

Måling af planeter og stjerner

© Kredit: Mike Vandal Auerbach, *Rummet*, Version 1.2, 14. nov 2024

Når man kigger ud i Universet, er alting meget langt væk. Men hvor langt væk er alting? Og hvordan måler man rent faktisk afstandene til stjerner og galakser? Stjernerne er jo så langt væk at de selv i et teleskop kun kan ses som en prik.

Inden for vores solsystem anvendes normalt den såkaldte *astronomiske enhed* der svarer til jordens middelf afstand til solen:

$$1 \text{ [AU]} = 1.50 \cdot 10^{11} \text{ [m]}$$

Når man skal se på større afstande, er det mere praktisk at måle i lysår (ly). 1 ly er den afstand som lyset tilbagelægger på 1 år. Idet lys bevæger sig ret hurtigt, er 1 ly altså en ret stor afstand.

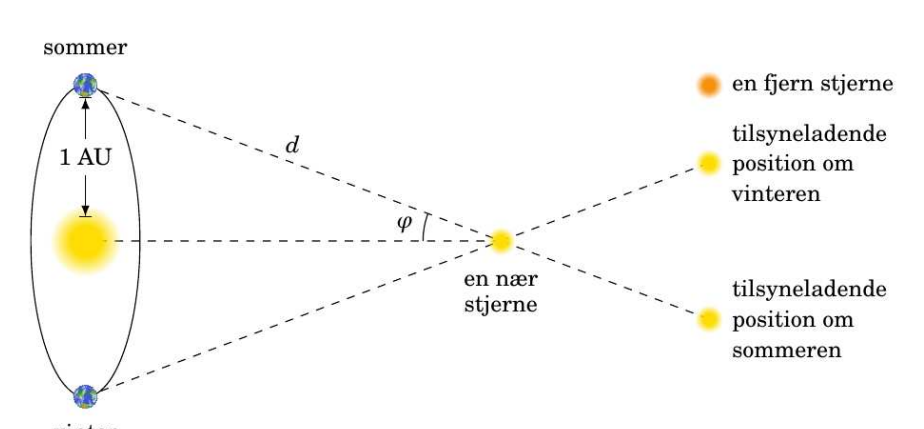
Lysets fart er $c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, og da der er 365.24 døgn på et år, 24 timer på et døgn, og 3600 sekunder på en time, kan man beregne hvor mange meter et lysår svarer til:

$$\begin{aligned} 1 \text{ [ly]} &= c \cdot 1 \text{ [år]} \\ &= 3.00 \cdot 10^8 \text{ [m/s]} \cdot (365.24 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ [s]} \\ &= 9.47 \cdot 10^{15} \text{ [m]} \end{aligned}$$

Et lysår svarer altså til ca. 9 470 000 000 000 000 meter.

Parallaksemetoden til afstandsberegning

Hvis man holder en blyant op foran ansigtet og lukker skiftevis det ene og så det andet øje, ser blyanten ud som om den flytter sig i forhold til baggrunden. Ved at måle hvor stor en vinkel blyanten flytter sig, kan man bestemme hvor langt væk fra ansigtet den er. Det er selvfølgelig ikke så interessant i forhold til blyanter, her kunne man jo bare have taget et målebånd i stedet for at have besværet med at måle vinkler. Men når man måler afstande til stjerner, har målebånd ikke den store nytte. På figuren ses princippet i parallaksemålinger.



Sigtelinjen til en stjerne flytter sig i løbet af det halve år der er mellem sommer og vinter, fordi Jorden bevæger sig rundt om Solen. Vinklen φ , som er angivet på tegningen, kaldes stjernens parallakse. Vinklen som sigtelinjen ud til stjernen flytter sig, bliver målt i forhold til en baggrund af meget fjerne stjerner.

Ved almindelige trigonometriske overvejelser kan man udlede at

$$\sin(\varphi) = \frac{1 \text{ [AU]}}{d}$$

hvilket giver at afstanden til en stjerne kan beregnes ved:

$$d = \frac{1}{\sin(\varphi)} \text{ [AU]}$$

Den danske astronom Tycho Brahe (1546–1601) er kendt for sine meget nøjagtige målinger af stjerners position på himlen. Hans mest nøjagtige instrumenter målte med en nøjagtighed på ca. 0.01° , men da parallaksen for den nærmeste stjerne Proxima Centauri er ca. 0.0002° var det ikke muligt på det tidspunkt at måle stjerners parallakse.

Lysstyrke til afstandsberegning

Parallaksemetoden duer kun hvis afstanden ud til den stjerne der måles på, er under ca. 100 ly. Da Mælkevejen er ca. 200 000 ly i diameter, kan denne metode altså kun bruges til de allernærmeste stjerner i vores galakse. Hvis man vil måle større afstande, bliver man nødt til at se på lysstyrker i stedet.

I oldtiden inddelte den græske astronom Hipparchos (ca. 190–120 f.Kr.) stjernerne i størrelsesklasser fra 1–6, alt efter hvor kraftigt de lyste på himlen. Denne inddeling baserede sig selvfølgelig på et individuelt skøn. I dag har man defineret en stjernes tilsyneladende størrelsesklasse ud fra målinger af stjernens lysintensitet I målt i watt pr. kvadratmeter:

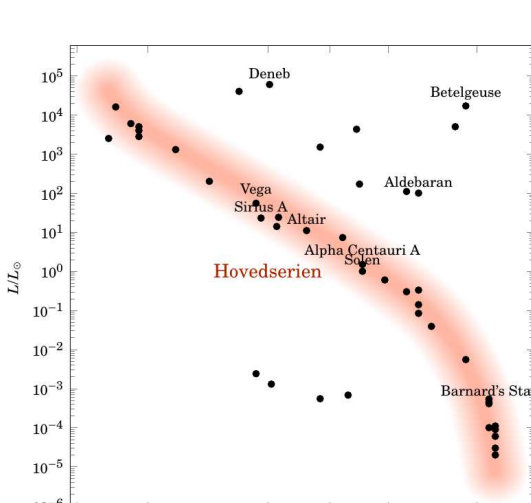
$$m = k - \log\left(\frac{I}{1 \text{ [W/m}^2]}\right)$$

Konstanten k i formelen ovenfor er valgt så stjerner der lige nøjagtigt kan anes med det blotte øje, har størrelsesklasse 6. På denne måde kommer en stjernes tilsyneladende størrelsesklasse nogenlunde til at passe med den gamle inddeling fra oldtiden.

