



## Produktbeskrivelse

Denne utstyrspakken gjør det mulig å arbeide eksperimentelt og kvantitativt med Dopplereffekten:

*Det vil si å vise hvordan frekvensen til et lydsignal endrer seg når lysgiveren beveger seg i forhold til mottakeren.*

Settet består av en senderdel (batteridrevet med oppladbare batterier) og en mottakerdel (drevet av Electronic Counter - 200270).

Det brukes en ultralydsender som sender ut lyd med en svært konstant frekvens. Ultralyd brukes fordi de fleste støykilder avgir hørbar lyd, som ved flere forsøk samtidig gir "lydstøy" - ultralydsignalet høres ikke, og målingene blir ikke lett avbrutt.

Senderen er plassert på en luftputevogn som kan bevege seg med nesten konstant hastighet. Signalet plukkes opp av en mottaker som står i ro. Enheten sender ut ultralyd med en frekvens på  $f = 40$  kHz (nom.) for å skape en lydreferanse i forhold til det bevegelige objektet.

Vognens hastighet måles med en fotocelle, som også gir et startsignal til den elektriske telleren, som måler frekvensen på det målte signalet fra ultramottakeren.

Målingen av data fra ultramottakeren og fotocellen gjøres med en elektronisk teller som er i stand til å utføre raske og nøyaktige frekvensmålinger. For å sikre at signalet er "rent nok" til å oppnå en nøyaktig måling, brukes et smalbandsultralydsignal og elektronisk filtrering, som i kombinasjon praktisk talt eliminerer all uønsket støypåvirkning.

## Utstyrspakke i 258000 - Dopplereffekt på luftputebenk

- Sender og batterienhet
- Mottaker
- 398610 - USB 2.0-kabel, A hann til USB C hann
- (97850117) - Klemmepinne  $\varnothing 10$

## Tilbehør til 258000

- 200270 - Elektronisk teller (2x modulære kabler inkludert)
- 000600 - Stativfot, stativ
- 197560 - Fotocelle med modulær kontakt
- 195050 - Luftputeskinne

## Oppsett



**Sett opp Dopplereffekt-eksperimentet på en luftputebenk.**

Oppsettet av Dopplereffekt-eksperimentet kan gjøres ved å følge de samme instruksjonene som i produktbildet ovenfor.

Prosessen starter med å justere luftputeskinnen slik at den er helt vannrett.

Deretter plasseres settet med sender og batterienhet på trallen som følger med luftputebenk 195050. Settet "låses" med en "flik" som plasseres på toppen av vognen. Fliken har en veldefinert bredde (f.eks. 25 mm) og fungerer som en bryter for fotocellens lysstråle når den passerer.

Plasser senderen på den medfølgende stolpen på et stabilt underlag slik at den peker uhindret mot mottakeren.

Monteringsbraketter for fotocellen er plassert ved 55 cm-merket.

## Måling

Når vognen settes i bevegelse forbi fotocellen, skjer det to ting:

1) Frekvensmålingen starter, og vognen kjører en forhåndsdefinert strekning.

2) Mål passasjetiden for fanen gjennom fotocellen

Det siste av disse resultatene (sammen med flikbredden) brukes til å beregne kjøretøyets hastighet. For å måle hvilefrekvensen (referanseverdien) må kjøretøyet holdes i ro - deretter avleses en "normal frekvensmåling" på den elektroniske telleren ved å simulere en passering på fotocellen med pekefingeren.

## Tilkobling

Tilkoblinger til elektronisk skranke (200270):



1. Koble *focellen* (197560) med modulær kontakt til "Gate"-inngangen (inngang **A**).
2. Sett *Dopplereffekt mottakeren* på et stativ (000600) ved 5 cm-merket på luftputebenken
3. Koble *Dopplereffekt mottakeren* til "frekvens"-inngangen (inngang **B**).
4. Plasser mottakeren i et stativ (000600) eller en luftputebenkbrakett på et tilfeldig sted etter 55 cm-merket på luftputebenken.

## Eksperimentering

Utforske Dopplereffekten: Vi viser hvordan frekvensen til et lydsignal endres når en lydssender beveger seg i forhold til mottakeren.

