|  |
| --- |
| **Afstandsbestemmelse i universet** |
| **Introduktion**    I astronomien beskæftiger man sig blandt andet med at bestemme afstande ud til fjerne objekter. Først bestemmes afstandene til nære objekter, fx månen, planeterne i vores solsystem og solen, derefter bestemmes afstandene til stjerner og galakser. Man anvender forskellige metoder til at bestemme afstandene, disse metoder er beskrevet i afstandsstigen, som ses i figur 1.  De første trin i afstandsstigen beskriver målemetoder til at bestemme afstande ud til de nære objekter, jo længere man bevæger sig op ad afstandsstigen jo større afstande kan man bestemme.  Vi vil i det følgende kigge på radarmåling, parallaksemetoden, Cepheide metoden (variable stjerner), Supernova type Ia. og Hubbles lov. |
| **Radarmåling eller laserimpulser**  Første trin (nedefra) på afstandsstigen er radarmåling. Man anvender radarmåling til at bestemme afstande ud til nære objekter i vores solsystem. Ved radarmåling udsendes der radiobølger mod et objekt, når radiobølgerne rammer objektet, reflekteres bølgerne tilbage. Man kan således måle tiden det tager bølgerne at returnere til jorden og dermed bestemme den tilbagelagte afstand, da man kender radiobølgernes hastighed (NB! Husk radiobølger er elektromagnetisk stråling). Man kan også anvende laserimpulser til at bestemme afstande på samme måde   1. Opstil en formel for hvordan man kan beregne afstanden ud til et fjernt objekt 2. en radarpuls sendes fra jorden og afsted mod planeten Mars, efter 32,3 minutter registreres signalet. Beregn afstanden til Mars ud fra jeres formel.   I astrofysikken arbejder vi ofte med nogle andre længdeenheder end si-enheden meter, da vi ser på store afstande. Man kunne for eksempel anvende enheden lysminut, det er hvor langt lyset rejser på et minut:     1. Hvad er afstanden ud til Mars, hvis I skal angive afstanden i lysminutter? 2. Når man skal angive større afstande, anvender man typisk enheden lysår, det er den afstand som lyset rejser på et år. Hvad svarer et lysår til i km? 3. Hvilke begrænsninger tror i at radarmålinger og målinger med laserimpulser har |
| **Parallaksemetode**  Parallaksemetoden er en meget gammel metode som grækerne brugte til at bestemme afstande. Metoden anvendes stadig i dag, til at bestemme afstande ud til nære stjerner i vores galakse Mælkevejen. Parallaksemålingen er baseret på simpel trigonometri.  Når jorden bevæger sig omkring solen, flytter stjernerne sig på himlen, da vi bevæger os i forhold til dem. Det er dog meget lidt de flytter sig, da de er meget langt væk. Vi kan dog se at nære stjerner flytter sig mere end fjerne stjerner.  Man kan finde afstanden til en nær stjerne ved at se hvor meget den flytter sig på himlen. Hvis vi ser på en nær stjerne på to tidspunkter med et halvt års mellemrum, og noterer dens position i forhold til fix stjernerne, kan vi se hvor stor en vinkel den har flyttet sig:  Fra figur 3 ses det at der dannes en retvinklet trekant. Vi kender afstanden mellem jorden og solen som er (astronomisk enhed, som er en anden længdeenhed, der benyttes i astrofysikken). kaldes parallaksevinklen eller blot parallaksen. Parallaksen er det halve af den vinkel som måles.   1. Opskriv et matematisk udtryk til at finde afstanden fra jorden til den nære stjerne 2. Nordstjernen flytter sig på himlen mellem sommer og vinter. Bestem parallaksen og afstanden til Nordstjernen   En anden astronomisk enhed som anvendes ofte, er enheden parsec (pc). En parsec er defineret ud fra parallaksemetoden. Afstanden mellem jorden og stjernen er en parsec: , når parallaksen er ligemed et buesekund. Se tabellen nedenfor for omregning mellem grader og buesekunder:   |  |  |  | | --- | --- | --- | | Grader | Bueminut | Buesekund | |  |  |  |  1. hvad svarer et buesekund () til i grader? Anvend jeres resultatet til at bestemme hvad en parsec svarer til i km. 2. De længste afstande man har kunne måle med metoden, er på omkring 7500 lysår. Hvor stor er parallaksen for stjerner der ligger så langt væk? 3. Hvilken Begrænsning har parallaksemetoden |