For en stjerne definerer man også størrelsen absolut størrelsesklasse M som den størrelsesklasse en stjerne ville have hvis den befandt sig i afstanden 10 parsec (pc). Der er en sammenhæng mellem m , M og afstanden til stjernen d som er givet ved:

$$m - M = 5 \cdot \log\left(\frac{d}{10 \text{ [pc]}}\right)$$

Afstandsbestemmelse vha. lysstyrke kræver at man kender den absolutte lysstyrke for det objekt man vil bestemme afstanden til. For nære stjerner kan afstanden som nævnt bestemmes vha. parallaksemetoden. Hvis man kender afstanden ud til en stjerne kan man vha. målinger af stjernens lys her på Jorden bestemme hvor lysstærk stjernen er. Det viser sig at når man afbilder stjerners lysstyrke som funktion af deres overfladetemperatur, fordeles stjernerne sig nogenlunde som i diagrammet på figuren nedenfor. Dette kaldes et Hertzsprung-Russell-diagram (eller blot H-R-diagram) efter de to astronomer Ejnar Hertzsprung og Henry Norris Russell.



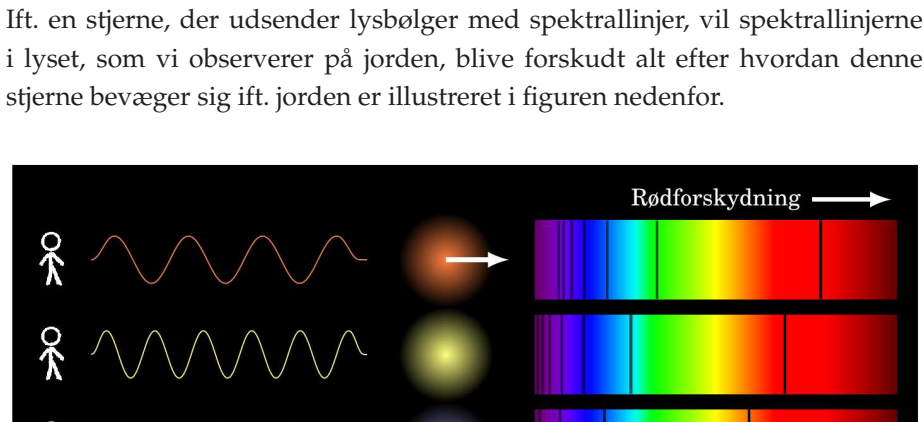
Hvis man antager at andre stjerner fordeles sig på samme måde, kan man vurdere en stjernes absolutte lysstyrke ved at sammenligne med en anden stjerne med samme spektrum. Kender man den absolutte lysstyrke, og måler man den tilsyneladende lysstyrke her på Jorden, kan man derved bestemme afstanden til stjernen.

Måling af hastighed

Da man begyndte at undersøge spektrallinjerne i lyset fra forskellige stjerner opdagede man at linjerne ikke helt passede med de forventede linjer - de var en lille smule forskudte. Forskydningen kan forklares med den såkaldte Doppler effekt.

Når et objekt, der udsender en bølge, er i bevægelse vil bølgelængden på den udsendte bølge ændre sig. Dette sker fordi bølgehastigheden kun er afhængig af det materiale som bølgen bevæger sig gennem og kan derfor ikke påvirkes af objektets egen hastighed. Dette resulterer ud i at bølgelængden må tilpasse sig ift. den relative hastighedsforskel. Bevæger objektet sig i en retning væk fra observatøren vil bølgelængden strækkes ud og blive længere. Bevæger objektet sig i en retning imod observatøren vil bølgelængden trækkes sammen og blive kortere.

Ift. en stjerne, der udsender lysbølger med spektrallinjer, vil spektrallinjerne i lyset, som vi observerer på jorden, blive forskudt alt efter hvordan denne stjerne bevæger sig ift. jorden er illustreret i figuren nedenfor.



Hvis en stjerne bevæger sig væk fra jorden, vil spektrallinjerne i lyset blive forskudt mod den røde ende af spektret, hvilket kaldes for *rødforskydning*. Modsat vil spektrallinjerne i lyset blive forskudt mod den blå ende af spektret hvis stjernen bevæger sig væk imod jorden, hvilket kaldes for *blåforskydning*.

Man kan beregne forskydningen i bølgelængden til at være størrelsen z ved:

$$z = \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_0}{\lambda_0}$$

I formlen er λ_{obs} den observerede bølgelængde, mens λ_0 er den såkaldte laboratoriebestemte bølgelængde, dvs. fra en lyskilde der ikke er i bevægelse.

Man kan vise at farten af en lyskilde med god tilnærmelse er givet ved formelen

$$v = c \cdot z$$

hvor c er lysets fart. Tilnærmelsen gælder godt så længe rødforskydningen ikke er større end 0.1 hvor man kan undlade relativistiske effekter.