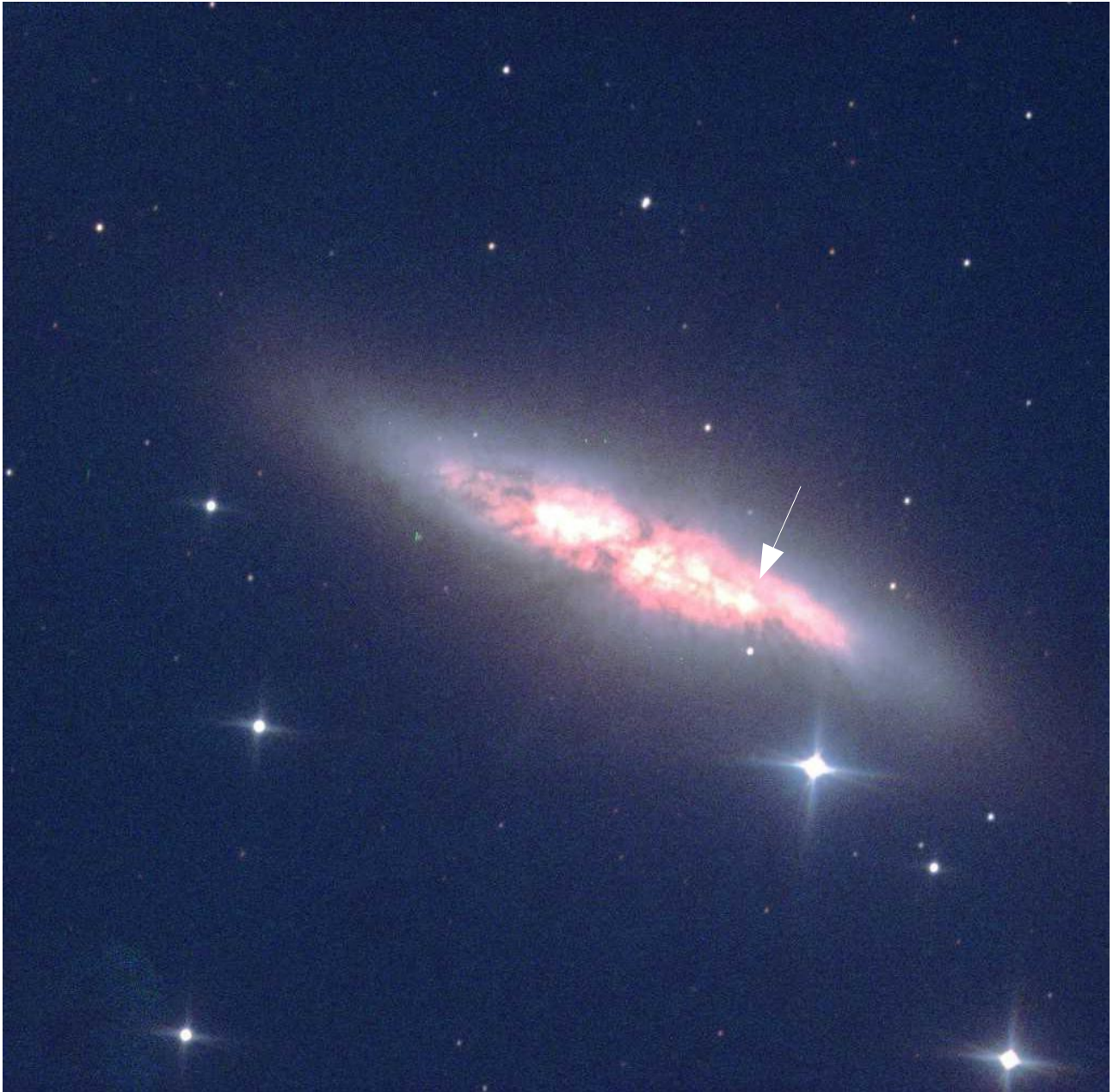


Supernovalyskurve i M100



M82. Faulkes Telescope. (Billedet taget af Blairgowrie High School, 24/1-2014.)

