



Productbeschrijving

Dit apparaatpakket maakt het mogelijk om experimenteel en kwantitatief met het dopplereffect te werken:

Dit betekent dat we laten zien hoe de frequentie van een audiosignaal verandert als de lichtemitter beweegt ten opzichte van de ontvanger.

De kit bestaat uit een zendergedeelte (batterijgevoed met oplaadbare batterijen) en een ontvangergedeelte (gevoed door Electronic Counter - 200270).

Er wordt een ultrasone zender gebruikt die geluid uitzendt met een zeer constante frequentie. Ultrasoon geluid wordt gebruikt omdat de meeste geluidsbronnen hoorbaar geluid uitzenden, dat bij meerdere pogingen tegelijk "geluidsrui" produceert - het ultrasone signaal wordt niet gehoord en metingen worden niet gemakkelijk onderbroken.

De zender wordt op een luchtkussenwagen geplaatst die met een bijna constante snelheid kan bewegen. Het signaal wordt opgevangen door een ontvanger die in rust is. Het apparaat zendt ultrageluid uit met een frequentie van $f = 40$ kHz (nom.) om een geluidsreferentie te creëren met betrekking tot het bewegende object.

De snelheid van de wagen wordt gemeten met een fotocel, die ook een startsignaal geeft aan de elektrische teller, die de frequentie van het gemeten signaal van de ultra-ontvanger meet.

Het meten van de gegevens van de ultra-ontvanger en fotocel gebeurt met een elektronische teller die snelle en nauwkeurige frequentiemetingen kan uitvoeren. Om er zeker van te zijn dat het signaal "schoon genoeg" is voor een nauwkeurige meting, worden een smalbandig ultrasoon signaal en

elektronische filtering gebruikt, die in combinatie vrijwel elke ongewenste invloed van ruis elimineren.

Uitrustingspakket in 258000 - Dopplereffect op luchtkussenbank

- Zender en batterij-eenheid
- Ontvanger
- 398610 - USB 2.0-kabel, A male naar USB C male
- (97850117) - Klempen $\varnothing 10$

Accessoires voor 258000

- 200270 - Elektronische teller (2x modulaire kabels inbegrepen)
- 000600 - Statiefvoet, statief
- 197560 - Fotocel met modulaire connector
- 195050 - Luchtkussenrail

Opzetten



Dopplereffect experiment opzetten op luchtkussenbank.

Het opzetten van het Doppler Effect experiment kan gedaan worden volgens dezelfde instructies als in de bovenstaande productafbeelding.

Het proces begint met het afstellen van de luchtkussenrail zodat deze volledig horizontaal staat.

Vervolgens wordt de set met zender en batterij-eenheid op de trolley geplaatst die bij luchtkussenbank 195050 wordt geleverd. De kit wordt "vergrendeld" met een "lipje" dat bovenop de trolley wordt geplaatst. Het lipje heeft een goed gedefinieerde breedte (bijv. 25 mm) en fungeert als



schakelaar voor de lichtstraal van de fotocel tijdens het passeren.

Plaats de zender op de bijgeleverde paal in een stabiele basis zodat hij ongehinderd naar de ontvanger wijst.

Montagebeugels voor de fotocel worden op de 55 cm geplaatst.

Meting

Wanneer de slede voorbij de fotocel wordt bewogen, gebeuren er twee dingen:

- 1) De frequentiemeting start en de wagen legt een vooraf bepaalde afstand af.
- 2) Meet de doorgangstijd van het tabblad door de fotocel

De laatste van deze resultaten (samen met de tabbreedte) wordt gebruikt om de voertuigsnelheid te berekenen. Om de rustfrequentie (referentiewaarde) te meten, moet het voertuig stil worden gehouden - vervolgens wordt een "normale frequentiemeting" afgelezen op de elektronische teller door met je wijsvinger een aanraking van de fotocel te simuleren.

Aansluiting

Verbindingen met elektronisch loket (200270):



1. Sluit de fotocel (197560) met modulaire connector aan op de "Gate" ingang (ingang **A**).
2. Plaats de doppler effect ontvanger in een statief (000600) op de 5 cm markering op de luchtkussenbank.
3. Sluit de dopplereffectontvanger aan op de "frequentie"-ingang (ingang **B**).
4. Plaats de ontvanger in een statief (000600) of luchtkussenbank op een willekeurige plaats na de 55 cm markering op de luchtkussenbank.

