

Afstanden til NGC 691 ved måling på SN 2005W. August 2022.

Afstanden til NGC 691 ved måling på SN2005W

Denne øvelse blev oprindeligt produceret af J.-C. Mauduit & P. Delva, inspireret af en tilsvarende øvelse af N. Ysard, N. Bavouzet & M. Vincendon i Frankrig. Øvelsen er baseret på 2 billeder leveret fra det professionelle arkiv *Digital Sky Survey* (fotografiske plader på et 48" Schmidt-teleskop) (48" ~ 1,2 m) og af Marc Serreau (fransk amatørastonom), som har anvendt et C8-teleskop. (8" ~ 20 cm). Kvaliteten af billederne er begrænset, men det er alligevel muligt at udføre astronomiske målinger på dem.

Teksten på de følgende sider er en omskrivning af min oprindelige oversættelse af originalteksten, som var lavet til SalsaJ.



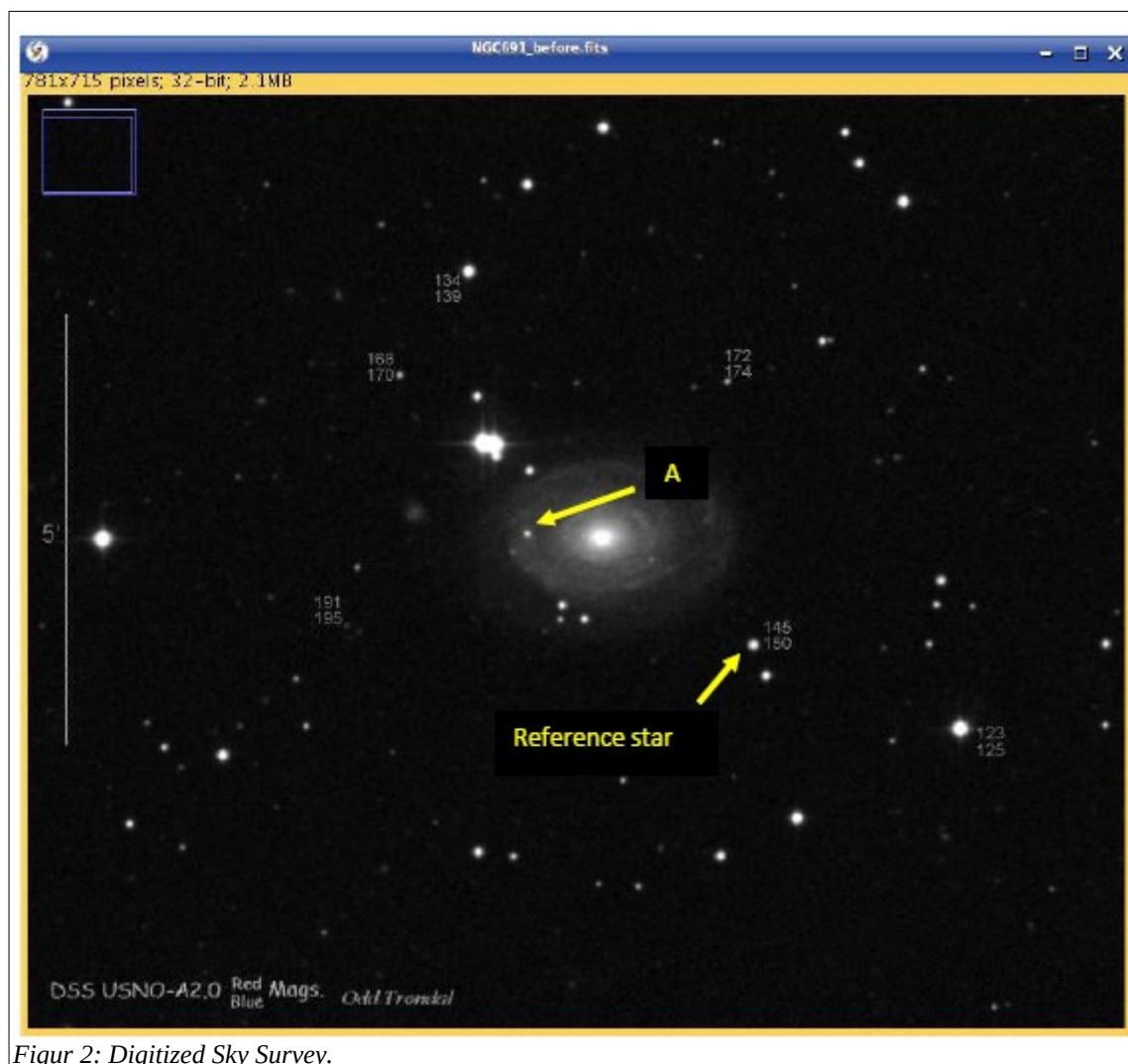
Figur 1: Billede taget af Marc Serreau.