**Af Michael A. D. Møller
Rosborg Gymnasium og Hf-kursus
Marts 2014**

Lyskurve for supernovaen i M100

Formål

I denne øvelse skal du bestemme en lyskurve for en supernova. Data er vedlagt for M100. Dataene og ideen til øvelsen er leveret af Faulkes Teleskopet. [1]

Teori

Stjerner, der eksploderer kaldes for supernovaer af typen II. Er den eksploderende stjerne meget stor kaldes eksplosionen en type Ib-eksplosion, og den efterlader også en neutronstjerne. Hvis en hvid dværg eksploderer kaldes eksplosionen for Ia, og den efterlader ingen neutronstjerne. Et eksempel på en lyskurve for forskellige typer supernovaeksplosioner kan ses i illustration 1.

De forskellige typer har hver især den samme absolutte størrelsesklasse, så man kan bruge dem til at bestemme afstande til fjerntliggende galakser. (Supernovaeksplosionerne ligger oftest i en galakse.)

I denne øvelse skal vi prøve at finde toppen af lyskurven for en supernovaeksplosion.¹

Vedlagt i arkivet er 6 billeder fra M100. De kan bruges til at finde toppen af lyskurven, men der er ikke nok billeder til at lave en detaljeret lyskurve. For M100s tilfælde er der også en kendt stjerne med en kendt størrelsesklasse $R=14,4$. Det er altså muligt at lave en lyskurve med standardstørrelsesklasse op ad 2. akse.

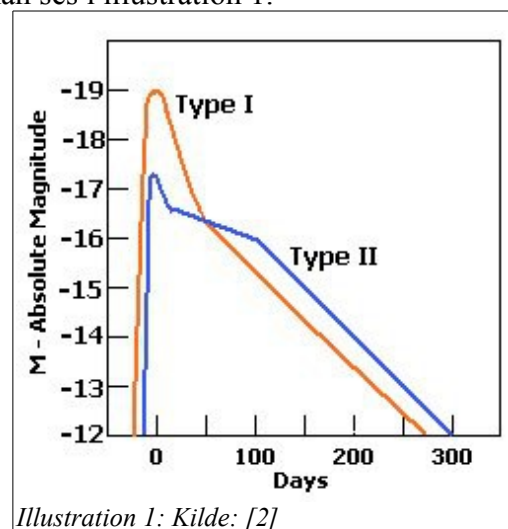


Illustration 1: Kilde: [2]

Den absolutte størrelsesklasse i R-båndet for supernovaer er anført i tabel 1.

SN Ia	$M_R=-19,6$.	$M_R=-19,24$.
SN I b/c	$M_R=-18,1$.	$M_R=-17,74$.
SN II	$M_R=-17,5$.	$M_R=-17,14$.

Tabel 1: Der er en usikkerhed på ca. 1 størrelsesklasse på alle tabelværdierne. Den midterste kolonne angiver absolutte størrelsesklasser for $H_0=57 \text{ km}/(\text{sMpc})$. [5] Den sidste kolonne angiver de absolutte størrelsesklasser tilpasset en Hubblekonstant på $H_0=67,3\pm 1,3 \text{ km}/(\text{sMpc})$. [6] Læseren kan se en beregning i boks 1. Andre kilder giver nogenlunde konsistente absolutte størrelsesklasser, men de har alle usikkerheder på ca. 1^m . Se [7] og henvisninger deri.

Afstandsformlen er som bekendt $m - M = 5 \cdot \log(d) - 5$, hvis vi antager, at der ikke er kosmologisk absorption mellem galaksen og os. Dvs. for det røde filterområde kan vi skrive

$$R - M_R = 5 \cdot \log(d) - 5 \Leftrightarrow d = 10^{(R - M_R + 5)/5}.$$

¹ Finder man lyskurvedata for en supernova over et langt tidsrum, bliver det muligt at bestemme om der er tale om en SNI eller en SNII ved at analysere formen for lyskurven.

