måske bedre fastspændt over snoren. Det er vigtigt, at alle perler rammer gulvet i samme afstand fra mikrofonen.



Hold snoren lodret. Lad den nederste perle røre gulvet. Start lyd-målingen og giv slip. Aflæs på grafen i *Datalyse* de tidspunkter, hvor perlerne rammer gulvet. Afbild faldtiden som funktion af kvadratroden af faldvejen. Beregn tyngdeaccelerationen vha. forskriften for tendenslinjen.



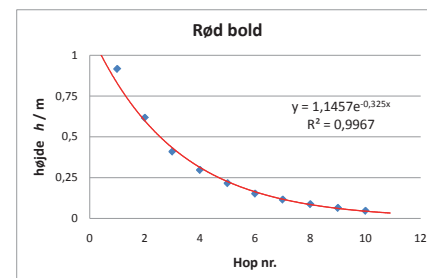
Eksempel på graf i Excel

## 3. Hastighed af fodbold

Forsøget udføres uden for fysiklokalet, fx på gangen! Anbring bolden fx 2 meter fra en væg. Anbring mikrofonen midt mellem bold og væg. Start lyd-måling og skyd. Aflæs starttid og sluttid på grafen i *Datalyse* og beregn boldens hastighed.

## 4. Energitalet for hoppende bold

En massiv plastikbold med en radius på et par cm er velegnet. Bolden bør hoppe på et fast, glat gulv. Alligevel er det svært, at få bolden til at hoppe på det samme sted. Derfor fastspændes mikrofonen over hånden, som slipper bolden. Herved opnås lettere samme afstand til de punkter, hvor bolden rammer gulvet. Sæt antal målinger i *Datalyse* til 100.000 og tid pr. måling til  $90,7 \mu\text{s}$ . Start måling ved tryk på F2 og slip bolden. Aflæs stødtidspunkterne på grafen. Udregn højden af bolden efter hvert stød med gulvet og afbild denne højde som funktion af hop-pets nummer (1, 2, 3, ...). Lav eksponentiel regression og beregn tabet i mekanisk energi ved hvert hop.



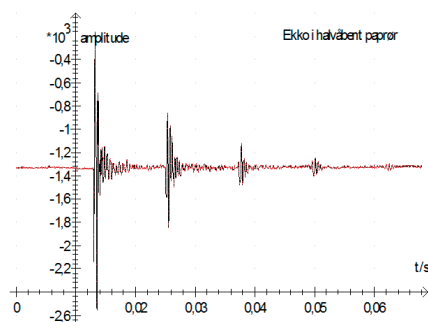
## 5. Ekko i paprør

Røret kan være halvåbent, lukket eller åbent.

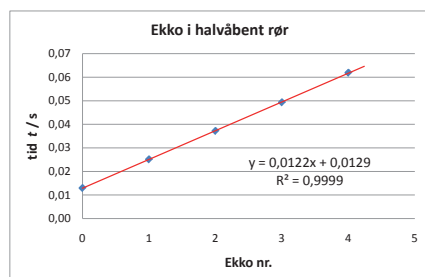
### a) Halvåbent paprør



I Datalyse vælges lydkort og måling af lyd. Der indstilles til fx 10.000 målinger. Mikrofon og højttaler anbringes ved den åbne ende af et halvåbent paprør af ca. 2 meters længde. Tast mål og vælg en passende blokstørrelse for vis lydmåling. Klikket skal være kortere end den tid, det tager lydsignalet at bevæge sig frem og tilbage i røret.



Figuren viser lyden fra klik og 4 ekkoer.



Længde  $L = 2,063$  m  
Diameter  $d = 0,090$  m  
Temperatur  $t = 20,6$  °C  
Vejlængden  $s = 2 \cdot (L + d/2)$

Lydens hastighed kan herefter bestemmes til  $v = 345,6$  m/s.

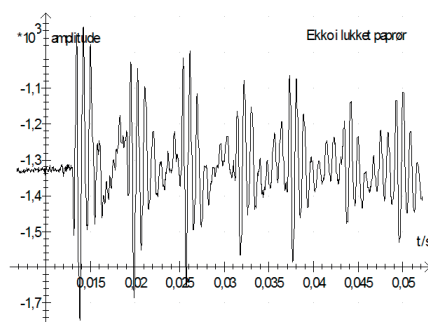
Lydens hastighed i luft er

$$v = 331,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left( 1 + \frac{t}{273,15 \text{ °C}} \right)$$

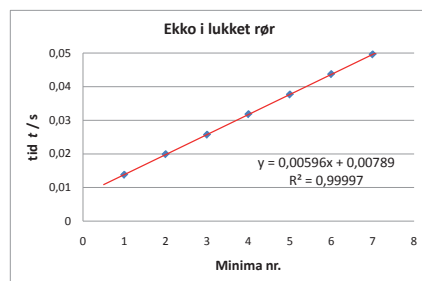
hvor  $t$  er temperaturen.

### b) Lukket paprør

Sæt to halvåbne rør sammen, anbring mikrofonen i sammenføjesningen i midten. Anbring højttaleren midt for en af de lukkede ender. Lyden skal nok komme ind i røret.



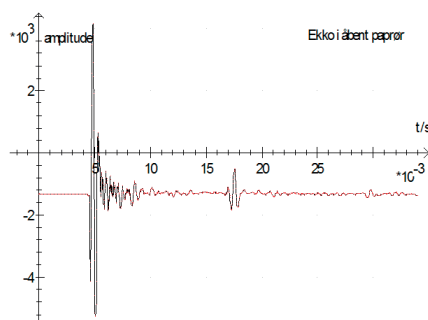
På dette billede aflæses tiderne lettest som minima. Jeg har aflæst 2. minima, de første 3 minima ses under x-aksen.



Udregninger i Excel giver en lydhastighed på 344,8 m/s ved 23,2 °C. Hastigheden afviger kun 0,1 % fra den teoretiske værdi.

### c) Åbent paprør

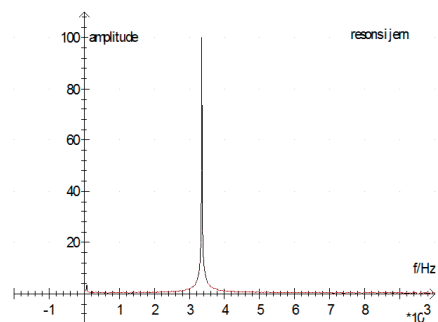
Selv i et åbent rør, kan man se ekkoer. Første ekko er tydeligt, andet ekko ses svagt.



## 6. Lydhastighed i metal



En stativstang fastspændes på midten. Når man slår på enden af stangen med en hammer skabes en stående bølge i stangen. Bølgen har knude på midten og bug i enderne. Frekvensen måles med en mikrofon tilsluttet Datalyse.



Her er frekvensen målt til 3352,34 Hz. Stangens længde  $L = 0,750$  meter.  
 $v = \lambda \cdot f = 2 \cdot L \cdot f = 2 \cdot 0,750 \text{ m} \cdot 3352,34 \text{ Hz} = 5030 \text{ m/s}$ .

Teoretisk er lydhastigheden givet ved

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

hvor  $E$  er Youngs modul og  $\rho$  er densiteten.

For stål er Youngs modul 205 GPa og densiteten  $\rho = 7,90 \text{ g/cm}^3$ . Det giver en lydhastighed i jern på  $v = 5100 \text{ m/s}$ .