CORONA

Medlemsblad for
Trondheim Astronomiske Forening

Nr. 2 Juni 2008 10. årgang

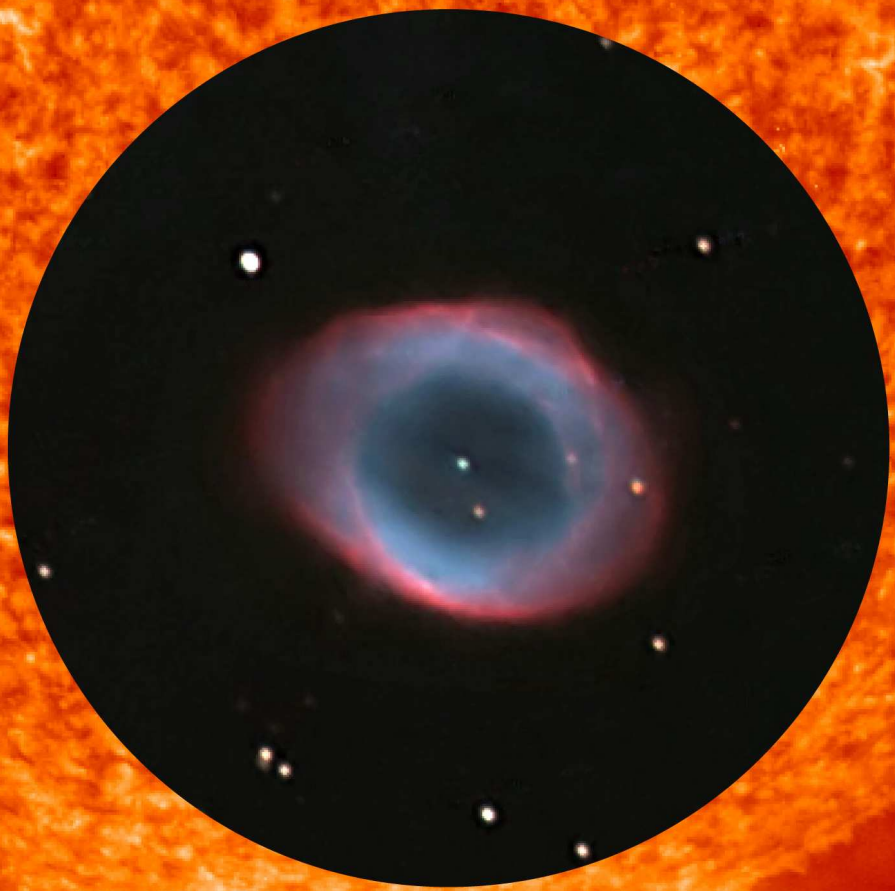
Vurdering av TAFs nye teleskop

Galaksedannelse

Doppler-forskyvning

Solaktiviteten

Solas kraftverk



Redaktørens ord

Så står sommeren for døren igjen. Dette nummeret kommer først ut i månedskiftet mai/juni. Det skyldes dels mye arbeid for redaktøren, som også måtte forberede foredrag på TAF-møtet i mai. Men det er egentlig ikke så dumt at bladet kommer ut på det tidspunkt, fordi det da blir mer jevnt mellom bladene i løpet av året. Ulempen er selvfølgelig at alle bladene må deles ut via postbud, siden vi ikke har noen medlemsmøter på den tiden av året.

Inngangen til sommeren medfører at det nå er slutt på de mørke nettene her i Trøndelag. Fremdeles kan vi jo se på Sola, men den er også temmelig "livløs", altså få flekker å se, mener jeg. Men det kan jo være artig å følge med likevel. Plutselig kan det dukke opp noen flekker igjen, og de kan tilhøre den nye syklusen som akkurat har startet. Mer om det i dette nummeret av bladet.

Ja, hva foregår egentlig inne i Sola? Hvordan skapes det så mye energi at vi kan føle varmen godt her og spesielt om sommeren, 150 millioner km unna? Og hvordan kan den stråle ut den energien i 10 milliarder år? Dette finner du svar på i bladet også.

