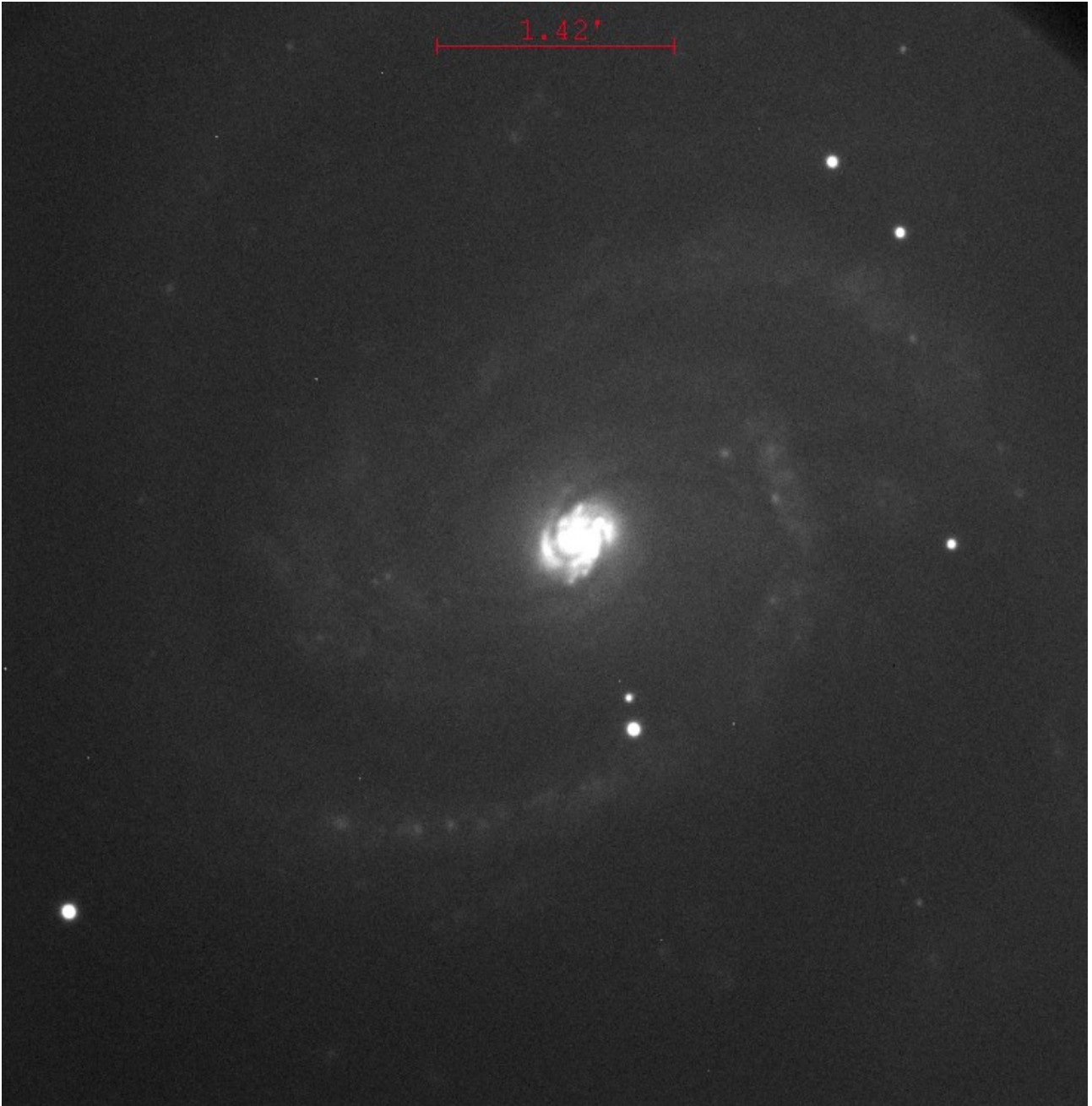


# Supernovalyskurve i M100



M100. Faulkes Telescope. Kilde: [1]

