



Produktbeskrivning

Detta utrustningspaket gör det möjligt att arbeta experimentellt och kvantitativt med Dopplereffekten:

Det innebär att man visar hur frekvensen på en ljudsignal ändras när ljussändaren rör sig i förhållande till mottagaren.

Satsen består av en sändardel (batteridrivna med uppladdningsbara batterier) och en mottagardel (drivs av Electronic Counter - 200270).

En ultraljudssändare används, som avger ljud med en mycket konstant frekvens. Ultraljud används eftersom de flesta bullerkällor avger hörbart ljud, som vid flera försök samtidigt ger "ljudbrus" - ultraljudssignalen hörs inte och mätningarna avbryts inte så lätt.

Sändaren är placerad på en luftkuddevagn som kan röra sig med en nästan konstant hastighet. Signalen fångas upp av en mottagare som befinner sig i vila. Enheten avger ultraljud med en frekvens på; $f = 40$ kHz (nom.) för att skapa en ljudreferens i förhållande till det rörliga objektet.

Vagnens hastighet mäts med en fotocell, som också ger en startsignal till den elektriska räknaren, som mäter frekvensen på den uppmätta signalen från ultramottagaren.

Mätningen av data från ultramottagaren och fotocellen görs med en elektronisk räknare som kan utföra snabba och exakta frekvensmätningar. För att säkerställa att signalen är "tillräckligt ren" för att uppnå en noggrann mätning används en smalbandig ultraljudssignal och elektronisk filtrering, som i kombination praktiskt taget eliminerar all oönskad bruspåverkan.

Utrustningspaket i 258000 - Dopplereffekt på luftkuddebänk

- Sändare och batterienhet
- Mottagare
- 398610 - USB 2.0-kabel, A-hane till USB C-hane
- (97850117) - Spännstift $\varnothing 10$

Tillbehör för 258000

- 200270 - Elektroniskt räkneverk (2x modulära kablar ingår)
- 000600 - Stativfot, stativ
- 197560 - Fotocell med modulär kontakt
- 195050 - Skena med luftkuddar

Uppsättning



Utför experiment med dopplereffekt på en luftkuddebänk.

Uppställningen av Dopplereffekt-experimentet kan göras enligt samma instruktioner som i produktbilden ovan.

Processen börjar med att luftkuddens skena justeras så att den är helt horisontell.

Därefter placeras satsen med sändare och batterienhet på den vagn som ingår i luftkuddebänk 195050. Satsen "läses" med en "flik" som placeras på toppen av vagnen. Fliken har en väldefinierad bredd (t.ex. 25 mm) och fungerar som en omkopplare för fotocellens ljustråle vid passage.

Placera sändaren på den medföljande stolpen i ett stabilt underlag så att den pekar obehindrat mot mottagaren.

Monteringsfästen för fotocellen är placerade vid 55 cm-markeringen.

Mätning

När vagnen sätts i rörelse förbi fotocellen händer två saker:

- 1) Frekvensmätningen startar och vagnen förflyttar sig en fördefinierad sträcka.
- 2) Mät passagetiden för fliken genom fotocellen

Det senare av dessa resultat (tillsammans med flikbredden) används för att beräkna fordonets hastighet. För att mäta vilofrekvensen (referensvärdet) måste fordonet hållas stilla - sedan avläses en "normal frekvensmätning" på det elektroniska räkneverket genom att simulera en passage på fotocellen med pekfingret.

Anslutning

Anslutningar till elektroniska räknare (200270):



1. Anslut *focellen* (197560) med modulär kontakt till ingången "Gate" (ingång **A**).
2. Placera *dopplereffektmottagaren* på ett stativ (000600) vid 5 cm-markeringen på luftkuddebänken.
3. Anslut *mottagaren för dopplereffekt* till ingången "frekvens" (ingång **B**).
4. Placera mottagaren i ett stativ (000600) eller ett fäste för luftkuddebänk på en slumpmässig plats efter 55 cm-markeringen på luftkuddebänken.