### Teorier

Lydens hastighet  $v_L$  er temperaturavhengig. Beregn den ut fra denne formelen, der temperaturen  $T$  skal settes inn i grader celsius:

$$v_L = 331,37 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0,588 \frac{\text{m}}{\text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot T$$

Teorien om Dopplereffekten for lyd kan oppsummeres i formelen nedenfor:

$$f = f_0 \cdot \frac{v_L - v_M}{v_L + v}$$

- hvor

$v$  er *senderens* hastighet i forhold til luften - positiv hastighet: **bort** fra mottakeren

$v_M$  er *mottakerens* hastighet i forhold til luften - positiv hastighet: **bort** fra senderen

$v_L$  er lydens hastighet

$f_0$  er frekvensen som sendes ut av senderen

$f$  er frekvensen, som er den målte verdien som registreres av mottakerenheten

(Dopplereffekten kan også oppleves med elektromagnetisk stråling (*lys, radiobølger, radar osv.*) - formelen ovenfor dekker ikke dette tilfellet).

I vårt tilfelle er mottakerens hastighet null;  $v_M = 0$ . Formelen som beskriver frekvensendringen, kan da skrives om på følgende måte:

$$\Delta f = f - f_0 = f_0 \cdot \frac{-v}{v_L + v}$$

## Utførelse

Når tappen på vognen bryter lysstrålen fra fotocellen, starter to ting i den elektriske telleren:

*Tiden fotocellen skygger, blir tidsbestemt, og en frekvensmåling initieres over en fast periode (porttid - kan stilles inn på den elektriske telleren).*

Når begge målingene er fullført, kan resultatet avleses på displayet. (For å unngå misforståelser: *Gate-tiden er ikke* den samme som *passasjetiden* i fotocellen).

Vi må måle *svært små* endringer i frekvensen, og selv om senderen er konstruert for å sende ut en fast frekvens, må du likevel måle frekvensen i hvile  $f_0$  før hver måling av offsetfrekvensen  $f$  (med kjøretøyet i bevegelse). Transit tiden  $\Delta t$  er den tredje verdien som må bestemmes for hvert målepunkt.

Gjenta i forskjellige hastigheter - både bort fra og mot mottakeren.

Fortegn på bevegelsen: Vi regner hastigheten som **positiv** i retning **bort fra mottakeren**. Målingene der vognen beveger seg mot ultralydmottakeren, noteres med negativ  $\Delta t$ .



## Utførelse (sekvens)

1. Bruk oppsettet og tilkoblingene fra forrige avsnitt "Tilkobling"
2. Mål fliken på vognen, og noter i diagrammet  $\Delta s$  (se nedenfor)
3. Følg menyen på den elektroniske disken:
  - a. Finn referansefrekvens og notater i diagrammet - Velg fra hovedmenyen - Frekvens
  - b. Slå på senderen (trykknapp på baksiden av senderen).
  - c. Legg merke til at det nå lyser en LED-lampe på mottakeren (Merk: Kan flimre litt når kjøretøyet er på lengst avstand).
  - d. Hold vognen stille og mål  $f_{(0)}$  ved å føre en finger gjennom fotocellen
  - e. Velg fra hovedmenyen - Frequency, gated. (Tilbakestill (trykk **X**) målingen i menyen under **Frequency, gated**
  - f. Sett vognen i bevegelse
  - g. Målingen foretas når kjøretøyet passerer fotocellen med retning mot mottakeren.
  - h. Noter den målte verdien av  $f$  og  $\Delta t$  i telleren i tabellen nedenfor
  - i. Tilbakestill (trykk **X**) målingen i menyen under **Frequency, gated**, og gjenta prosessen ovenfor

Resultatene kan føres inn i en tabell som vist. (Siden det er formler involvert, er det en fordel å bruke et regneark.

## Etterbehandling

For hver måling bestemmes hastigheten som

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

- hvor fortegnet til hastigheten følger av det som er gitt for  $\Delta t$ .

Utvid og fyll tabellen med disse nye kolonnene:  $v$  meas /  $f$  meas /  $f$  theo / diff..

Legg merke til fortegnet på de to frekvensendringene; de skal begge være *negative*

når vognen kjører i positiv retning, dvs. *bort fra* mottakeren - og omvendt. Avviket mellom målt og teoretisk frekvensendring oppgis i prosent.

## Diskusjon og evaluering

Beskriv samsvaret mellom de teoretiske og målte frekvensendringene.

Er det en sammenheng mellom avvikene og størrelsen på hastigheten? Hvis ja, vennligst gi en forklaring.

	A	B
1	Run 1	
2	v sound	340
3		
4	f o	40,00023
5	f meas	40,04673
6		
7	$\Delta s$	25
8	$\Delta t$	8,429
9	v meas	2,965950884 =E7/E8
10		
11		
12	f theo	40,35224 =E4*E2/(E2-E9)
13	diff	0,7629% =E12/E5-1
14		