

Bølger og lyd

Bølgeparametre, Doppler-effekt og elektromagnetisk spekter

KM6

Fra lydens hastighet til radiobølgen

Galileo forsøkte å måle lydhastigheten ved å stå på to åser med lanterner og registrere forsinkelsen – men reaksjonstiden hans var for lang til å måle noe meningsfylt. Mersenne målte lydhastigheten med kanonsal i 1635 (~316 m/s). I dag: 340 m/s ved 20°C. Chuck Yeager var den første mennesket som brøt lydmuren – i 1947, med Bell X-1-fly.

- **Bølgeparametre:** bølgelengde λ (m), frekvens f (Hz), amplitude A , bølgehastighet $v = f \cdot \lambda$.
- **Transversal:** svingning $\perp$ utbredelse. Lys, bølger på vann.
- **Longitudinal:** svingning $\parallel$ utbredelse. Lyd, P-bølger (jordskjelv).
- **Lyd:** $v_{\text{luft}} \approx 340$ m/s. $v_{\text{vann}} \approx 1500$ m/s. $v_{\text{stål}} \approx 5000$ m/s. Hørbart: 20–20 000 Hz.
- **Doppler-effekt:** kilde beveger seg mot lytter $\rightarrow$ høyere f . Brukes i radar, medisinsk ultralyd, astrofysikk (rødforskyvning).
- **EM-spekter:** radio $\rightarrow$ mikro $\rightarrow$ IR $\rightarrow$ synlig (400–700 nm) $\rightarrow$ UV $\rightarrow$ røntgen $\rightarrow$ gamma.
- **Lys:** $v = 3 \times 10^8$ m/s (vakuum). Brytes i materialer (Snells lov).

■ Nøkkelsammendrag

$v = f \cdot \lambda$. Bølgelengde (m), frekvens (Hz), hastighet (m/s)

Transversal: svingning vinkelrett (lys, vann). Longitudinal: parallelt (lyd)

Lyd: 340 m/s (luft), 1500 (vann), 5000 (stål). Hørbart: 20–20000 Hz

Doppler: kilde mot lytter $\rightarrow$ høyere frekvens

EM-spekter: radio $\rightarrow$ mikro $\rightarrow$ IR $\rightarrow$ synlig $\rightarrow$ UV $\rightarrow$ røntgen $\rightarrow$ gamma

Lys: 3×10^8 m/s (vakuum)

Chuck Yeager: første person til å bryte lydmuren (1947)

Tenk og drøft

- 1 En utrykningsbil med sirene (440 Hz) kjører mot deg. Forklar Doppler-effekten kvalitativt og kvantitativt.
- 2 Beregn bølgelengden til lyd ved 440 Hz ($v=340$ m/s) og lys ved 550 nm (synlig grønt).
- 3 Lyd reiser ikke i vakuum. Forklar hva dette forteller om lydens natur som bølge.
- 4 Medisinsk ultralyd (>20 000 Hz). Forklar to fordeler ved å bruke ultralyd fremfor røntgen.
- 5 Rødforskyvning brukes til å bevise universets ekspansjon. Forklar sammenhengen mellom Doppler-effekten og kosmologi.

Praktiske forsøk

Forsøk 1: Bølgelengde og frekvens med slinky

Utforsk transversale og longitudinale bølger og mål forholdet mellom bølgelengde, frekvens og hastighet.

Utstyr

- Slinky (spiralfjær)
- Tapemarkører
- Stoppeklokke
- Linjal

Fremgangsmåte

1. Legg slinkyen langt på gulvet med to elever i hver ende.
2. Rist den ene enden sidelengs – observer transversale bølger. Mål bølgelengde.
3. Trekk noen vindinger tett og slipp – observer longitudinale bølger.
4. Tell antall bølger (frekvens) per sekund ved ulike røstehastigheter.
5. Mål bølgehastigheten ved å ta tid på én bølgetopp.
6. Sjekk: er $v = f \times \lambda$ konsistent?

Refleksjonsspørsmål

1. Hva er forskjellen mellom transversal og longitudinal bølge?
2. Lydbølger er longitudinale. Hva betyr det for måten lyd reiser på?
3. Hva skjer med bølgehastigheten om du strekker slinkyen lengre?

Forsøk 2: Doppler-effekt med svingende rør

Demonstrer og mål Doppler-effekten ved å svinge et lydgivende rør i sirkel.

Utstyr

- Korrugert plastslange ca 60 cm
- Snor 1 m
- Frekvensanalyse-app på telefon
- Åpent område

Fremgangsmåte

1. Fest snoren i enden av slangen og sving i horisontal sirkel.
2. En lytter på siden hører frekvensendringen.
3. Mål frekvensen med appen når slangen er i ro.
4. Estimer svingehastigheten og beregn Doppler-skiftet.
5. Sammenlign beregnet og observert frekvensendring.
6. Prøv å endre svingehastigheten og observer endringen.

Refleksjonsspørsmål

1. Forklar hva som skjer med lydbølgene foran og bak kilden.
2. Gi to virkelige anvendelser av Doppler-effekten.
3. Ville Doppler-effekten fungert med lys? Hva kalles det for stjerner?