

Kometerne PANSTARRS & ISON

THOMAS AMBY, Marselisborg Gymnasium

Introduktion

Året 2013 har budt på flere interessante oplevelser for den ivrige amatørastonom. Det har givet astronomerne rundt om i de danske gymnasier lidt mere incitament at brande faget astronomi på. Jeg tænker selvfølgelig på de to kometer som har besøgt vores solsystem i løbet af 2013. Den første, komet vi havde mulighed for at se, var kometen C/2011 L4 PANSTARRS. PANSTARRS var synlig i det tidlige forår.



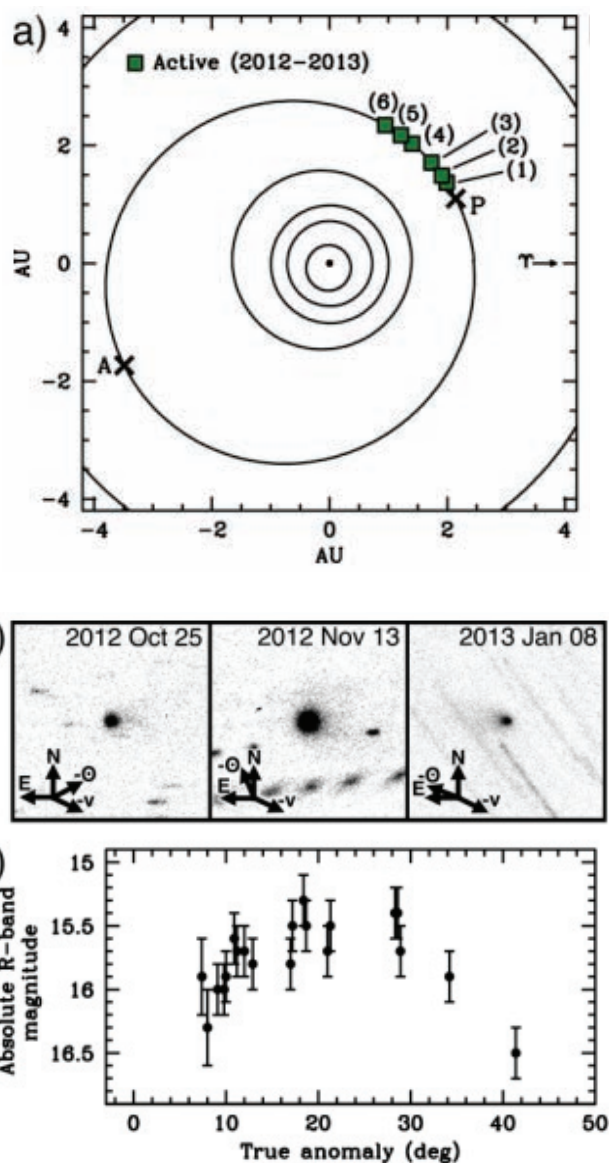
Figur 1
Udsigten til at finde PANSTARRS fra Aarhus.

På figur 1 er hvad vi forventede at kunne se, men i Aarhus, hvor jeg selv var ude, blev PANSTARRS mildest talt en skuffelse. Kometen lod vente på sig, og da der endelig var chance for at spotte den, stod den for lavt på himlen. Anderledes heldige har de været andre steder på kloden. Nedenunder ses kometen i figur 2 taget af Rob Kaufman i Australien og publiceret på Sky and Telescopes hjemmeside.



Figur 2
PANSTARRS, observeret i Australien, Sky & Telescope.

Forskerne har også haft kik på PANSTARRS. På figur 3 ses de data, som forskerne har publiceret. Figuren viser på panel A: Banepositionsplot med Solen som den sorte plet i centrum og banerne for Merkur, Venus, Jorden, Mars, PANSTARRS og



Figur 3
Detaljeret analyse af kometen PANSTARRS, fra Hsieh et al., 2013.

Jupiter vist med sorte linjer. Krydserne markere hhv. Perihelion (P) og Aphelion (A). De grønne firkanter markere observationer fra (1) 6. – 8. oktober 2012, (2) 12. – 25. oktober 2012, (3) 8. – 14. november 2012, (4) 18. – 20. december 2012, (5) 8. januar 2013 og (6) 4. februar 2013.

På Panel B vises sammensatte billeder med PANSTARRS i centrum. Hvert billede er markeret med Nord (N), Øst (E), og antisolar retning ($-\odot$) og den negative heliocentriske hastighed ($-v$). Sluttelig er der på panel C vist den absolutte størrelsesklasse mod anomalien for de anvendte observationer. Det kan findes i artiklen af Hsieh, et al., 2013. Det interessante her er, at de er kommet frem til en størrelsesklasse på ca. 15.5 mag.