Boks 1 At korrigere absolutte størrelsesklasser for ændret Hubblekonstant

Når man anvender afstandsformlen til at bestemme den absolutte størrelsesklasse, M , for et objekt kræves afstanden naturligvis. Den kan bestemmes ved hjælp af Hubbles lov. Dermed kommer M til at afhænge af Hubble-konstanten, H . Hvis en ny værdi af H bestemmes ændres bestemmelsen af d og dermed M . Herunder ses en beregning på, hvordan man kan tilpasse tabelværdier for M til nye værdier.

$$v = c \cdot z = H \cdot d \wedge m - M = 5 \cdot \log(d) - 5 \Leftrightarrow m + 5 - 5 \cdot \log\left(\frac{c \cdot z}{H}\right) = M.$$

$$m + 5 - 5 \cdot \log\left(\frac{c \cdot z}{H_1}\right) = M_1 \wedge m + 5 - 5 \cdot \log\left(\frac{c \cdot z}{H_2}\right) = M_2 \Rightarrow$$

$$-5 \cdot \log\left(\frac{c \cdot z}{H_1}\right) + 5 \cdot \log\left(\frac{c \cdot z}{H_2}\right) = M_1 - M_2 \Leftrightarrow$$

$$5 \cdot \log\left(\frac{H_1}{H_2}\right) = M_1 - M_2 \Leftrightarrow$$

$$M_2 = M_1 - 5 \cdot \log\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

Lad $H_1 = 57 \text{ km/(sMpc)}$ og $H_2 = 67 \text{ km/(sMpc)}$, så kan vi regne korrektionsleddet ud til at være

$$-5 \cdot \log\left(\frac{57}{67,3}\right) = 0,36.$$

Fremgangsmåde

1. Åbn SalsaJ og marker alle billederne. Træk billederne hen på SalsaJ-vinduet.
2. Efter billederne er indlæst, kan du vælge *Window-Tile*, så alle billederne placeres ved siden af hinanden.
3. Er billederne ikke tydelige, så tryk på *Contrast*-knappen og vælg *Auto* for alle billeder. Brug evt. *Brightness/Contrast*-skyderne, hvis du ikke er tilfreds med det forslag, som *auto*-knappen giver.
4. Du skal nu finde ud af hvor stor blænden til fotometri skal være. Tryk på *Line*-knappen, træk en streg igennem en stjerne, og vælg så *Graph*-ikonet. Du skulle gerne få et billede, der ligner billedet herunder. Udmål hvor mange pixler hele stjernen fylder. Radius for fotometri-blænden svarer til det halve af pixelantallet.
5. Tryk på *Photometry*-opsætningsknappen. Indtast din blænderadius fundet fra punkt 4.
6. Identificer referencestjernen og

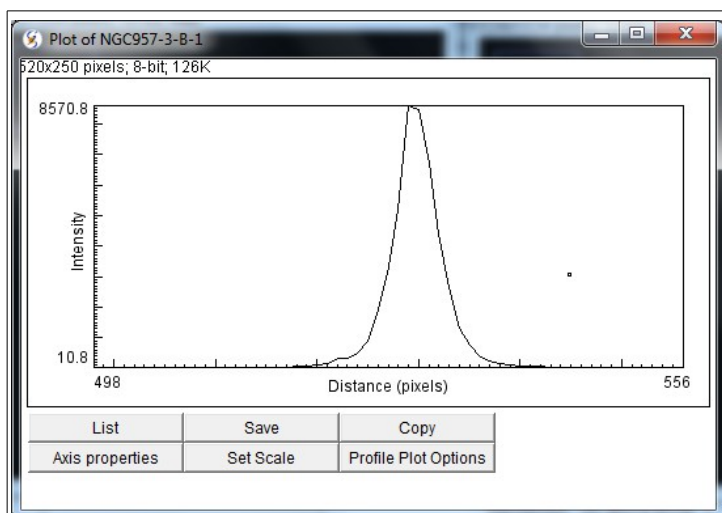


Illustration 2: Et profilplot af en stjerne. Stjernes lys burde i teorien ligge i en enkelt pixel, men i virkeligheden er lyset spredt ud over flere pixler. Det er vigtigt, at man vælger en blænderestørrelse, der er stor nok til at man får målt alt lyset fra stjernen.

