

Dopplerradar

Förberedelser

Läs i vågläroboken om *interferens* (sid 59-71), *dopplereffekt* (sid 81-84), *elektromagnetiska vågor* (sid 177-181) och *dikroism* (sid 413-415).

Läs igenom hela laborationsinstruktionen.

Gör följande uppgifter:

Varje laborant ska vid laborationens början lämna renskrivna lösningar till handledaren för kontroll.

1. Ett tåg är på väg mot en tunnel genom ett berg, se figur 1.

a) Loket avger en varningssignal med frekvensen $f_{\text{tåg}}$. Efter reflektion mot bergväggen hör lokföraren en annan frekvens f . Bestäm sambandet mellan de båda frekvenserna. Beteckna tågets fart med w och ljudets fart i luft med v .

Ledning: Betrakta först bergväggen som mottagare och sedan som sändare.



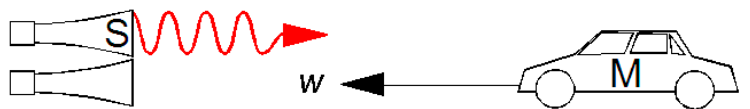
Figur 1 Ett tåg på väg mot en tunnel avger en varningssignal som reflekteras i bergväggen.

b) Anta att tågsignalen har frekvensen 1,00 kHz och att tågets fart är 216 km/h. Vilken frekvens uppfattar då lokföraren efter reflektionen? Sätt ljudets fart i luft till 340 m/s.

Svar: a) $f = f_{\text{tåg}} \frac{v + w}{v - w}$ b) 1,43 kHz

2. Längs en väg i en stad har polisen placerat sin dopplerradar. Se figur 2 på nästa sida. Bredvid sändaren finns en mottagare som registrerar de mikrovågor som reflekterats mot bilar som *närmar sig*. Beteckna sändarens frekvens med f_s , den mottagna frekvensen med f_m och bilarnas fart med w .

a) Ange ett samband mellan f_m och f_s .



Figur 2 En bil närmar sig polisens dopplerradar. Sändaren och mottagaren är placerade bredvid varandra och riktade rakt mot bilarna.

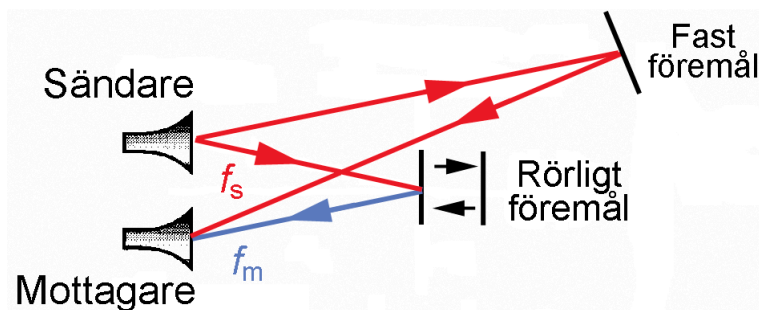
b) När en bil närmar sig är skillnaden mellan de båda mikrovågsfrekvenserna 2,67 kHz och deras summa 20,0 GHz. Bestäm bilens fart.

Ledning: Lös först ut w ur sambandet i a-uppgiften.

Svar: b) 144 km/h

Utförande

Elektromagnetisk strålning kallas mikrovågor när frekvensen ligger i intervallet 300 MHz – 300 GHz. På laborationen används en så kallad Gunnoscillator för att generera mikrovågor. Vi utgår från en försökssuppställning där mikrovågssändaren och mikrovågsmottagaren placeras bredvid varandra såsom figur 3 visar.



Figur 3 Försökssuppställning vid hastighetsbestämning. Mikrovågor som träffar det rörliga föremålet får på grund av dopplereffekt en annan frekvens än den som sänds ut.

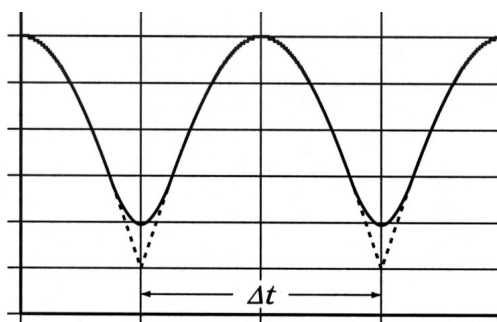
Sändaren skickar ut mikrovågor med frekvensen f_s mot ett rörligt föremål. Den våg som (efter reflektion mot det rörliga föremålet) träffar mottagaren har en annan frekvens, f_m , än den utsända på grund av dopplereffekt.

