

Lysfarten og astronomiske avstander

$c = 300\,000\text{ km/s}$ – tid, lys og rommet

KM7

■ Rømer og Jupiters måner – første måling av lysets hastighet

I 1676 observerte den danske astronomen Ole Rømer (da i Paris) at formørkelsene av Jupiters måne Io skjedde litt forsinket når Jorda var lengst fra Jupiter, og litt for tidlig når Jorda var nærmest. Forklaringen: lyset trenger tid å krysse det ekstra rom-mellomrommet.

Rømer beregnet at lyset brukte ca. 22 minutter på å krysse Jordens bane (faktisk ca. 16-17 minutter). Det gav en hastighet på ca. $220\,000\text{ km/s}$ – ca. 26% feil, men orden på størrelsesorden var riktig og prinsippet var revolusjonerende: lys er ikke øyeblikkelig.

Den moderne verdien: $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$ – nøyaktig, per definisjon.

Lysets hastighet og astronomiske avstander

Lys beveger seg med $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$ ($\approx 300\,000\text{ km/s}$) i vakuum. Ingenting kan bevege seg raskere. På astronomiske skalaer er lysets hastighet det naturlige avstandsmålet. Et **lysår** er den avstanden lyset tilbakelegger på ett år: $9,46 \times 10^{15}$ meter – ca. 9,5 billioner kilometer.

Tabell 1: Astronomiske avstander i lysminutter og lysår

Objekt	Avstand	Lysreisetid
Solen	150 millioner km (1 AU)	8 minutter 20 sekunder
Månen	384 400 km	1,28 sekunder
Mars (nærmest)	54,6 millioner km	3 minutter
Jupiter (nærmest)	590 millioner km	33 minutter
Proxima Centauri	4,24 lysår	4,24 år
Andromeda-galaksen	2,5 millioner lysår	2,5 millioner år
Observerbar univers-kant	46 milliarder lysår	13,8 milliarder år (lyset er eldre enn avstanden pga. utvidelse)

Observere fortiden

Når vi observerer stjerner og galakser, ser vi dem ikke som de er nå – vi ser dem som de var da lyset forlot dem. Solen vi ser er 8 minutter gammel. Andromeda-galaksen vi ser er 2,5 millioner år gammel. Noen stjerner vi ser er muligens allerede døde – bare lyset deres har ennå ikke nådd oss. Teleskoper er tidsmaskiner.

■ Forsøk 1: Beregn avstanden til Månen med lysets hastighet

Mål: Bruke lysets hastighet og kjent reisetid til å beregne astronomiske avstander.

Utstyr: Kalkulator.

Fremgangsmåte:

→ Månelaser-reflektometer: lys sendt fra Jorda til Månens retroreflektorer returnerer på 2,56 sekunder (tur-retur).

→ Beregn: $\text{avstand} = (c \times t) / 2 = (3 \times 10^8 \text{ m/s} \times 2,56 \text{ s}) / 2$.

→ Sammenlign med kjent verdi (384 400 km). Avvik?

→ Beregn: hvor langt beveger Månens overflate per år (i km) pga. tidevannskrefter? (3,8 cm/år = Månens drift bort fra Jorda)

→ Diskuter: hva kan vi lære fra dette enkle beregningseksemplet om vitenskapelig nøyaktighet?

Forventet resultat: Resultat: $(3 \times 10^8 \times 2,56) / 2 = 3,84 \times 10^8 \text{ m} = 384\,000 \text{ km}$. Ekstremt godt samsvar.

■ Oppgaver

■ Oppgave 1 (basis)

Hva er et lysår? Beregn hvor mange kilometer ett lysår er ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $1 \text{ år} \approx 3,15 \times 10^7 \text{ sekunder}$).

■ Oppgave 2 (middels)

Forklar Rømer-eksperimentet. Hva observerte han, og hva var hans konklusjon? Hva var prosentvis avviket fra moderne verdi?

■ Oppgave 3 (avansert)

Einsteins spesielle relativitetsteori sier at ingenting kan bevege seg raskere enn lys. Forklar dilatation (tidsutvidelse) og hva som ville skje med en astronaut som reiste til Proxima Centauri med 99% av lysets hastighet (for ham og for folk på Jorda).

■ Oppsummering

Viktige punkter fra dette kapitlet:

- $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$. Ingenting beveger seg raskere.
- $1 \text{ lysår} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$. Brukes for astronomiske avstandsmål.
- Solen: 8 min 20 sek lysreisetid. Andromeda: 2,5 millioner lysår.
- Teleskoper er tidsmaskiner: vi ser stjerner som de var da lyset forlot dem.
- Rømer (1676): første målling av lysets hastighet fra Io-formørkelser.