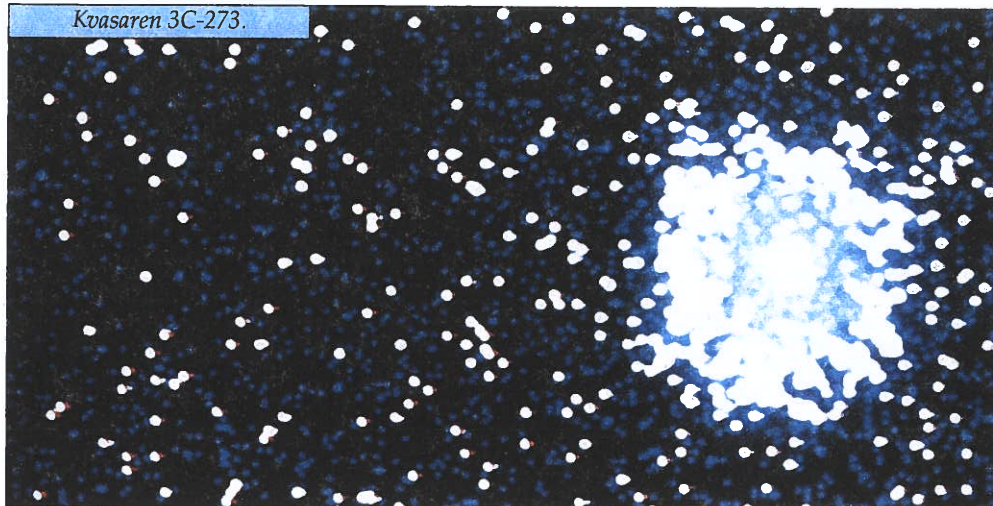
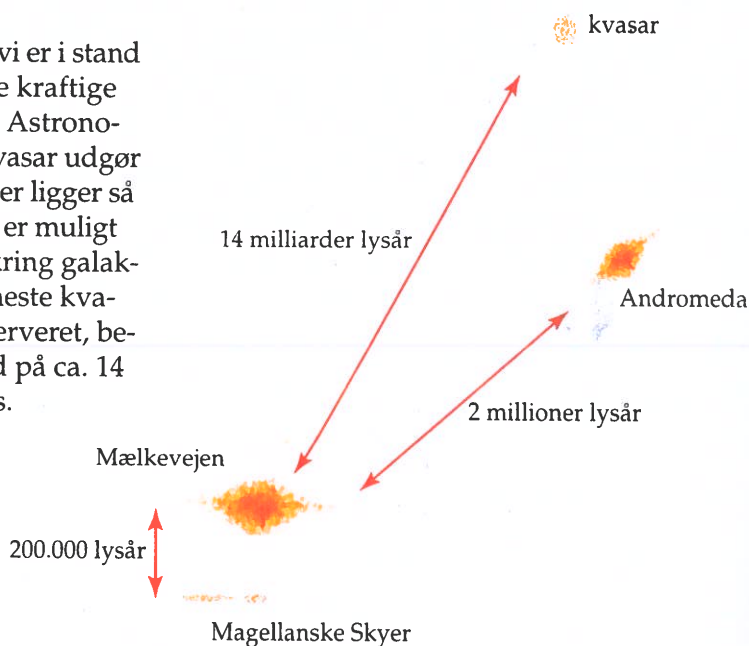


Kvasaren 3C-273.



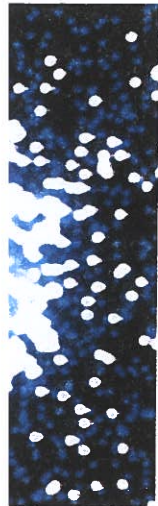
De fjerneste objekter, vi er i stand til at observere i store kraftige kikkerty, er *kvasarer*. Astronomerne mener, at en kvasar udgør kernen i en galakse, der ligger så langt væk, at det ikke er muligt at skelne detaljer omkring galaksernes kerne. De fjerneste kvasarer, som vi har observeret, befinder sig i en afstand på ca. 14 milliarder lysår fra os.