Af Michael Andrew Dolan Møller, august 2022.

Supernovaer af type Ia kan anvendes som standardlys til at måle afstanden, D , til galakser. Det er én metode blandt flere (se f. eks. øvelserne om *Cepheidemetoden* eller *Supernovalyskurve i NGC 5643*) til at skalere Universet. Metoden gør det muligt at studere meget fjerne objekter, fordi supernovaer er meget lysstærke. Den maksimale lysstyrke af supernovaer af type Ia (kaldet SNIa i resten af teksten) er ca. den samme for alle SNIa¹. SNIa kaldes en "standardkerte" og er således en god afstandsindikator. Den absolutte lysstyrke for en SNIa er $L = (1,4 \pm 0,4) \cdot 10^{36}$ W. (Ref: Allens Astrophysical Quantities).

Jo fjernere en SNIa er, des svagere er dens tilsyneladende lysstyrke/flux. Det er således muligt at bestemme afstanden til en SNIa ved at sammenligne dens tilsyneladende luminositet med dens absolutte luminositet. Lyset breder sig jævnt i alle retninger, og derfor gælder afstandskvadratloven

$$l = \frac{L}{4 \cdot \pi \cdot D^2} \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{L}{4 \cdot \pi \cdot l}} \quad (1)$$



Figur 2: Digitized Sky Survey.

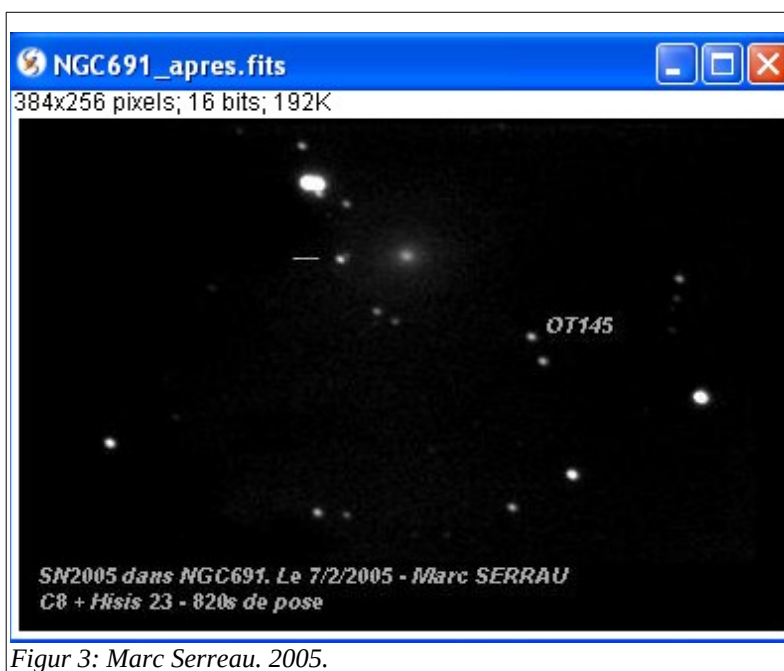
1 Maksimallysstyrken varierer faktisk en smule, som man kan læse mere om i *Supernovalyskurve i NGC 5643*.

Hvis du aldrig har arbejdet med *AstroImageJ* før, anbefales det, at du først laver opgaven *Introduktion til AstroImageJ*. Alternativt kan du gennemse siderne 6-7 for at lære lidt om, hvordan man laver fotometri i *AstroImageJ*.



NB: Sørg for at der er skriveadgang til billedmapperne. Ellers crasher programmet, når data skal skrives til en fil.