Det er faktisk ikke så dumt å begynne planleggingen av høstens observasjonssesong allerede nå. Lese litt om objekter det kan være artig å se på, studere stjernekart og kanskje drømme litt om fine forhold til høsten. På den måten er en litt forberedt når det blir mulig å observere igjen til høsten.

En annen nyttig aktivitet er å gå på kurs for å lære å bruke TAFs nye teleskop. Det vil nemlig bli arrangert opplæring i løpet av sommeren og første del av høsten, både i bruk av håndkontrollen (GoTo'en) og for de som ønsker det, også fotografering med CCD-kameraet som er kjøpt inn. Det er jo veldig greit å kunne bruke utstyret, når høstmørket faller på i september.

Når det gjelder det nye teleskopet har vi fått et førsteinntrykk av det i løpet av mars og april, de gangene det har vært klarvær. Og en god del medlemmer har vært oppe på Bratsberg og har fått se hva det duger til. Så langt er inntrykket veldig positivt. Dette er også "dommen" til Erlend Langsrud som har skrevet en vurdering av teleskopet inne i bladet. Der er det også med en del bilder som illustrerer dette.

Ellers inneholder bladet artikler om hvordan spektrallinjer forskyves ved dopplereffekten og hvordan vi nå tror galaksene er dannet. Det skulle således forhåpentligvis være noe å lese for noen og enhver.

Til slutt vil jeg gjerne få ønske alle sammen en riktig GOD SOMMER!

Terje Bjerkgård

Styret i TAF informerer

Tom Reidar Henriksen ble valgt til ny Tur- og Møtekoordinator etter Ljubomir Nestorovic på Generalforsamlingen i april. Styret består ellers av Birger Andresen (Leder), Terje Bjerkgård (Nestleder/Redaktør), Stein Ommund Wasbø (Kasserer og Materialforvalter), Erlend Langsrud (Sekretær) og Erlend Rønnekleiv (Varamann). Generalforsamlingen vedtok å utsette kjøp av utstyrspakke nr. 2 til ekstraordinær generalforsamling høsten 2008.

Mer informasjon fra styret finnes på side 4.

Nye medlemmer og utmeldinger

TAF har fått tre nye medlemmer siden sist, mens et medlem har meldt seg ut. Foreningen har 132 medlemmer pr. 1/6-08. Vi ønsker hjertelig velkommen til

Øystein Nytrø, Audun Vigdissønn Nytrø og Erlend Hopsø Strømsvik

Styret ønsker alle en god sommer.

Birger Andresen,
Leder i Trondheim Astronomiske Forening

TRONDHEIM ASTRONOMISKE FORENING

REDAKSJONEN

Redaktør:
Terje Bjerkgård
Hans Finnes gate 37
7045 Trondheim
Tlf : *73 52 02 83 (p) / 911 99 521*
E-post: *nestleder@taf-astro.no*

Faste medarbeidere:
Nyhetsredaktør: Eivind Wahl
Generelt stoff: Birger Andresen
Layout forside: Louise Hansen

Andre bidragsytere dette nr.:
Erlend Langsrud, Bjørn Willmann og Stein O. Wasbø.

BIDRAG:
Bidrag i form av disketter, CD-rom, bilder og e-mail sendes direkte til redaktøren (se adresse over).

TAFs adresse :

Birger Andresen
Stubbsvingen 36
7036 Trondheim
Tlf priv: *73 83 98 88*
Mobiltlf: *489 59 933*
E-post: *leder@taf-astro.no*

INTERNETT

TAF: h*ttp://www.taf-astro.no*

TRYKKING : H*os FESIL ASA*

FORSIDEN: To fotografier med det nye TAF teleskopet: Mosaikk med galaksene M81 og M82 (foto: Erlend Langsrud), samt Ringtåken i Lyren (foto: Erlend Langsrud og Birger Andresen). Bakgrunn: Sola sett i røntgenlys med satellitten SoHo.