CD603  
FILM

## Afstand til fjernere stjerner og galakser

I dette afsnit vil vi se på to simple modeller, som astronomerne benytter til at bestemme afstandene til fjernere stjerner og galakser, idet parallaxemetoden som tidligere omtalt med rimelighed kun kan bruges på afstande mindre end ca. 150 lysår. Før vi ser på de to metoder, skal vi indføre et vigtigt astronomisk begreb, nemlig en *stjernes størrelsesklasse*. Det stammer helt tilbage fra oldtiden, hvor man på følgende måde delte stjernerne op i 6 størrelsesklasser: Klasse 1 var de klareste stjerner, og klasse 6 var de svageste stjerner, man netop kunne se med det blotte øje (kikkerten blev først opfundet i 1600-tallet). Denne klasse-



kvasar

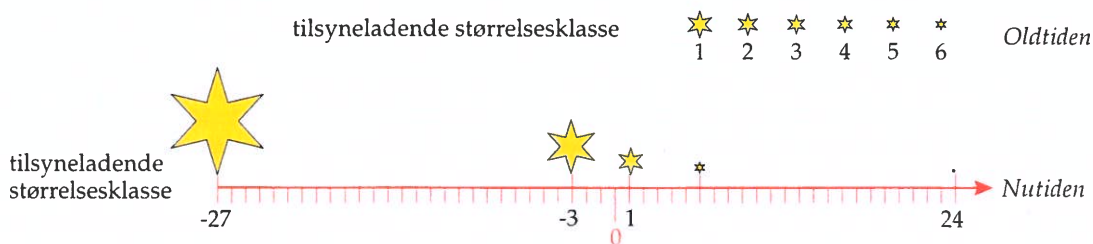


Andromeda

lyrsår

rtter til at  
metoden  
indre end  
tronomisk  
a oldtiden,  
Klasse 1  
op kunne  
ne klasse-

inddeling er meget subjektiv, da den afhænger af observatøernes synsindtryk. Med nutidens moderne instrumenter har astronomerne fået en mere objektiv bestemmelse af en stjernes størrelsesklasse, da denne bestemmes ved at måle lysintensiteten fra stjernen.



I dag arbejder astronomerne med to forskellige størrelsesklassebegreber: den *tilsyneladende størrelsesklasse* og den *absolutte størrelsesklasse*.

En stjernes *tilsyneladende størrelsesklasse*  $m$  er den størrelsesklasse en stjerne har, når den observeres fra Jorden.

En stjernes *absolutte størrelsesklasse*  $M$  er den størrelsesklasse, vi ville observere, hvis stjernen befandt sig 10 parsec fra Jorden. Astronomerne kan vurdere en stjernes absolutte størrelsesklasse ved f.eks. at studere stjernens spektrum.

Lad os se lidt på, hvilken sammenhæng der er mellem en stjernes *tilsyneladende* og *absolutte størrelsesklasse*. Antag, at en stjerne udsender lys med effekten  $P$ , og at afstanden fra stjernen til Jorden er  $d$ . Strålingsintensiteten  $I$ , som vi måler her på Jorden, er givet ved afstandskvadratloven (se f.eks. kapitel 1):

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot d^2}$$

idet strålingsintensiteten er defineret som effekt pr. areal af en flade vinkelret på stråleretningen.

Af historiske grunde arbejder astronomerne ikke direkte med den målte intensitet  $I$  fra en stjerne. De benytter som tidligere omtalt en stjernes størrelsesklasse. Astronomerne definerer en stjernes *tilsyneladende størrelsesklasse*  $m$  på følgende måde:

$$m = k - 2,5 \cdot \log I$$

CD689  
TEKST



hvor  $k$  er en konstant. Den er valgt således, at de svageste stjerner, der lige netop kan ses med det blotte øje, har en størrelsesklasse på +6. Med kendskab til intensiteten  $I$  og den tilsyneladende størrelsesklasse  $m$  kan vi bestemme konstanten  $k$ .