Experiment

Het dopplereffect onderzoeken: *We laten zien hoe de frequentie van een geluidssignaal verandert als een geluidszender beweegt ten opzichte van de ontvanger.*

Theorieën

De geluidssnelheid v_L is temperatuurafhankelijk. Bereken hem aan de hand van deze formule, waarbij de temperatuur T moet worden ingevuld in graden Celsius:

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

De theorie van het dopplereffect voor geluid kan worden samengevat in de onderstaande formule:

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

- waarbij

v is de snelheid van de zender ten opzichte van de lucht - positieve snelheid: **weg** van de ontvanger

v_M is de snelheid van de ontvanger ten opzichte van de lucht - positieve snelheid: **weg** van de zender

v_L de geluidssnelheid

f_0 is de frequentie uitgezonden door de zender

f is de frequentie, de gemeten waarde die is geregistreerd door de ontvangereenheid

(Het dopplereffect kan ook worden ervaren met elektromagnetische straling (*licht, radiogolven, radar, enz.*) - de bovenstaande formule dekt dit geval niet!)

In ons geval is de snelheid van de ontvanger nul; $v_M = 0$. De formule die de frequentieverandering beschrijft kan dan als volgt worden herschreven:

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

Uitvoering

Wanneer het lipje op de trolley de lichtstraal van de fotocel breekt, beginnen er twee dingen in de elektrische teller:

De tijd dat de fotocel wordt geschaduw, wordt getimed en er wordt een frequentiemeting gestart over een vaste periode (poorttijd - kan worden ingesteld op de elektrische teller).

Wanneer beide metingen voltooid zijn, kan het resultaat worden afgelezen op het scherm. (Om



misverstanden te voorkomen: *De poorttijd is niet hetzelfde als de doorgangstijd* in de fotocel).

We moeten *zeer kleine* veranderingen in frequentie meten en ook al is de zender ontworpen om een vaste frequentie uit te zenden, toch moet je voor elke meting van de offsetfrequentie f (met het voertuig in beweging) de frequentie in rust f_0 meten. De transittijd Δt is de derde waarde die voor elk meetpunt moet worden bepaald.

Herhaal dit met verschillende snelheden - zowel van de ontvanger af als naar de ontvanger toe.

Teken van de beweging: We tellen de snelheid als **positief** in de richting **weg van de ontvanger**. De metingen waarbij de slede in de richting van de ultrasone ontvanger beweegt, worden genoteerd met negatieve Δt .

Uitvoering (volgorde)

1. Gebruik de instellingen en verbindingen uit het vorige hoofdstuk "Verbinding".
2. Meet het lipje op de trolley en maak aantekeningen in de tabel Δs (zie hieronder).
3. Volg het menu op de elektronische

toonbank:

- a. Zoek referentiefrequentie en notities in grafiek - Selecteer in hoofdmenu - **Frequentie**
- b. Zet de zender aan (drukknop aan de achterkant van de zender).
- c. Merk op dat er nu een LED brandt op de ontvanger (Opmerking: Kan een beetje flikkeren als het voertuig op de verste afstand staat).
- d. Houd de slede stil en meet f_0 door een vinger door de fotocel te halen.
- e. Selecteer in het hoofdmenu - **Frequentie, gated**.
(Reset (druk op **X**) de meting in het menu onder **Frequentie, gated**
- f. Zet de trolley in beweging

- g. Er wordt gemeten wanneer het voertuig de fotocel passeert in de richting van de ontvanger.
- h. Noteer de gemeten waarde van f en Δt in de teller in de onderstaande tabel
- i. Reset (druk op **X**) de meting in het menu onder **Frequentie, gated** en herhaal het bovenstaande proces.

De resultaten kunnen zoals afgebeeld in een tabel worden ingevoerd. (Omdat er formules bij komen kijken, zou een spreadsheet een voordeel zijn).

Afwerking

Voor elke meting wordt de snelheid bepaald als

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

- waarbij het teken van de snelheid volgt uit dat gegeven voor Δt .

Vul de tabel aan met deze nieuwe kolommen: v meas / f meas / f theo / diff

Let op het teken van de twee frequentieveranderingen; ze moeten beide *negatief* zijn als de wagen in een positieve richting beweegt, d.w.z. *weg van* de ontvanger - en omgekeerd. De afwijking tussen de gemeten en theoretische frequentieverandering wordt gegeven in procenten.

Discussie en evaluatie

Beschrijf de overeenkomst tussen de theoretische en gemeten frequentieveranderingen.

Is er een verband tussen de afwijkingen en de grootte van de snelheid? Zo ja, geef dan een verklaring.

	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		