| **Standardlyskilde: Cepheide metoden**  Man kan bestemme større afstande i universet ved at måle på det lys som udsendes fra stjernen. Det vi kan måles her på jorden, er den tilsyneladende lysstyrke .  Den tilsyneladende lysstyrke afhænger af afstanden ud til stjernen  og er givet ved følgende formel:    er den absolutte lysstyrke (effekten som stjernen udsender) og er afstanden ud til stjernen. Formlen kaldes afstandskvadratloven.  Afstandskvadratloven fortæller at stjerner tæt på os vil have en større tilsyneladende lysstyrke end stjerner som er langt fra os, hvis de har samme absolutte lysstyrke.  Hvis man kender den absolutte lysstyrke og den tilsyneladende lysstyrke , kan man altså bestemme afstanden ud til stjernen:  Det er meget svært at finde bestemme den absolutte lysstyrke, men det er muligt for en speciel klasse af stjerner, som kaldes cepheider. Cepheider er pulserende stjerner hvis lysstyrke varierer, se nedenstående billede:    Det var den amerikanske astronom Henrietta Swan Leavitt, som opdagede at der er en sammenhæng mellem cepheidernes absolutte lysstyrke og deres pulsationsperiode (som måles i dage). Sammenhængen mellem cehpeidernes periode og deres absolutte lysstyrke er vist i figur 6. Bemærk af første aksen er logaritmisk.     1. Den første cepheid som blev opdaget var -Cephei. Brug perioden til at bestemme den absolutte lysstyrke (brug kurven til cepheid type I) 2. Den absolutte lysstyrke er i enheder af solen lysstyrke solens lysstyrke er   Brug jeres resultat fra opgave 1 og angiv den absolutte lysstyrke i Watt   1. Beregn afstanden ud til -cephei, når det oplyses at den tilsyneladende lysstyrke for cepheiden er målt til |
| **Rødforskydning og Hubbles lov**    Vesto Melvin Slipher var den første til at måle absorptionsspektre for forskellige galakser. Vesto opdagede at lyset fra galakserne var rødforskudt, se figur 8.  Hvis man har galaksespektrene kan man beregne rødforskydningstallet:  Hvor er den observerede bølgelængde og er bølgelængden af lyset fra galsksen, hvis galaksen stod stille i forhold til os (svarer til bølgelængderne af lyset fra solen).   1. Vælg en absorptionslinje i solens absorptionsspektrum og find de tilsvarende linjer i spkrene for den nære og fjerne galakse. Bestem herefter rødforskydningstallet ud til den nære galakse og til den fjerne galakse.     Hastigheden hvormed en galakse bevæger sig væk fra os er givet som:  Hvor er rødforskydningstallet og er lysets hastighed. Galaksens hastighed kan udledes ud fra dopplereffekten:   1. Beregn den nære og fjerne galakses fart væk fra os. Hvad kan du konkludere 2. Udled formlen gaslaksens hastigheden ved at bruge figur 9 (hint[[1]](#footnote-1) nederst på siden)   I virkeligheden er der ikke tale om en dopplereffekt, som vi kender den fra tidligere. Det er universet som udvider sig, dvs. alle galakser bevæger sig i forhold til hinanden, man kalder det kosmologisk ekspansion. Lyset der rejser i rummet fra en galakse til en anden vil altså også blive strukket under udvidelsen, man kalder det for kosmologisk rødforskydning. Formlen i lige har udledt gælder dog stadig for små rødforskydninger ().  Edwin Hubble brugte cepheidemetoden til at bestemme afstande ud til de galakser, som Vesto havde målt hastighederne på. Hubble fandt ud af at der var en tilnærmelsesvis ligefrem proportionalitet mellem galaksernes hastigheder og afstanden ud til galakserne. Grafen i figur 10 viser Hubbles data, som blev udgivet i 1929 og er kendt som Hubbles lov:  Bemærk at der er en fejl, det skulle have være en hastighed op af andenaksen så enheden er og ikke Ved første øjekast ser grafen umiddelbart ikke særlig pæn ud, der er stor spredning på mange af målingerne.   1. Hubbles lov er givet som:   Hvor er Hubble konstanten og afstanden ud til galaksen.  Bestem Hubble konstanten ud fra Hubbles graf. Angiv svaret i enheden , hvor (megaparsec).  Grunden til at punkterne varierer meget skyldes at Hubble ikke vidste at der fandtes to typer cepheider, derfor var nogle af afstandene forkerte. Sidenhen har man også målt større afstande ud til fjerne galakser, som er medtaget i den mere opdaterede Hubble graf figur 11:  I dag er Hubble konstanten målt til:  Hubbles lov er evidens på Big Bang teorien. Kort fortalt beskriver Big Bang teorien skabelsen af universet, hvor rum og tid skabes idet en singularitet (et punkt uden udstrækning) pludselig begynder at udvide sig og fortsætter med at udvide sig.  Hvis man antager at udvidelsen har været konstant og at galakserners hastigheder væk fra hinanden dermed også er konstant, så kan man bestemme universets alder.  Hastigheden må være givet ved:  Hvor er afstanden ud til galaksen, som netop må svare til afstanden galaksen har rejst væk fra os siden Big Bang og er tiden der er gået fra Big Bang til i dag, altså universets alder. kaldes også for Hubble tiden.   1. Udled et udtryk for Hubble tiden og bestem universets alder, angiv dit resultat i år 2. Brug Hubbles originale data til at estimere universets alder. Angiv svaret i år |

1. Hint:

   [↑](#footnote-ref-1)