Corona

Nr. 2 Juni 2008

Innhold

Rapporter

Side 5:
Evaluering av TAFs nye hovedteleskop
Av Erlend Langsrud

Blinkskudd

Side 9:
Kattøyetåken og Dobbelthopen
Bjørn Willmann

Side 10:
Kulehopen M13 og Galaksen M51
Birger Andresen

Artikler

Side 13:
Starter solflekksyklus nr. 24 snart?
Av Stein O. Wasbø

Side 15:
Kjernereaksjoner i Sola
Av Birger Andresen

Side 19:
Dopplerforskyvning av spektrallinjer
Av Birger Andresen

Side 24:
Hvordan er galaksene dannet?
Av Terje Bjerkgård

Faste spalter

Side 2:
Redaktørens ord
Styret informerer
Nye medlemmer

Side 11:
Nyheter
Venus Express finner hydroksyl på Venus
Av Eivind Wahl

Phoenix klar for landing på Mars
Av Eivind Wahl

Side 29:
Stjernehimmelen juni til september 2008
Av Terje Bjerkgård

Meddelser

Side 4:
Styret informerer
Av Birger Andresen

Side 8:
Tur til solformørkelsen i Kina 22. juli 2009
Av Birger Andresen

Annonser

Side 8: Kikkertspesialisten
Side 18: Foto Schrøder

Styret informerer

Opplæring i bruk av teleskopet i Bratsberg

Vi begynner nå etter hvert å forstå hvilke prosedyrer vi må følge for å omgå en del "svakheter" i programvaren til håndkontrollen til det nye hovedteleskopet på observatoriet i Bratsberg. Søk på internett har vært nødvendig for å forstå noen av "raritetene", men vi tror vi nå har nok kunnskap til å holde kurs i bruk av teleskopet. Vi har også rukket å teste fotoutstyret såpass at vi kan lære opp folk i bruken av dette. Planen er å lære opp folk i bruk av teleskopet og fotoutstyret (på egenhånd) i sommer eller tidlig høst.

Sikkerhetsdelen og generell kunnskap om håndtering av teleskopet, samt oppkobling av CCD-kamera og digitale speilrefleksk ameraer for fotografering, kan vi gjøre i fullt daglys. Gjennomgang av mange av funksjonene i håndkontrollen også, mens praktisk opplinjering ("allignment") og "kalibrering" av GoTo-funksjonen med "Allignment-stjerner" og "Referanse-stjerner" + kalibrering av monteringen krever at vi ser i hvert fall de sterkeste stjernene. Opplinjering og kalibrering skal normalt være unødvendig, men vi har opplevd at håndkontrollen ikke husker innstillingene fra gang til gang. Dette ser ut til å være et problem knyttet til dårlig batterikapasitet ved lave temperaturer.

Vi regner med å dele opplæringen inn i to eller tre deler for at det ikke skal bli for mye på en gang.

I forbindelse med planlegging av opplæringen er det fint å få vite omtrent hvor mange som har ambisjoner om å bruke teleskopet på egenhånd. Jeg ber derfor om at de som er interessert i opplæring gir meg beskjed. Bruk helst leder@taf-astro.no, så får også nestleder Terje Bjerkgård automatisk kopi av din e-post. De som ikke har e-post kan skrive til Birger Andresen, Stubbsvingen 36, 7036 Trondheim eller ringe meg på telefon 489 59 933. Si i fra om du er interessert i å fotografere på egenhånd eller ikke. Du trenger jo ikke opplæring i de tingene som omhandler fotografering dersom du kun skal bruke teleskopet visuelt.

De som allerede har meldt seg på opplæringen etter e-post til taf-lista i vår, behøver selvfølgelig ikke å melde seg på igjen.

Færre deltakere på medlemsmøtene

De siste to årene har antall deltakere på TAF-møtene sunket fra typisk 25-35 tidligere til typisk 18-27 nå. Vi har hatt noen gledelige unntak fra denne trenden. Nedgangen har skjedd til tross for at vi har hatt stabilt ca. 130 medlemmer de siste 3-4 årene og færre medlemmer i årene før det. Spesielt har jenteandelen sunket en del. Det synkende oppmøtet og lav jenteandel bekymrer oss.

Vi har ikke helt forstått hvorfor oppmøtet har gått ned. Derfor ønsker vi tilbakemeldinger fra medlemmene om mulige årsaker og forslag til ting vi kan gjøre for å snu denne trenden. Vi vurderer å bruke et av medlemsmøtene i høst til å diskutere denne problemstillingen, sannsynligvis etter å først ha gjennomført en spørreundersøkelse blant medlemmene.