Experiment

Utforska Dopplereffekten: *Vi kommer att visa hur frekvensen för en ljudsignal ändras när en ljudsändare rör sig i förhållande till mottagaren.*

Teorier

Ljudhastigheten v_L är temperaturberoende. Beräkna den med hjälp av denna formel, där temperaturen T ska anges i grader Celsius:

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

Teorin om Dopplereffekten för ljud kan sammanfattas i formeln nedan:

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

- där

v är *sändarens* hastighet i förhållande till luften - positiv hastighet: **bort** från mottagaren

v_M är *mottagarens* hastighet i förhållande till luften - positiv hastighet: **bort** från sändaren

v_L är ljudets hastighet

f_0 är den frekvens som sändaren avger

f är frekvensen, som är det uppmätta värdet som registreras av mottagarenheten

(Dopplereffekten kan också upplevas med elektromagnetisk strålning (*ljus, radiovågor, radar* etc.) - formeln ovan täcker inte detta fall!)

I vårt fall är mottagarens hastighet noll; $v_M = 0$. Formeln som beskriver frekvensändringen kan då skrivas om enligt följande:

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

Verkställighet

När fliken på vagnen bryter fotocellens ljusstråle startar två saker i det elektriska räkneverket:

Tiden som fotocellen är skuggad tidsbestäms och en frekvensmätning initieras under en fast period (grindtid - kan ställas in på det elektriska räkneverket).

När båda mätningarna är klara kan resultatet avläsas på displayen. (För att undvika missförstånd: *Gate-tiden är inte* densamma som *passagetiden* i fotocellen).

Vi måste mäta *mycket små* förändringar i frekvensen och även om sändaren är konstruerad för att avge en fast frekvens, måste du ändå mäta frekvensen i vila f_0 före varje mätning av offsetfrekvensen f (med fordonet i rörelse). Övergångstiden Δt är det tredje värdet som ska bestämmas för varje mätpunkt.

Upprepa i olika hastigheter - både bort från och mot mottagaren.

Tecken på rörelsen: Vi räknar hastigheten som **positiv** i riktning **bort från mottagaren**. De mätningar där vagnen rör sig mot ultraljudsmottagaren noteras med negativ Δt .



Exekvering (sekvens)

1. Använd inställningarna och anslutningarna från föregående avsnitt "Anslutning"
2. Mät fliken på vagnen och gör anteckningar i diagrammet Δs (se nedan)
3. Följ menyn på den elektroniska disken:
 - a. Hitta referensfrekvens och anteckningar i diagrammet - Välj från huvudmenyn - Frekvens
 - b. Slå på sändaren (tryckknapp på baksidan av sändaren).
 - c. Lägg märke till att en LED-lampa nu lyser på mottagaren (Obs: Kan flimra lite när fordonet är på sitt längsta avstånd).
 - d. Håll vagnen stilla och mät $f_{(0)}$ genom att föra ett finger genom fotocellen
 - e. Välj från huvudmenyn - Frekvens, gated. (Återställ (tryck på **X**) mätningen i menyn under **Frequency, gated**
 - f. Sätt vagnen i rörelse
 - g. Mätning sker när fordonet passerar fotocellen med riktning mot mottagaren.
 - h. Notera det uppmätta värdet för f och Δt i räknaren i tabellen nedan
 - i. Återställ (tryck på **X**) mätningen i menyn under **Frequency, gated** och upprepa ovanstående process

Resultaten kan skrivas in i en tabell enligt bilden. (Eftersom formler är inblandade skulle ett kalkylblad vara en fördel.

Efterbehandling

För varje mätning bestäms hastigheten som

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

- där hastighetens tecken följer av det som anges för Δt .

Expandera och fyll tabellen med dessa nya kolumner:

v mätning / f mätning / f theo / diff..

Notera tecknet på de två frekvensändringarna; de ska båda vara *negativa* när vagnen färdas i positiv riktning, dvs. *bort från* mottagaren - och vice versa. Avvikelsen mellan uppmätt och teoretisk frekvensändring anges i procent.

Diskussion och utvärdering

Beskriv överensstämmelsen mellan de teoretiska och uppmätta frekvensförändringarna.

Finns det ett samband mellan avvikelserna och hastighetens storlek? Om så är fallet, vänligen ge en förklaring.

| | A | B |
|----|------------|-------------------------|
| 1 | Run 1 | |
| 2 | v sound | 340 |
| 3 | | |
| 4 | f o | 40,00023 |
| 5 | f meas | 40,04673 |
| 6 | | |
| 7 | Δs | 25 |
| 8 | Δt | 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 | | |