Hvorfor skal vi overhovedet kigge efter kometer?

Der kan være mange grunde til, at vi skal ud og kigge på himlen, når vi har mulighed for at se kometer. For det første er det et særsyn at se kometer. Det er fascinerende at observere disse objekter, som kommer så langvejs fra for at besøge os i et kort nu, for derefter at være væk igen i mange år ud i fremtiden.

En af de mest velstuderede kometer er Halleys komet. Denne komet har besøgt det indre solsystem et utal af gange, og dens besøg er beskrevet så langt tilbage i historien som 240 før Kristus. På baggrund af de mange optegnelser af Halleys komets besøg i det indre solsystem har man beskrevet dennes periode til 76 år, (Carroll & Ostlie, 1996).

I forbindelse med, at Halleys komet besøger det indre solsystem omkring år 1303, maler den italienske maler Giotto di Bondone maleriet *Adoration of the Magic* i Scrovegni kirken. På figur 4 ses stjernen over Betlehem tydeligt inspireret af Halleys besøg på nattehimlen blot 2 år tidligere, (Carroll & Ostlie, 1996).

Komet fysik

Vi skal helt frem til år 1950, før vi får den fysiske forklaring på, hvordan kometernes haler formes. Denne bliver givet af Fred L. Whipple. Whipples model giver en forklaring af kometernes fysiske karakteristika samt udviklingen af halerne, når de passerer ind i det indre solsystem, (Carroll & Ostlie, 1996). Whipples model beskriver i det store og hele kometen som en "beskidt snebold".

Denne beskidte snebold danner således kometens kerne, og den har en størrelse på ca. 10 km på tværs. Snebolden består af is med indefrosset støvkorn. Når kometen bevæger sig fra de ydre, kolde egne langt fra Solen til de varmere egne tæt på Solen, begynder isen i kometens kerne at sublimere, hvilket betyder, at støv og gas frigives til at danne en gassky med en radius på godt og vel $1 \cdot 10^6$ km. Den kaldes Coma.

Efterfølgende vil materialet i Comaen reagere med sollyset og solvinden og danne de lange karakteristiske haler, som man forbinder med kometer. Disse haler kan blive op til 1 AE (= $1,469 \cdot 10^{11}$ m). Endvidere ved vi, at Comaen omgives af en halo af hydrogengas. De to komethaler peger altid væk fra Solen.

Det er to uafhængige mekanismer, som er ansvarlige for kometernes to haler. Den ene skyldes strålingstrykket på frigjorte støvkorn, mens den anden skyldes ioners vekselvirkning med solvinden og Solens magnetfelt. Jeg vil ikke gå i så stor detalje med ionhalen, men lad os se på effekten af strålingstrykket på støvkornene. For et ideelt sfærisk støvkorn med radius R i



Figur 4
Adoration of the Magic fra Scrovegni kirken.

afstanden r fra Solen, og som absorberer alt lys, der rammer det, kan vi skrive den kraft, som følger af strålingstrykket, som:

$$F_{rad} = \frac{SA}{c} \cos \theta$$

hvor S er Poynting-vektoren, der beskriver den mængde energi, der bæres af lyset. A er arealet af den flade, som absorberer lyset, c er lysets hastighed, og θ er lysets indfaldsvinkel i forhold til fladens normal. Denne ligning giver os altså den udadrettede kraft, som følger af strålingstrykket. Faktoren $\cos \theta$ betyder, at vi kan anvende støvkornets tværsnitsareal, $\sigma = \pi R^2$, i stedet, når kraften beregnes. Ved at anvende

$$S = \frac{L_{\odot}}{4\pi r^2}$$

som størrelsen af den tidsgennemsnitlige Poynting-vektor, medfører det, at kraften på et støvkorn som følge af strålingstrykket er

$$F_{rad} = \frac{S\sigma}{c} = \frac{L_{\odot}(\pi R^2)}{4\pi r^2 c}$$

Endvidere påvirkes et støvkorn også af Solens massetiltrækning. Såfremt densiteten af støvkornet er ρ , er kornets masse givet ved

$$m_{stov} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

Det medfører, at tyngdekraftspåvirkningen af et støvkorn er givet ved

$$F_g = \frac{GM_{\odot}m_{stov}}{r^2} = \frac{4\pi GM_{\odot}\rho R^3}{3r^2}$$

Tyngdekraften er selvfølgelig rettet mod Solen. Ser vi nu på forholdet mellem de to kræfter, finder vi

$$\frac{F_g}{F_{rad}} = \frac{16\pi GM_\odot R \rho c}{3L_\odot}$$

Da både tyngdekraften og lyset afhænger af en inverskvadratslov, er dette forhold uafhængigt af afstanden til Solen.