Forslag og kommentarer sendes til TAF-styret v/Birger Andresen. Bruk helst leder@taf-astro.no, så får også nestleder Terje Bjerkgård automatisk kopi av din e-post. De som ikke har e-post kan skrive til Birger Andresen, Stubbsvingen 36, 7036 Trondheim eller ringe meg på telefon 489 59 933.

Med vennlig hilsen
Styret i Trondheim Astronomiske Forening
v/Birger Andresen

Evaluering av TAFs nye hovedteleskop

av Erlend Langsrud

TAF har nylig anskaffet et nytt hovedteleskop. Valget falt på en Celestron CGE1400, som er en 356mm Schmidt Cassegrain på tysk ekvatorialmontering. Dette er selve flaggskipet til Celestron, men vi skal ikke underslå at vi var litt spente på om monteringen var god nok for en så stor kikkert. Og er virkelig optikken og brukervennligheten så god som reklamen sier?

Oppsett og brukervennlighet

Jeg har ikke jobbet mye med monteringen selv, men jeg har forstått at det gikk greit å få til poljusteringen på tross av noe backlash i justeringsskruene. Prosedyren for kalibrering av monteringen (Two star alignment) har skapt mye frustrasjon, kanskje fordi manualen er ufullstendig og/eller ikke stemmer med virkeligheten. Vi kan heller ikke se bort fra at det er en bug i firmware-versjonen som ligger i håndkontrollen. Vi har endt opp med å gjøre "Alignment" av GOTO-funksjonen fra grunnen av, de kveldene den har bommet. Når man først har fått til oppstillingen er håndkontrollen enkel å bruke.

Stabilitet og drivverk

Monteringen er stabil nok for både fotografisk bruk og visuell bruk ved høye forstørrelser. Her har Bjørn Willmann og andre gjort en god jobb med å bygge et solid fundament.

Drivverket er nøyaktig. Jeg har beregnet periodisk feil: +/- 11". Ved bruk av PPEC er dette redusert til +/- 5" i vår montering. PPEC går ut på at man guider gjennom en hel omdreining på snekkedrevet og lar monteringen huske korreksjonene. Monteringen kan da spille av sekvensen senere slik at feil pga unøyaktigheter i snekkeskruen elimineres eller reduseres. Nøyaktigheten kan sikkert bedres ytterligere hvis man spiller inn flere PEC-sekvenser og bruker gjennomsnittet, men dette krever at man kobler en PC til håndkontrollen.

Det er en del backlash i tannhjulene, noe som kan være frustrerende når man skal sentrere et objekt. Dette kan bøtes på ved å "lære opp" monteringen til å spole fort gjennom slarken når man skifter retning på håndkontrollen.

GOTO-nøyaktighet

Goto'en plasserer alle objekt innenfor synsfeltet når man bruker lav forstørrelse (100x – 140x). Objektene havner også alltid innenfor billedflaten med digital speilrefleks og 0.63x reducer (30'x20' felt). Med DSI i primærfokus (ca 5'x 4' felt) vil objektene ofte havne utenfor brikken, selv ved svært nøyaktig opplinjering. Her må man bruke "Precise Goto" funksjonen hvor man først sentrerer en stjerne nær objektet.

Erfaringene med visuell observasjon

Teleskopet er en fryd å bruke visuelt. Med kvalitetsokularene fra William Optics og Pentax får man et stort felt som er skarpt og rikt på kontrast. Favorittokularet er en 28mm William Optics som gir 140x forstørrelse, 82 graders synsfelt og et reelt felt på over en halv grad. Stjernepunktene er renere og skarpere enn hva jeg er vant til fra 11-tommeren. Kulehopen M13 er fantastisk. Spiralarmene til galaksen M51 er lett synlige på en god kveld. Med 11-tommeren har jeg bare sett disse tydelig én gang i løpet av mange år. Dessverre har det ikke blitt mange muligheter til å bruke 14-tommeren under skikkelig mørk himmel og virkelig gode forhold.