I 2005 eksploderede en SNIa i galaksen NGC 691. Dens navn er SN2005W. Du skal bestemme afstanden til NGC 691 ved at undersøge lyset fra SN2005W.

1. Åbn billedfilen *images_snia/NGC691_13111953.fits* med *AstroImageJ*. På billedet, som er taget 13/11-1953, kan man finde en klar stjerne, som er mærket med bogstavet *A*, på venstre side af galaksen. (Se figur 2.)
2. Benyt figur 2 til at identificere stjerne *A* samt referencestjernen på det indlæste billede.
3. Benyt linieværktøjet samt profilværktøjet fra kommandomenuen til at finde punktspredningsfunktionen for en stjerne, og bestem derefter en passende blænderadius samt baggrundsradier til brug for fotometrien. (Se evt. pp. 6-7.)



Figur 3: Marc Serreau. 2005.

4. Skriv dine radiusværdier ind ved at trykke på *Change Aperture Settings*-knappen. Knappen findes i *billed* menuen, og den ser sådan her ud .
5. Mål intensiteten i enheden pixler af stjerne *A* og referencestjernen. Det gøres ved at trykke på knappen *Photometry*  og derefter klikke i midten af stjernene. En fil åbner og angiver resultaterne. Du kan finde dem i kolonnen *Source-Sky*. Skriv tallene herunder.

$Pixeltal_A =$ _____.

$Pixeltal_{ref} =$ _____.

6. Referencestjernens tilsyneladende luminositet i SI-enheder er kendt, $I_{ref} = 5,24 \cdot 10^{-14} \text{ W/m}^2$. Beregn stjerne *A*s tilsyneladende luminositet og skriv resultatet herunder.

$I_A =$ _____

SN2005W eksploderede ved siden af stjerne *A*, og lyset fra disse to stjerner er overlejret på billedet. Det er altså ikke muligt at måle intensiteterne hver for sig.

7. Åbn billedfilen *images_snia/NGC691_07022005.fits*. Dette billede er taget efter eksplosionen på SN2005W, som er placeret meget tæt på stjerne *A*.
8. Identificer objekterne i de 2 billeder.

For at identificere de forskellige objekter på området, kan du evt. justere kontrasten ved at bruge funktionen i menuen *Image/Adjust/Brightness/Contrast*.

9. Find atter punktspredningsfunktionen og indtast din fundne værdi samt baggrundsradier i *Set photometry*.
10. Mål pixelværdierne for SN2005W og stjerne A samt referencestjernen. Skriv dem ned herunder.

$$\mathbf{Pixeltal}_{A+SN} = \underline{\hspace{2cm}}. \quad \mathbf{Pixeltal}_{Ref} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

11. Beregn den samlede tilsyneladende luminositet fra SN2005W og stjerne A.

$$I_{Tot} = I_{SN2005W} + I_A = \underline{\hspace{2cm}}.$$

12. Beregn tilsyneladende luminositet af supernovaen: $I_{SN2005W} = \underline{\hspace{2cm}}$.
13. Den absolutte luminositet L af SNIa er angivet i indledningen. Benyt denne til at beregne afstanden² til NGC 691:

$$D_{NGC\ 691} = \underline{\hspace{2cm}} \mathbf{m} = \underline{\hspace{2cm}} \mathbf{Mpc}.$$

14. Da du kender usikkerheden på L , skal du også estimere nøjagtigheden af $D_{NGC\ 691}$.
15. Du kan sammenligne dine resultater med de professionelle astronomers målinger, der findes på NASA/IPAC ekstragalaktisk Database (NED).

<http://nedwww.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>

Metoden, du har brugt i denne øvelse, kan bruges til at lave endnu mere præcise afstandsmålinger, såfremt man er i stand til at måle mange billeder af supernovaen. Det kan du forsøge dig med i øvelsen *Supernovalyskurve for NGC 5643*.

På næste side kan du læse en lille astronomihistorie.

History

Saul Perlmutter



Brian Schmidt



Adam Riess



Supernova
Cosmology Project



High-z Supernova Search Team

I 1998 begyndte begge hold at studere SNIa-positioner i Universet. Udfordringen var svær: Der forekommer kun én SNIa pr. galakse pr. årtusinde!