Vi kan nu bestemme den kritiske radius for et støvkorn. Det er den radius, hvorved forholdet mellem tyngdekraften og kraften fra strålingstrykket giver 1. Denne radius er givet som

$$R_{krit} = \frac{3L_\odot}{16\pi GM_\odot \rho c}$$

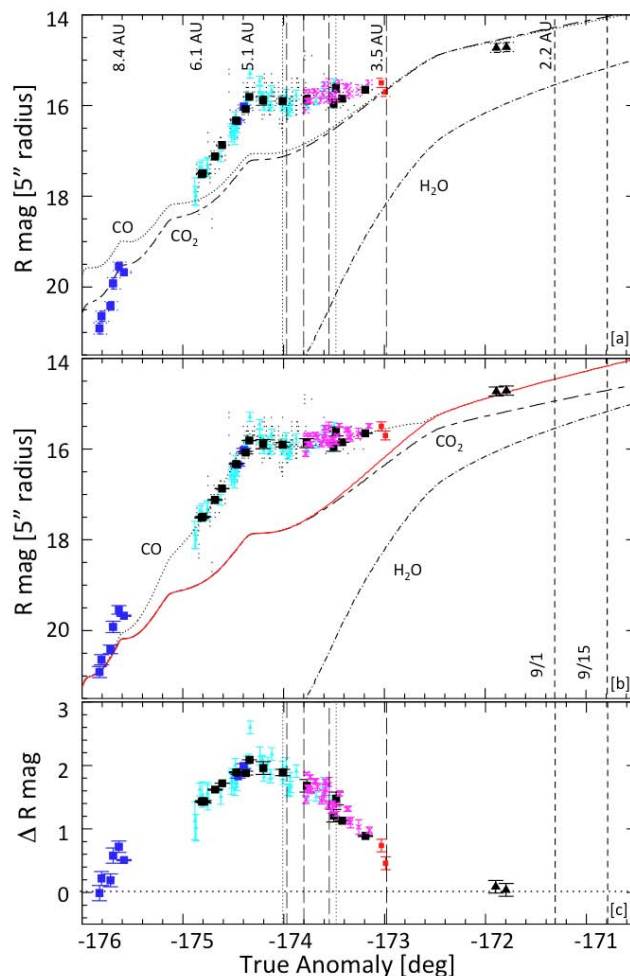
Det betyder, at støvkorn med radier mindre end R_{krit} vil opleve en resulterende kraft væk fra Solen og vil derfor spiralere væk fra Solen, hvilket giver anledning til støvhale. Halens krumning skyldes, at hastigheden af partiklerne falder, når de kommer ud i en bane længere væk fra Solen. Den typiske densitet af et støvkorn på en komet er ca. $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$. Hermed kan vi beregne den kritiske radius til $R_{krit} = 1,91 \cdot 10^{-5} \text{ cm} = 1910 \text{ \AA}$.

Støvkorn, som er større end den kritiske radius, vil fortsætte deres bane omkring Solen. Dog er der en effekt, som vil påvirke, at de langsomt vil bevæge sig i retning af Solen. Den kaldes for Poynting–Robertson–effekten, og vi vil ikke gå i detalje med den her, (Carroll & Ostlie, 1996).

Kometen C/2012 S1 ISON

Efterårets helt store skue skulle blive kometen ISON, som kan ses fra medio november og frem. Det optimale tidspunkt skulle være i begyndelsen af december. Selv om flere internetsider hævder, at ISON skulle være så lysstærk, at den kan sammenlignes med Månen, så er dette nok tvivlsomt. Hvis man ser på offentliggjorte undersøgelser af (Meech, et al., 2013) (Knight & Walsh, 2013) (Farrin, 2013) (Samarasinha & Mueller, 2013), ser man, at der hersker større beskedenhed i forhold til, hvad vi kan forvente os af ISON.