Af Michael A. D. Møller  
Rosborg Gymnasium og Hf-kursus  
Marts 2014  
Rettelser september 2022

# Lyskurve for supernovaen i M 100

## Formål

I denne øvelse skal du bestemme en lyskurve for en supernova. Data er vedlagt for M 100. Dataene og ideen til øvelsen er leveret af folkene bag *Faulkes Teleskopet*. [1]

## Teori

En stjerne, der eksploderer kaldes for en supernova af type II og den efterlader en neutronstjerne. 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 type 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 næsten samme absolutte størrelsesklasse<sup>1</sup>, så man kan bruge dem til at bestemme afstande til fjerntliggende galakser. (Supernovaeksplosionerne ligger nærmest altid i en galakse.)

I denne øvelse skal vi prøve at finde toppen af lyskurven for en supernovaeksplosion og derefter finde afstanden til galaksen.<sup>2</sup>

Vedlagt i arkivet er 6 billeder fra M 100. De kan bruges til at finde toppen af lyskurven, men der er ikke nok billeder til at lave en detaljeret lyskurve. For M 100s tilfælde er der også en kendt stjerne med en kendt størrelsesklasse<sup>3</sup>  $R = 14,19$ . Det er altså muligt at lave en lyskurve med standardstørrelsesklassen som funktion af tiden.

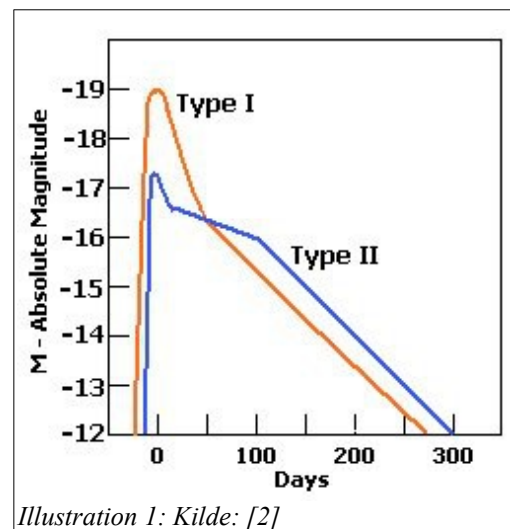


Illustration 1: Kilde: [2]

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  $H_0 = 57 \text{ km/(sMpc)}$ . [5] Den sidste kolonne angiver de absolutte størrelsesklasser tilpasset en Hubblekonstant på  $H_0 = 67,3 \pm 1,3 \text{ km/(sMpc)}$ . [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

$$R - M_R = 5 \cdot \log(d) - 5 \Leftrightarrow d = 10^{(R - M_R + 5)/5} \quad (1)$$

1 Se evt. øvelsen *Supernovalyskurve for NGC 5643*, hvis du vil se en mere præcis afstandsbestemmelse.

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

3 Bemærk, at der måles i det røde  $R$ -bånd.

### 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  $H_1 = 57$  km/(sMpc) og  $H_2 = 67,3$  km/(sMpc), så kan vi regne korrektionsleddet ud til at være  $-5 \cdot \log\left(\frac{57}{67,3}\right) = 0,36$ .

## Fremgangsmåde

Inden du går i gang, skal du vide lidt om *AstroImageJ*. På illustration 4 kan du se billedvinduet, når alle billeder er indlæst som en sekvens. Bemærk de 5 markerede knapper. Det er dem, du skal bruge i målingerne.

1. Åbn *AstroImageJ* og vælg *File-Import-Image Sequence*. Klik hen på mappen med billederne og indlæs dem.
2. Er billederne ikke tydelige, så flyt på skyderne i bunden af billederne.
3. Du skal nu finde ud af hvor stor blænden til fotometri skal være. Tryk på *Line*-knappen i kommandovinduet og træk en streg igennem en stjerne. Vælg så *Analyze-Plot Profile*-kommandoen. (Genvej: *CTRL+K*.) Du skulle gerne få et billede, der ligner illustration 2. Udmål hvor mange pixler hele stjernen fylder. Radius for fotometri-blænden svarer til