Heldigvis er der en masse galakser i Universet. Ved at studere tusindvis af galakser, lykkedes det dem at finde nok SNIa'er til at kunne indse noget: De fjerneste galakser er mere lyssvage end forventet!

Samtidig indså de to hold, at kun et univers i accelereret ekspansion kan forklare denne effekt.

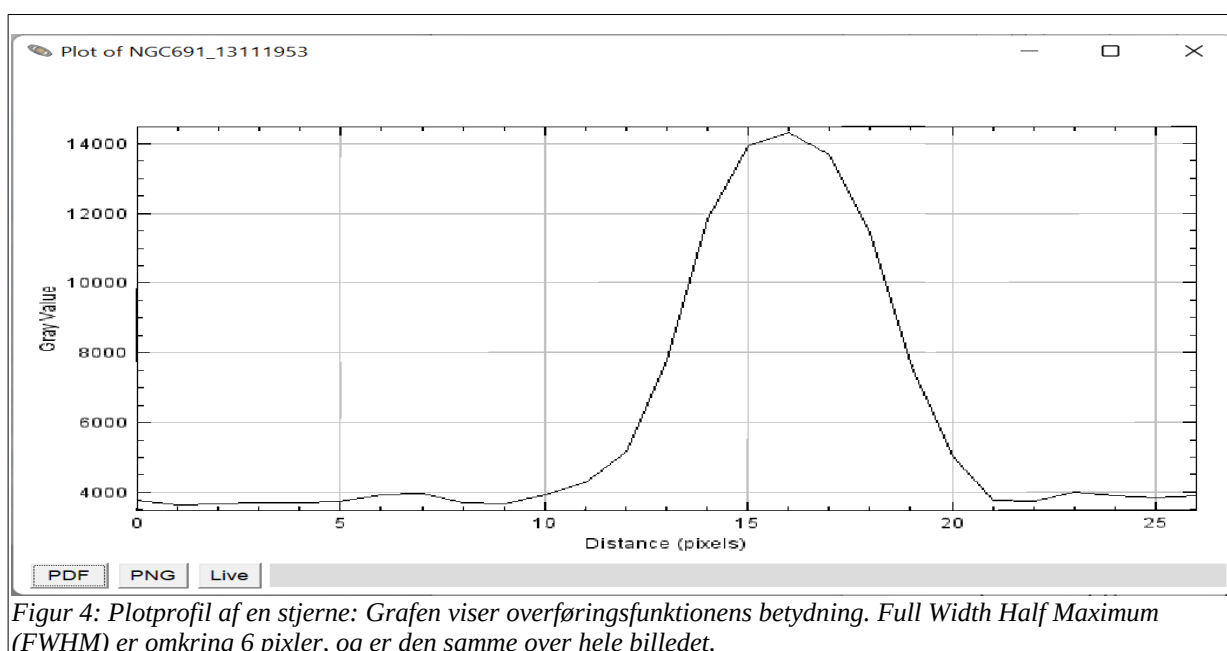
Deres opdagelse kunne kun forklares teoretisk ved, at universet er fyldt af en speciel form for energi, der "trækker" galakserne fra hinanden. Denne energi kaldes mørk energi. Det åbnede så mange nye perspektiver i kosmologi, at begge hold i 2011 fik tildelt Nobelprisen.

Grundlæggende stjernefotometri

Punktspredningsfunktionen

I *AstroImageJ* kan vi udføre fotometri på stjerner. Ideen er at beregne instrumentfluxen³ (eller intensiteten) af en stjerne. Da stjernerne er meget fjerntliggende, er de (selv fra rummet) at se som punktkilder for iagttageren. Men vores instrumenter (refraktor eller spejlteleskop) påvirker målingerne, hvilket man kalder *transferfunktionen* (overføringsfunktionen), der indeholder de effekter kikkert+kamera (fejl i spejlene, kvalitet af overfladen etc.) samt atmosfæren (turbulens) bevirker.

Pga. Disse effekter spredes stjernens lys ud over flere billedelementer (pixler) på CCD-detektoren. Derfor skal vi vide hvor stort et område, vi skal tælle pixler for at få alt lyset med.



Figur 4: Plotprofil af en stjerne: Grafen viser overføringsfunktionens betydning. Full Width Half Maximum (FWHM) er omkring 6 pixler, og er den samme over hele billedet.