Den mottagna signalen ger upphov till en spänning som skickas till ett oscilloskop. Observera att mikrovågorna har så hög frekvens (ca 10 GHz) att oscilloskopet inte klarar av att visa tidsvariationen. I stället likriktas den mottagna signalen och oscilloskoputslaget blir proportionellt mot spänningens amplitud. Om bara den reflekterade vågen från det rörliga föremålet träffade mottagaren, så skulle oscilloskopbilden visa en rät linje vars läge över nollnivån bara berodde på det rörliga föremålets avstånd från sändaren/mottagaren. (Intensiteten ökar ju när avståndet minskar.)

Det rörliga föremålet reflekterar emellertid bara en del av den utsända vågen. Resten passerar förbi och reflekteras mot fasta föremål i rummet. Resultatet blir att mottagaren träffas av två vågor. Se figur 3. En våg med frekvensen f_m som reflekterats mot det rörliga föremålet och en våg med frekvensen f_s som reflekterats mot fasta föremål (t ex en vägg eller andra orörliga föremål). Se figur 3. Sambandet mellan de båda frekvenserna ges av

$$f_m = f_s \frac{c + w}{c - w} \quad \text{①}$$

där w är det rörliga föremålets fart och c mikrovågornas fart. (Jämför med förberedelseuppgift 4a.) På grund av att $w \ll c$ blir f_m och f_s jämförbart stora. Hos mottagaren interfererar f_m och f_s och ger upphov till *svävning*. (Studera figur 4.14 på sid 70 i vågläroboken.) I figur 4 nedan visar den heldragna kurvan hur mottagarsignalen ser ut på ett oscilloskop då de båda vågorna inte har samma amplitud (vilket är det normala). Om amplituderna är lika stora får oscilloskopkurvans nedre del en spetsigare form (streckad i figuren).



Figur 4 Det bara är amplitudvariationen hos den likriktade spänningen som registreras på oscilloskopskärmen. Tiden Δt ger (efter beräkning) svävningens frekvens.

Vi löser nu ut w ur sambandet (①) ovan. Det ger

$$w = c \frac{f_m - f_s}{f_m + f_s}$$

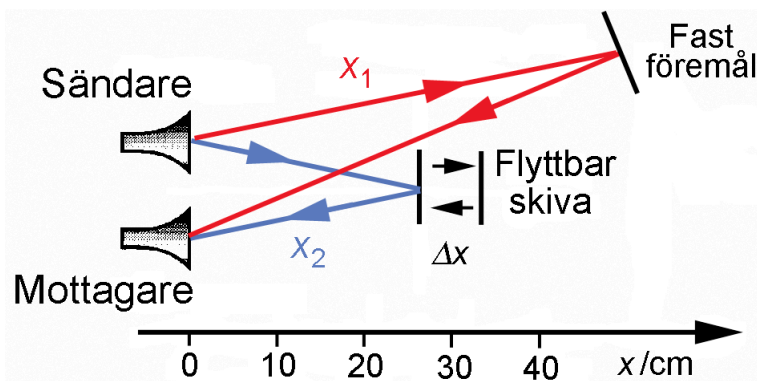
Eftersom $f_m \approx f_s$ kan vi skriva

$$w = c \frac{f_m - f_s}{2f_s}$$

Observera att svävningens frekvens $f_{\text{sväv}} = |f_m - f_s|$ är mätbar trots att den är nära noll jämfört med frekvenserna f_m och f_s .

Uppgift 1. Bestämning av mikrovågornas våglängd och frekvens

Ställ in drivspänningen till mikrovågssändaren (Gunn-dioden) på det värde som anges på sändaren. Försöksuppställningen visas i figur 5.