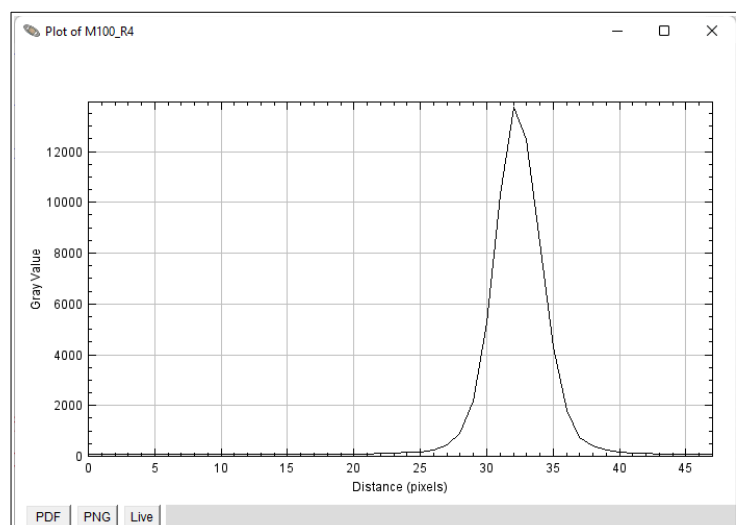


Illustration 2: Et profilplot af en stjerne. Stjernens lys burde i teorien ligge i en enkelt pixel, men i virkeligheden er lyset spredt ud over flere pixler. Det er vigtigt, at man vælger en blænde-størrelse, der er stor nok til at man får målt alt lyset fra stjernen.

det halve af pixelantallet. Tjek om den fundne radius passer på et af de andre billeder. Det bør den gøre.

4. Tryk på *Photometry*-opsætnings-knappen i billedvinduet. (Den hedder *Set*.) Indtast din blænderadius fundet fra punkt 3.
5. Identificer referencestjernen og supernovaen ved at bruge illustration 3 for M 100.
6. Marker hhv. supernovaen og referencestjernen, og tryk på *SHIFT* + *venstre museknap* for at måle intensiteten for referencestjernen og supernovaen.
7. Undersøg FITS-headeren (*Ctrl+I*) for at finde *tidspunktet* for, hvornår billedet er taget og aflæs også *eksponeringstiden*. Gentag punkt 6 og 7 for de øvrige billeder.
8. Noter alle data ned i et regneark.
9. Beregn størrelsesklasserne,  $R$ , for målingerne og tegn en  $(t, R)$ -kurve.<sup>4</sup> Husk at vende 2.aksen om, så stigende lysstyrke går opad på aksen. (Dvs.  $R$  falder.)
10. Kan du se ud fra grafen hvilken type supernova, der er tale om?
11. Vurder ud fra grafen hvad der er den største tilsyneladende lysstyrke (mindste  $R$ -værdi) og benyt formel (1) til at finde afstanden til galaksen. (Andre målinger viser, at der er tale om en SN af type Ia.) Tabelværdier for afstanden til M100 er  $d_{M100} = 20,4 \pm 2,4$  Mpc.[4]