Betragt figur 4. For at lave denne graf, som kaldes for *punktspredningsfunktionen*, har vi brugt *linieværktøjet*, som findes i *kommandovinduet* i *AstroimageJ*. Først trækkes en linie hen over en stjerne, og så trykker man på *CTRL+K*. Derved laves grafen. Nu kan man måle den diameter, hvori al stjernens lys er aflejret, og derefter er det nemt at beregne radius. For at kunne fratække baggrundsslyset, skal man også vælge radii for en ring rundt om måleblænden. De skal naturligvis være større end blænderadius.

I princippet bør du bruge den samme stjerne radius *Star's radius* for alle dine målinger på *et enkelt* billede, da opløsningen (og overførselsfunktionen) er den samme over hele billedet (medmindre der er nogle lokale forstyrrelser i billedet). Hvis man, som i denne øvelse bruger 2 billeder taget med forskelligt udstyr og til forskellige tider, ændres punktspredningsfunktionen og derfor skal man måle radierne for begge billeder.

Du kan kontrollere opløsningen af dit billede ved at tage et tværsnit af én stjerne: For et givent billede bør FWHM (Full Width Half Maximum) være den samme for alle stjerner.

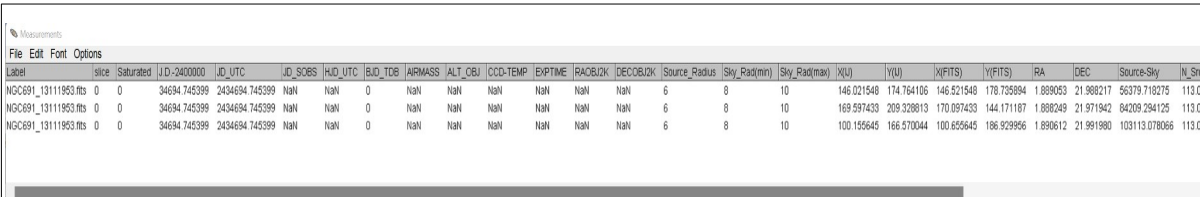
³ CCD-kameraet måler et tælleantal, der er proportional med det faktiske antal udsendte fotoner i et givet tidsrum.

Fotometrisk måling

Fotometriværktøjet beregner summen af pixelfluxen (eller intensiteten) og fratrækker bidrag fra baggrunden. (Månelys samt anden lysforurening). Når man har indtastet blænde- og himmelradier i *Set Photometry*, som kan tilgås i *billedmenuen* via knappen  kan man derefter trykke på

Photometry-knappen i *kommandovinduet* for *AstroImageJ*. Ved tryk i midten af de stjerner, som man ønsker at udføre fotometri på, laver programmet en opmåling, og alle resultater gemmes i en fil, hvis form er vist på figur 5. I denne øvelse er det kolonnen *Source-Sky*, som har de ønskede data.

Det er i øvrigt muligt at gemme indholdet af Fotometri-vinduet som en csv-fil.



Label	slice	Saturated	ID_2400000	ID_UTC	ID_SCBS	HID_UTC	BID_TDB	AIRMASS	ALT_OBJ	CCD-TEMP	EXPTIME	RAOBJ2K	DEC OBJ2K	Source_Radius	Sky_Pad(min)	Sky_Pad(max)	X(U)	Y(U)	X(FITS)	Y(FITS)	RA	DEC	Source-Sky	N_Sig
NGC691_13111953	0	0	34694.745399	2434694.745399	NaN	NaN	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	6	8	10	146.021548	174.764106	146.521548	178.735994	1.889053	21.988217	56379.718275	113.09
NGC691_13111953	0	0	34694.745399	2434694.745399	NaN	NaN	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	6	8	10	169.597433	209.328813	170.097433	144.171187	1.888249	21.971942	84209.294125	113.09
NGC691_13111953	0	0	34694.745399	2434694.745399	NaN	NaN	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	6	8	10	100.155645	166.570044	100.655645	166.929956	1.890612	21.991990	103113.078066	113.09

Figur 5: Måletabellen med mange forskellige data. Kolonnen *Source-Sky* giver den målte tilsyneladende luminositet fratrukket baggrundsstrålingen.