Den absolutte størrelsesklasse  $M$  er defineret som den størrelsesklasse, vi ville observere, hvis stjernen befandt sig 10 parsec fra Jorden. Det betyder, at  $M$  kan skrives som:

$$M = k - 2,5 \cdot \log I(10)$$

hvor  $I(10)$  betyder intensiteten i afstanden 10 parsec.

Vi får da, at

$$m - M = (k - 2,5 \cdot \log I) - (k - 2,5 \cdot \log I(10))$$

som giver at

$$m - M = -2,5 \cdot \log \frac{I}{I(10)}$$

Da

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \quad \text{og} \quad I(10) = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot 10^2}$$

får vi at

$$\frac{I}{I(10)} = \frac{10^2}{d^2}$$

hvilket giver at

$$m - M = -2,5 \cdot \log \frac{10^2}{d^2}$$

eller

$$m - M = -2,5 \cdot (\log 10^2 - \log d^2)$$

Vi får da, at

$$m - M = 5 \cdot \log d - 5$$

hvor  $d$  er stjernens afstand angivet i parsec.

Vi kan så bestemme afstanden  $d$  til stjernen på følgende måde:

$$d = 10^{\frac{m - M + 5}{5}}$$

hvor  $d$  er afstanden angivet i parsec.

3e For Norc  
og  $M =$   
kan da t

d  
eller

c

Det bety  
tjernen i

40 Sirius h  
-1,46 c

Beregn  
med re

50 Proxim  
1,31 p  
størrels

Beregn  
klasse.

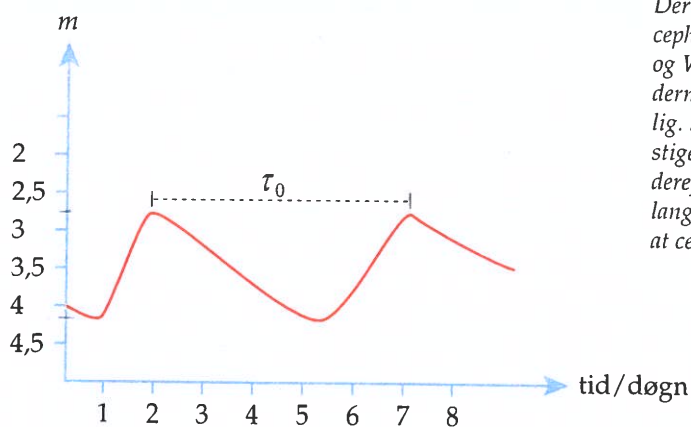
60 Solen  
på -26  
4,75.  
Besten

Cep

Met  
af sp  
de ti  
Hob

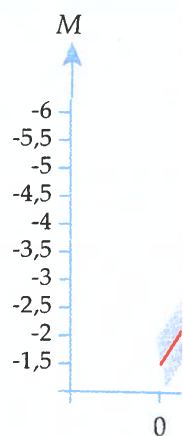
Cep  
peri  
Joh  
stjer  
som  
stjer  
cepl

Tilsyneladende størrelsesklasse



$\delta$ -Cepheiderne tilhører de såkaldte klassiske cepheider. Der findes to forskellige typer cepheider: de klassiske cepheider og W-Virginis stjerner. Cepheidernes opførsel er meget mærkelig. Som det fremgår af figuren, stiger lysstyrken kraftigt for derefter at aftage i et noget langsommere tempo. Vi siger, at cepheiderne pulserer.

Absolut størrelsesklasse



$$M = -2,5 \cdot$$

Ved at antage, at samme måde som standene til de p cepheide, kan vi Da vi også kan b kan vi bestemme



I Den Lille Magellanske Sky er der en del cepheider.