- supernovaen ved at bruge illustration 3 for M100.
7. Tryk på *Photometry*-knappen og mål intensiteten for referencestjernen og Supernovaen. Gør det for alle billederne.
 8. Undersøg FITS-headeren (*Ctrl+I*) for at finde tidspunktet for, hvornår billederne er taget. Aflæs også eksponeringstiden.
 9. Noter alle data ned i et regneark.
 10. Beregn størrelsesklasserne, R , for målingerne og tegn en (t, R) -kurve.²
 11. Kan du se ud fra grafen hvilken type supernova, der er tale om?
 12. Aflæs største lysstyrke (mindste R -værdi) og benyt afstandsformlen til at finde afstanden til galaksen. (Overvej hvilken M_R -værdi, du vil bruge.) Tabelværdier for afstanden til M100 er $d_{M100} = 20,4 \pm 2,4$ Mpc.[4]

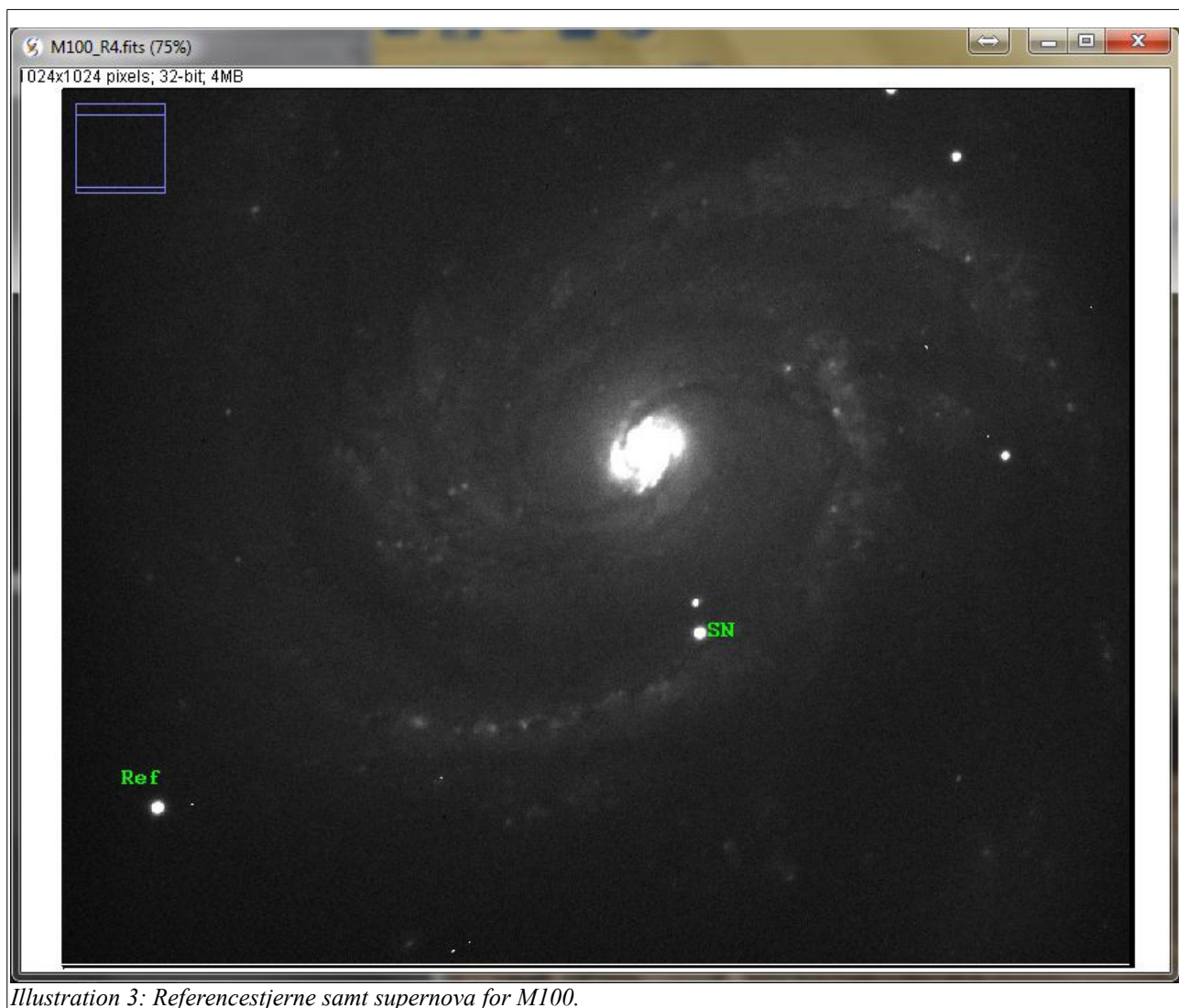


Illustration 3: Referencestjerne samt supernova for M100.

² Se boks 2 for matematikken bagved beregningerne.

Boks 2 At beregne størrelsesklasserne for målingerne

Teleskopet måler intensiteter, som er proportionale med den faktiske intensitet. Udfra disse intensiteter skal man bestemme instrumentstørrelsesklasser samt kalibrere disse til standardværdier. Herunder følger beregningerne. Vi benytter definitionen af størrelsesklasser og regner for størrelsesklasser i det røde filterområde. Dvs. $m=R$.

$$\begin{aligned}
 m = R &= -2,5 \cdot \log(I) + k \wedge R_{ref} = -2,5 \cdot \log(I_{ref}) + k \Leftrightarrow \\
 R - R_{ref} &= (-2,5 \cdot \log(I) + k) - (-2,5 \cdot \log(I_{ref}) + k) \Leftrightarrow \\