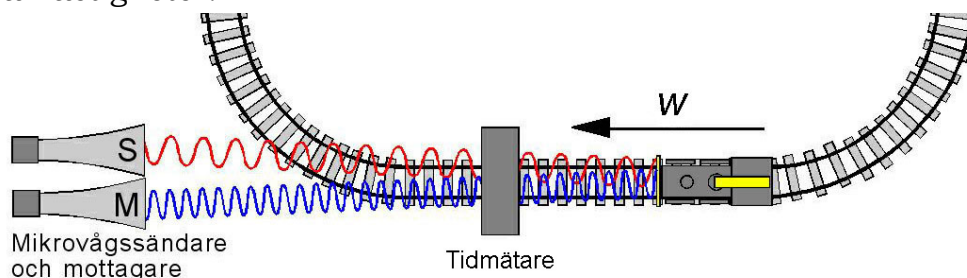


Figur 5 Försöksuppställning vid mätning av mikrovågornas våglängd. Observera att när skivan flyttas sträckan Δx ändras vägskillnaden med $2\Delta x$.

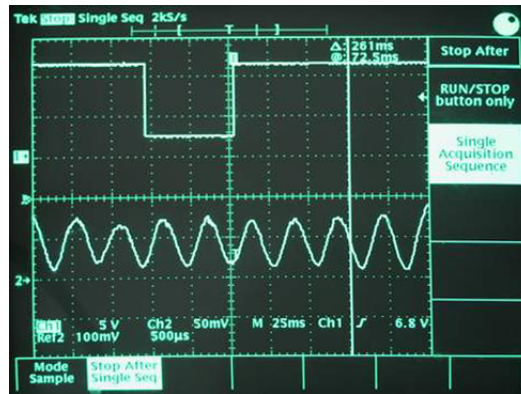
Vi får alltid interferens mellan två vågor vid mottagaren. En våg som reflekteras av metallskivan och en våg som reflekteras mot rummets väggar. Lägga märke till att vägskillnaden mellan vågorna ändras när skivan flyttas. Anta att mottagaren registrerar ett interferensmax när skivan *står stilla* i ett visst läge. Med hur mycket ska vägskillnaden ändras och hur långt ska skivan flyttas för att mottagaren ska registrera ett nytt max? Använd detta för att bestämma mikrovågornas våglängd och frekvens.

Uppgift 2. Mätning av hastighet

Mät hastigheten hos ett leksakståg som rör sig med konstant fart w , med hjälp av dopplerradar. Se figur 6. För att få en jämförelse ska du även bestämma farten genom att mäta den tid det tar för det leksakståget att förflytta sig en känd sträcka. Gör mätningarna med båda metoderna för tre olika hastigheter.



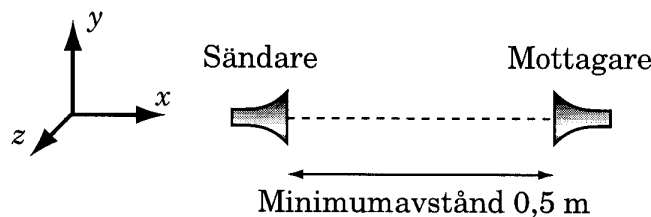
Figur 6 Du ska mäta hastigheten hos ett leksakståg med två olika metoder.



Figur 7 Det övre svepet på oscilloskopet visar hur lång tid det tar för en känd sträcka på leksakståget (eller leksaksbilen) att passera tidmätaren i figur 6.

Uppgift 3 Undersökning av mikrovågornas egenskaper

Placera sändare och mottagare riktade mot varandra såsom figur 8 visar. Observera att om sändaren och mottagaren är för nära varandra, så kan mottagardioden brännas sönder!



Figur 8 Försökuppställning vid undersökning av mikrovågornas egenskaper.

- Undersök vad som händer med utslaget på oscilloskopet när en masonit-skiva placeras mellan sändare och mottagare. Förklara!
- Undersök vad som händer med utslaget på oscilloskopet då en metall-platta placeras mellan sändare och mottagare. Förklara vad som händer!
- Vrid mottagaren (riktad mot sändaren) runt x -axeln utan att ha något föremål mellan mottagaren och sändaren. Vad händer med oscilloskoputslaget? Förklara!
- Vrid mottagaren runt x -axeln (med öppningen riktad mot sändaren) så att utslaget blir maximalt. Sätt ett metallgaller mellan sändare och mottagare och bestäm polarisationsriktningen på mikrovågsstrålningen genom att vrida på metallgallret och studera oscilloskoputslaget. Förklara vad som händer