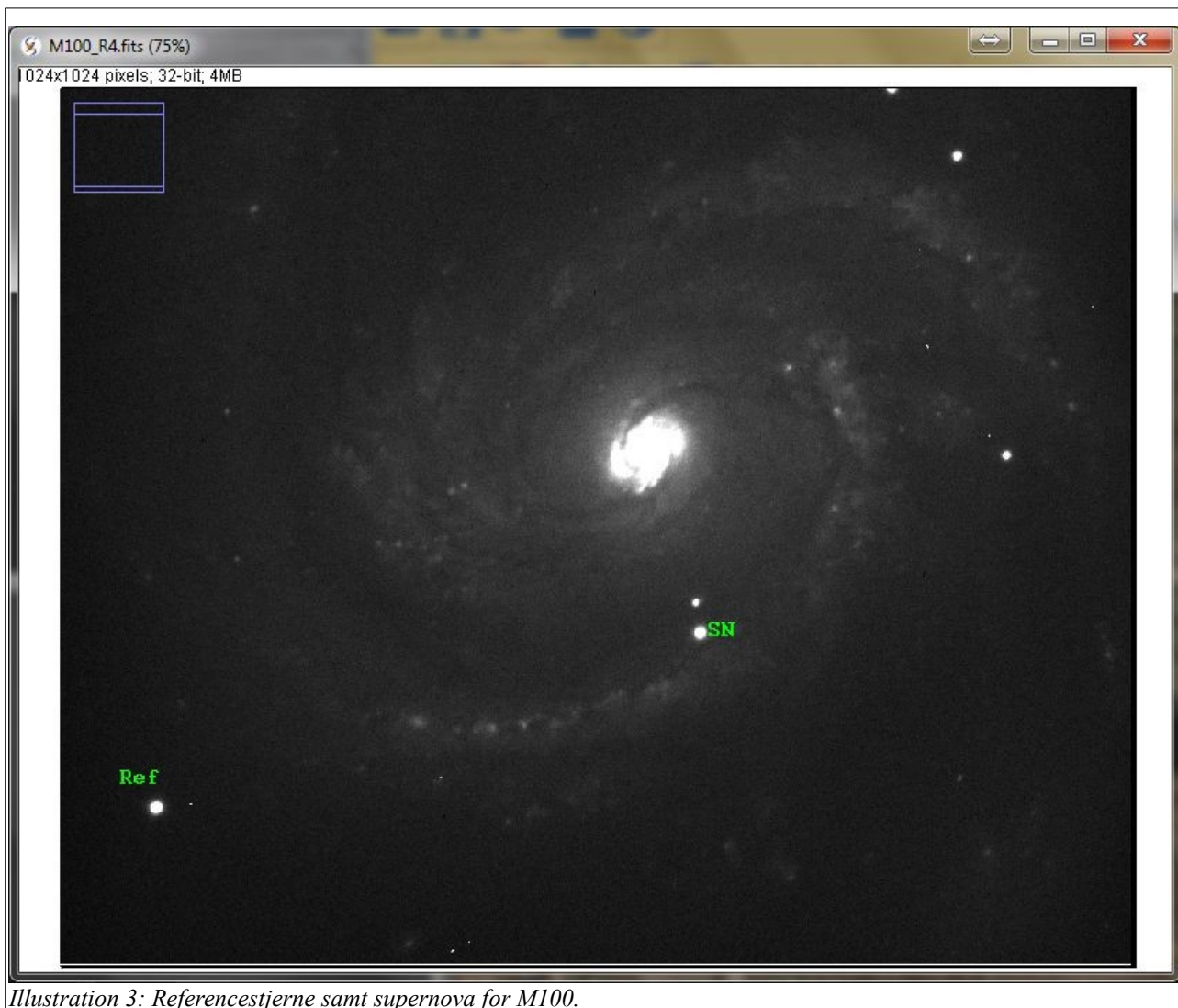


Illustration 3: Referencestjerne samt supernova for M100.