I begyndelsen af 1900-tallet opdagede man, at cepheider ikke kun var interessante på grund af deres varierende lysstyrke, men at de også kunne benyttes til afstandsmåling. Det var den amerikanske astronom Henrietta Swan Leavitt, der i 1912 fandt ud af dette, idet hun studerede cepheider i Den Lille Magellanske Sky. Henrietta Leavitt opdagede, at der er en sammenhæng mellem lysstyrkeperioden  $\tau_0$  og den gennemsnitlige absolute størrelsesklasse  $M$  for de klassiske cepheider, som findes i Den Lille Magellanske Sky. Dette er vist i figuren øverst på næste side.

Af figuren fremgår det, at der er følgende sammenhæng mellem den gennemsnitlige absolute størrelsesklasse  $M$  og lysstyrkeperioden  $\tau_0$  for de klassiske cepheider:

$$d = 10^{\frac{m-M}{5}}$$

8 Ø Eftersis ud fra oversiske cepheider med solutte størrelsesklassen  $\tau_0$  gælder, at /

9 Ø Aflæs på figuren s. di for  $m$  og periode Bestem derefter  $M$  beregn afstanden t nu er kendte størrel

Bevæger vi os la toder til bestemr bage til senere i l

der lige netop  
skab til inten-  
konstanten  $k$ .

, vi ville obser-  
an skrives som:

- 3e For Nordstjernen gælder der, at  $m = 2,3$   
og  $M = -4,6$ . Afstanden til Nordstjernen  
kan da beregnes til:

$$d = 10^{\frac{2,3 - (-4,6) + 5}{5}}$$

eller

$$d = 240.$$

Det betyder, at afstanden fra Jorden til Nord-  
stjernen er 240 parsec.

- 4ø Sirius har en tilsyneladende størrelsesklasse på  
-1,46 og en absolut størrelsesklasse på 1,4.

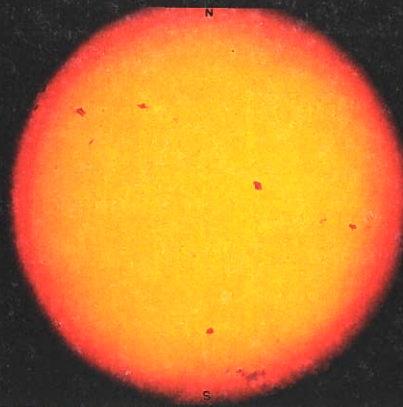
Beregn afstanden til Sirius og sammenlign  
med resultatet i eksempel 1. 2,67

- 5ø Proxima Centauri har en afstand på  
1,31 parsec til Jorden. Den absolutte  
størrelsesklasse er 11,05.

Beregn stjernens tilsyneladende størrelses-  
klasse.

- 6ø Solen har en tilsyneladende størrelsesklasse  
på -26,82 og en absolut størrelsesklasse på  
4,75.

Bestem afstanden til Solen.



Fuldmånen har en tilsyneladende størrelses-  
klasse på -12,7. Afstanden til Månen er  
384.000 km. Beregn fuldmånens absolutte  
størrelsesklasse.

ø7



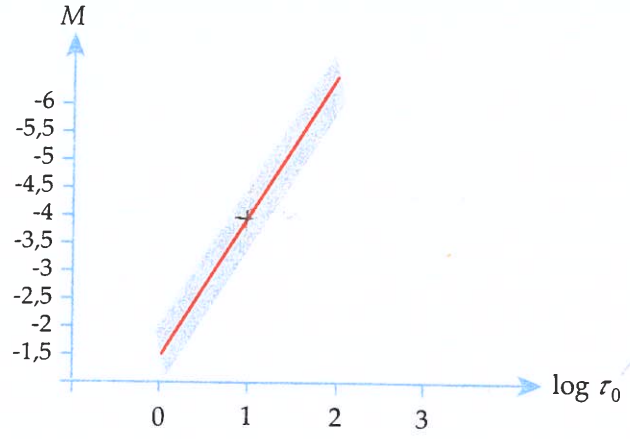
## Cepheidemetoden

Metoden med at bestemme en stjernes absolutte størrelsesklasse  $M$  ved hjælp af spektralundersøgelser benytter astronomerne kun, når de bestemmer afstande til stjerner i Mælkevejen. For at bestemme afstande inden for Den Lokale Hob benyttes den såkaldte *cepheidemetode*, som vil blive omtalt i det følgende.