 R - R_{ref} &= -2,5 \cdot (\log(I) - \log(I_{ref})) = -2,5 \cdot \log\left(\frac{I}{I_{ref}}\right) \Leftrightarrow \\
 \mathbf{R} &= \mathbf{-2,5 \cdot \log\left(\frac{I}{I_{ref}}\right) + R_{ref}}.
 \end{aligned}$$

Ovenfor er antaget, at referencestjerne ligger i samme billede som objektet – derved er eksponeringstiden den samme og man behøver ikke bekymre sig om ekstinktion, da den er den samme for de to objekter.

Referencer

1. <http://rti.faulkes-telescope.com>
2. <http://www.uni.edu/morgans/astro/course/Notes/section2/new9.html>
3. "Detection of the Red Giant Branch Stars in M82 Using the Hubble Space Telescope," af Shoko Sakai og Barry F. Madore, Ap. J. **526** pp. 599-606, 199. <http://iopscience.iop.org/0004-637X/526/2/599/fulltext/>
4. "Cepheid Distance to M100 in Virgo Cluster," af D. Narasimha & Anwesh Mazumdar, <http://arxiv.org/abs/astro-ph/9803195>
5. "The Supernova rate in Star Burst Galaxies" af Michael William Richmond http://stupendous.rit.edu/richmond/snrate_preprint.ps
6. "Planck 2013 Results XVI: Cosmological Parameters," af P. A. R. Ade et al., Astronomy & Astrophysics manuscript no. draft p. 1011, 22nd March 2013. (C) Eso.org. (Kilden angiver at H_0 er stærkt afhængig af den valgte model.)
7. "A Luminous and Fast-Expanding Type Ib-Supernova SN2012AU," af Katsutoshi Takaki et al. 24/6-2013. <http://arxiv.org/abs/1306.5490v1> (Accepted to ApJL.)