Kollimeringen (opplinjeringen av optikken) var ganske dårlig slik teleskopet ble levert fra fabrikken. Jeg og Birger oppdaget dette en av de siste kveldene i sesongen og rettet opp dette. Dette er en enkel og kjapp prosedyre som er greit forklart i instruksjonsboken. Når dette var rettet opp tok vi en titt på Saturn, og så at bildet var skarpere enn tidligere. Cassinis deling var godt synlig til tross for at ringene nå sees ganske rett fra siden. Man kan regne med at det nesten alltid vil være turbulens i atmosfæren som begrenser hvor fine detaljer man ser i så stort teleskop, forutsatt at kollimeringen ikke er helt på jordet.

Test av fotografisk ytelse

Jeg har kun testet teleskopet den med f/7 reduceren på, og regner med at dette er mest relevant, fordi oppløsningen begrenses av atmosfæren når man tar deep-sky-bilder. Bildene er tatt med EOS 300D digitalt speilreflekskamera, som har 22,5 x 15mm billedbrikke med 3072 x 2048 piksler.

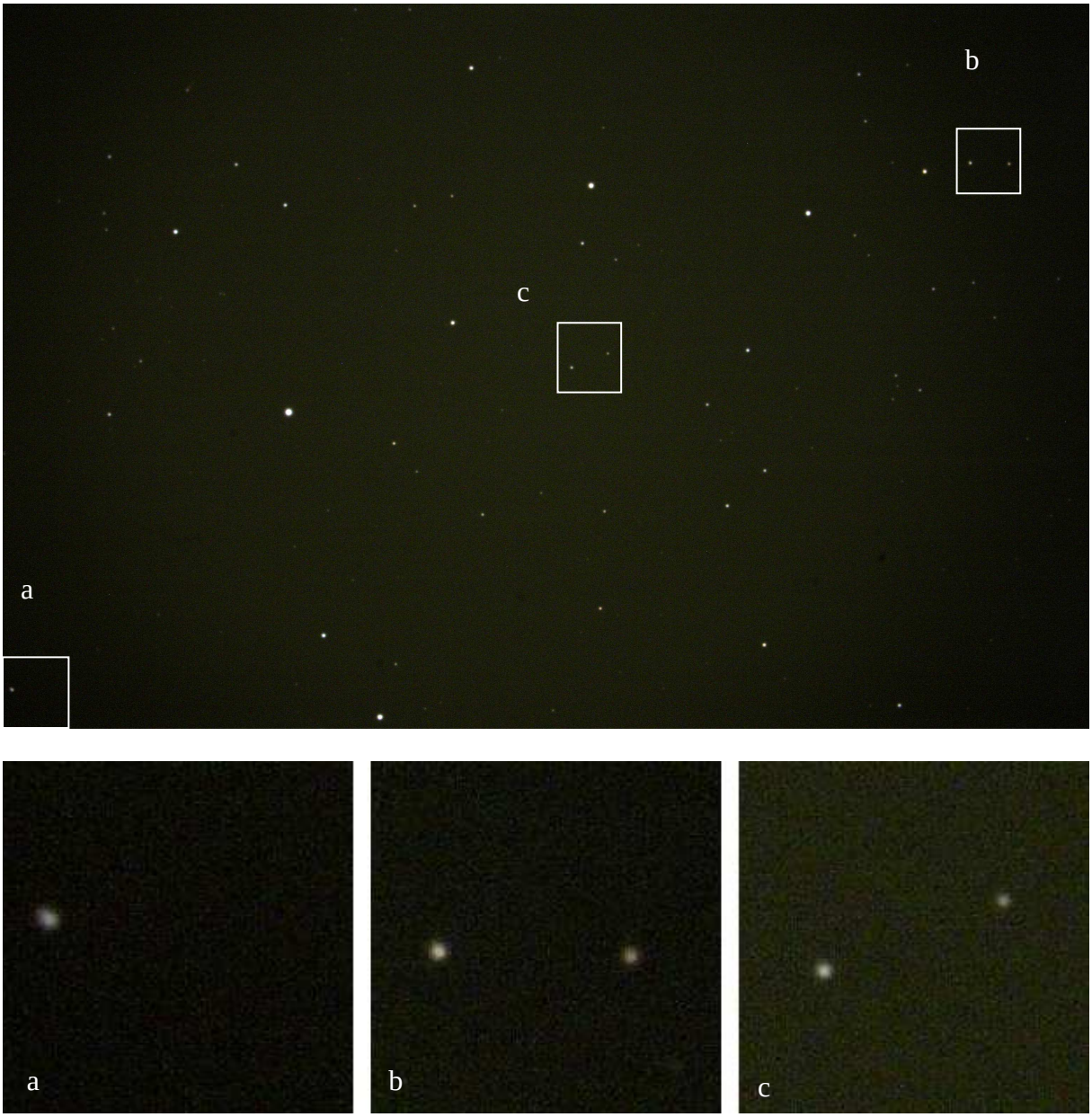
Figur 1: M82 fotografert ved f/7 med TAF's CGE1400. Feltet er 11 bueminutter bredt.