4 Se boks 2 for matematikken bagved beregningerne.

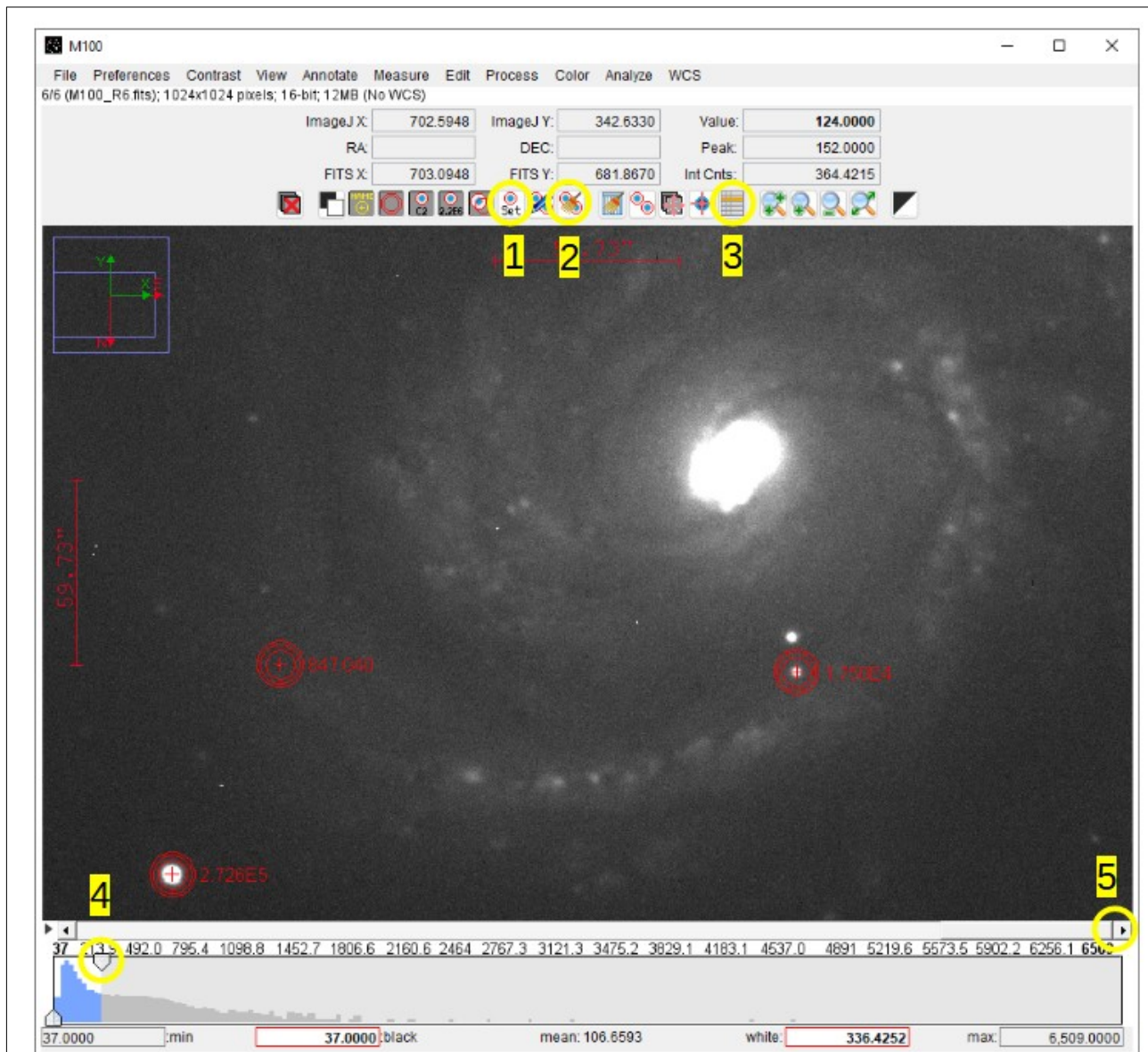


Illustration 4: Et skærmbillede af galaksen med supernovaen.

- 1: Her indtastes blønderadius samt radierne for den skal, der skal måle baggrundsstrålingen.
- 2: Her kan man slette de røde markeringer på selve billedet.
- 3: Her kan man få vist FITS-headeren med information om blandt andet datoen for billedet.
- 4: Denne skydebar kan flyttes indtil billedet ser pænt ud.
- 5: Denne knap giver mulighed for at springe et eller flere billeder frem.

## 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.  $m = R$ .

$$m = R = -2,5 \cdot \log(I) + k \wedge R_{ref} = -2,5 \cdot \log(I_{ref}) + k \Leftrightarrow$$

$$R - R_{ref} = (-2,5 \cdot \log(I) + k) - (-2,5 \cdot \log(I_{ref}) + k) \Leftrightarrow$$

$$R - R_{ref} = -2,5 \cdot (\log(I) - \log(I_{ref})) = -2,5 \cdot \log\left(\frac{I}{I_{ref}}\right) \Leftrightarrow$$

$$R = -2,5 \cdot \log\left(\frac{I}{I_{ref}}\right) + R_{ref}.$$

Ovenfor er antaget, at referencestjernen 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](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, 22<sup>nd</sup> 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.)