Cepheiderne er en gruppe stjerner, som varierer regelmæssigt i lysstyrke med perioder mellem 1 døgn og 500 døgn. Det var den engelske amatør-astronom John Goodricke, der i 1784 opdagede, at stjernen  $\delta$ -Cepheide var en variabel stjerne. Figuren på næste side viser variationen i den tilsyneladende-lysstyrke  $m$  som funktion af tiden  $\tau$  for  $\delta$ -Cepheide. Det har vist sig, at der er en del andre stjerner, som opfører sig ligesom  $\delta$ -Cepheide. Disse stjerner kaldes under et for cepheider.

$\delta$ -Cepheiderne tilhører de såkaldte klassiske cepheider. Der findes to forskellige typer cepheider: de klassiske cepheider og W-Virginis stjerner. Cepheidernes opførsel er meget mærkelig. Som det fremgår af figuren, tager lysstyrken kraftigt for efter at aftage i et noget langsommere tempo. Vi siger, cepheiderne pulserer.

Absolut størrelsesklasse  $M$



(Det skraverede område angiver usikkerheden).

$$M = -2,5 \cdot \log \tau_0 - 1,5$$

Ved at antage, at de klassiske cepheider i resten af Universet opfører sig på samme måde som cepheiderne i Den Lille Magellanske Sky, kan vi udregne afstandene til de pågældende cepheider. Når lysstyrkeperioden  $\tau_0$  er kendt for en cepheide, kan vi bestemme den gennemsnitlige absolutte størrelsesklasse  $M$ . Da vi også kan bestemme den gennemsnitlige tilsyneladende størrelsesklasse  $m$ , kan vi bestemme afstanden til cepheiden ved hjælp af afstandsformlen:

$$d = 10^{\frac{m-M+5}{5}} \text{ parsec}$$



Den Lille Magellanske Sky med mange cepheider.

Man var interesseret i at benytte tilstandene til at bestemme afstanden til den Lille Magellanske Sky. Cepheiderne i den Lille Magellanske Sky pulserer på en måde, som gør det muligt at bestemme deres absolutte størrelsesklasse  $M$  ud fra deres lysstyrkeperiode  $\tau_0$ . I figuren ses en graf over den absolutte størrelsesklasse  $M$  som funktion af  $\log \tau_0$ .

Man kan bestemme afstanden til cepheiderne i den Lille Magellanske Sky ved hjælp af afstandsformlen.

|  |   |            |
|--|---|------------|
| <p>8 Ø Eftersom ud fra ovenstående graf, at for klassiske cepheider med den gennemsnitlige absolutte størrelsesklasse <math>M</math> og lysstyrkeperioden <math>\tau_0</math> gælder, at <math>M = -2,5 \cdot \log \tau_0 - 1,5</math>.</p>  | <p>I Andromeda-galaksen observeres en <math>\delta</math>-Cepheide med en gennemsnitlig tilsyneladende størrelsesklasse <math>m = 18,4</math> og en periode på <math>\tau_0 = 49,8</math> døgn.</p> | <p>Ø10</p> |
| <p>9 Ø Aflæs på figuren s. 220 en gennemsnitsværdi for <math>m</math> og perioden <math>\tau_0</math> for <math>\delta</math>-Cepheide. Bestem derefter <math>M</math> ved hjælp af øvelse 8 og beregn afstanden til cepheiden, idet <math>m</math> og <math>M</math> nu er kendte størrelser.</p> | <p>Beregn <math>M</math> og bestem afstanden til Andromedagalaksen.</p>   |            |

Bevæger vi os længere ud end Den Lokale Hob, må vi benytte mere usikre metoder til bestemmelse af afstande til de fjerneste galakser. Dette vil vi vende tilbage til senere i kapitlet.