Figur 2: M3, 30 sekunders eksponering uguidet.

Det er ingen tegn til koma i bildet. Stjernene er runde og skarpe (begrenset av seeingen) over nesten hele feltet. Kun helt ytterst i hjørnene finnes en antydning til at stjernene trekkes ut i tangensiell retning.

Stjernestørrelsen (FWHM = Full width half maximum) ble målt til 3,0 piksler i senter og 5,3 piksler i hjørnet ved hjelp av programmet K3CCDTools. Dette tilsvarer en reelt oppnådd punktstørrelse på 22µ i senter og 38µ i hjørnet, eller henholdsvis 1,9 og 3,3 buesekunder Dette bør ikke sammenlignes direkte med punktstørrelser oppgitt av produsentene eller i bøker, da disse er basert på ray-tracking (datasimulering) av idealisert optikk uten effekter fra atmosfærisk turbulens etc. Til og med uunngåelig diffraksjon er som regel utelatt i slike simuleringer.

Korreksjonen over feltet er bedre enn f.eks en newtonreflektor eller en typisk to-elementers APO-refraktor.



Figur 3: Stjerner fra midten av bildet nede til høyre, fra hjørnet til venstre. Hele bildet er vist øverst.

Vignettering betyr at bildet er mørkere i hjørnene enn i midten. Dessverre får man ganske kraftig vignettering ved bruk av reduceren. Reduksjonen i lysstyrke er 44% ved bildekanten og hele 62% ytterst i hjørnene. Dette kan korrigeres digitalt ved hjelp av såkalt ”flatframe”.

Konklusjon

Som visuelt instrument fungerer teleskopet meget bra. Sammen med de gode, nye okularene får man store felt fylt av skarpe stjerner. GOTO funksjonen er veldig effektiv når man har store grupper og gjerne vil bruke minst mulig tid på å rote rundt på himmelen på jakt etter objekter.

Fotografisk er teleskop og montering over forventning. Optikk og mekanikk er så bra at seeingen i praksis begrenser skarpheten i primærfokus også med f/7 reducer. Test med 106mm f/5 refraktor på monteringen har vist at man kan eksponere i flere minutter uguidet med denne uten antydning til avdrift.

Litt pepper må teleskopet få, og det går på at det har vært vanskelig å få håndkontrollen/GOTO-funksjonen til å fungere stabilt. Dette ser ut til å være et problem knyttet til dårlig batterikapasitet ved lave temperaturer. Problemet har i hvert fall ikke oppstått etter at minusgradene forsvant.

Tur til solformørkelsen i Kina 22. juli 2009

Solformørkelsen i Kina 22. juli neste år er den lengste i dette århundret. Totaliteten varer hele 6 minutter og 39 sekunder på det mest gunstigste stedet. Turoperatøren Mitt Kina tilbyr to alternative reisepakker hvor man observerer formørkelsen fra Huzhou i provinsen Zhejiang sammen med en rekke astronomi-interesserte fra mange steder i verden. Totaliteten varer her 5 minutter og 56 sekunder. Den ene reisen starter 18. juli og slutter 26. juli, mens den andre starter på samme tidspunkt, men slutter 1. august. Det blir besøk til en rekke flotte turistattraksjoner på begge reisene.