De nyeste resultater rapporterer ISON til pt. at være af størrelsesklasse 14, hvilket betyder, at vi skal bruge relativt store teleskoper for at kunne observere den. Håbet er, at når den runder Solen, som den undviger med mindre end en solradius vil den forhåbentlig blive klarere. Forskerne er som sagt allerede gået i gang med deres diskussioner af, hvorvidt kometen vil overleve dens perihelion, og (Knight & Walsh, 2013) konkluderer, at ISON vil overleve perihelion, da den har en diameter og en densitet, som er stor nok til at undgå at falde fra hinanden ved vendingen som følge af den stærke sublimation, når kometen er tættest på Solen. På figuren ovenfor ses målinger af den sublimation, som er anstøt for øjeblikket, og det giver samtidig et vink om, hvor klar kometen forventes at blive.



Figur 5
Sublimationsmålinger af ISON, (Meech, et al., 2013).

Herunder ses Gemini 8m observationer af ISON, da kometen var mellem $4,25 \cdot 10^5 \text{ km}$ og $4,70 \cdot 10^5 \text{ km}$ fra Solen. Billederne er taget hhv. 4. februar, 4. marts, 3. april, 4. maj og 30. maj. Alle billederne er taget gennem et r-filter undtagen billedet fra 4. maj, som er et sammensat billede med et g-, r- og et i-filter. Billederne er alignet således, at øst er mod venstre og nord er opad. Billederne har et FOV på ca 2,5 bueminut. Figuren er fra (Meech, et al., 2013).

De nyeste tal om ISON tyder på, at vi kan forvente, at ISON vil have en lysstyrke svarende til ca. Venus, hvilket gør ISON let genkendelig med den fine hale, som allerede er tydelig på billedet på næste side. Endvidere diskuterer forskere muligheden for, om ISON kan brække i mindre stykker, inden den runder perihelion, hvilket dog afvises af (Knight & Walsh, 2013), og der er til stadighed ikke total enighed, om hvad der kommer til at ske med kometen. Men et er sikkert – forskerne mener, vi kan få en flot oplevelse (Farrin, 2013).



Figur 6
Her ses Gemini-observationer af ISON, som den så ud i det tidlige forår.

Letters, p1–14.

Figur 7
Den forventede position af ISON over tid, Sky & Telescope Magazine, (2013).

Så hvor skal vi lede efter ISON?

Vi skal som fysikere give eleverne den enorme oplevelse, det er at se en komet med sine egne øjne. Det kræver selvfølgelig, at man kan komme et sted, hvor der er frit udsyn og ikke alt for meget lysforurening. Men har man udsyn mod øst-syd-øst vil år 2013 byde på et spektakulært skue. Magasinet *Sky and Telescope* har lavet følgende illustration af, hvor på himlen man skal lede efter ISON. Ud fra den kan man se, at vi her vil blive begunstiget med et regulært astronomifænomen, som vil være synligt lige midt i første moduls undervisning. Kan det blive bedre? – Næppe. Så held og lykke med at finde kometen ISON på himlen i de kommende måneder.

Bibliografi

Carroll, B. W., & Ostlie, D. A. (1996), *An Introduction to Modern Astrophysics*. Ogden, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Farrín, I. (19. februar 2013), *Secular Light Curves of Comets C/2011 L4 Panstarrs and C/2012 S1 ISON Compared to 1P/Halley*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, p15.

Ferrín, I. (20. juni 2013), *The Location of Oort Cloud Comets C/2011 L4 Panstarrs and C/2012 S1 ISON, on a Comets' Evolutionary Diagram*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, p51.

Hsieh, H. H., Kaluna, H. M., Novakovic, B., Yang, B., Haghighpour, N., Micheli, M., et al. (22. maj 2013), *Main-Belt Comet P/2012 T1 PANSTARRS*. Astrophysical Journal Letters .

Knight, M. M., & Walsh, K. J. (7. september 2013), *Will Comet ISON (C/2012 S1) Survive Perihelion?* Astrophysical Journal Letters , p1–14.

Magazine, S. &. (2013), skyandtelescope.com/community/skyblog/observingblog/Comet-ISON-Updates-193909261.html?loggedln=y&c=y, Sky & Telescope Magazine.

Meech, K. J., Yang, B., Kleyna, J., Ansdell, M., Chiang, H.-F., Hainaut, O., et al. (9. september 2013), *Outgassing Behavior of C/2012 S1 (ISON) FROM SEPTEMBER 2011 TO JUNE 2013*. Astrophysical Journal, p1–8.

NASA, J. (Skribent), & NASA (Instruktør) (2013), *Comet ISON's Track Around the Sun: NASA VIDEO ANIMATION* [Film].

Samarasinha, N. H., & Mueller, B. E. (11. august 2013), *Relating Changes in Cometary Rotation to Activity: Current Status and Applications to Comet C/2012 S1 (ISON)*. Astrophysical Journal