Detaljer og prisantydning (virkelig pris avhenger blant annet av antall deltakere) finner dere på følgende web-adresse (eller TAF kan sende deg informasjon ved henvendelse til Birger Andresen, Stubbsvingen 36, 7036 Trondheim):

http://www.taf-astro.no/aktivitet/tur/Solf_Kina2009/solf_kina.htm

Mitt Kina har etter det vet kontaktet alle astronomirealterte lokalforeninger i Norge med det samme tilbudet.

Birger Andresen

Blinkskudd

Av Bjørn Willmann, Birger Andresen

Katteøyetåken NGC 6543 i Draco består av gass som er kastet ut fra en sentral stjerne. Den kompliserte strukturen kan komme av at sentralstjernen er en dobbeltstjerne, men ingen har klart å påvise direkte at sentralstjerna er dobbel. De sentrale delene av tålen er kun 20 buesekunder i diameter, det vil si litt større enn Saturns planetskive. Her er tåken fotografert av Bjørn Willmann den 15. april 2008 med digital speilreflekskamera gjennom et 260mm katadioptrisk teleskop fra Vixen. Eksponeringstiden er 15 sekunder.

Dobbelthopen (NGC 884 + NGC 869) består av to åpne hoper som ligger nær hverandre. Alderen på de to hopene er kun 3 til 6 millioner år, så de er svært unge. Dobbelthopen tar seg best ut ved lav forstørrelse og er et favorittobjekt i prismekikkert og små teleleskop. Her er hopene fotografert av Bjørn Willmann i oktober 2007 med digital speilreflekskamera gjennom en 80mm refraktor med brennvidde 600mm. Eksponeringstiden er 68 sekunder.

Kulehopen M13 fotografert gjennom C14 på observatoriet med Canos EOS 350D av Birger Andresen. 30 sek. eksponering, 800 ISO med 0.63x reducer. Bildebehandling av Erlend Langsrud i K3CCDTools, Adobe photoshop, samt Neat Image.

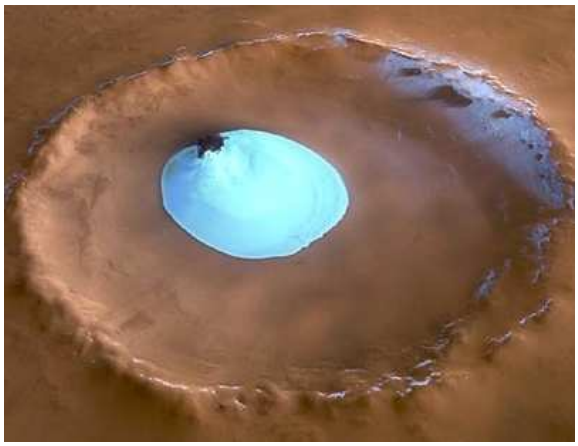
Galaksen M51 fotografert gjennom C14 på observatoriet med Canon EOS 350D av Birger Andresen. 6 x 90 sek + 2 x 120 sek eksponeringer, 800 ISO med 0.63x reducer. Bildebehandling av Erlend Langsrud i K3CCDTools, Adobe Photoshop, samt Neat Image.

Nyheter

Phoenix klar for landing på Mars

Kilde: forskning.no

Det hersker enorm spenning rundt landingen til romsonden Phoenix Mars Lander. Går det bra natt til mandag 26. mai, begynner jakten etter is, vann og liv.



Is på bunnen av et krater i Vastitas Borealis på Mars. Bildet er tatt fra rommet av den europeiske marssonden Mars Express. (Foto: ESA/DLR/FU Berlin)

”NASAs nye marssonde skal ta prøver av jordsmonnet for å undersøke om det finnes vannis og spor av mikrobiologisk liv i arktis på den røde planeten”, sier Erik Tandberg, sivilingeniør og romfartsekspert ved Norsk Romsenter.

Tidlig i sin historie hadde Mars mye vann, men vannet forsvant og forskerne vet ikke nøyaktig hvorfor dette skjedde og hvor vannet tok veien. Phoenix Mars Lander skal prøve å løse noe av mysteriet.

Landingsstedet ligger på 68 grader nord, på slettelandet som kalles Vastitas Borealis. Her har tidligere undersøkelser fra en orbitalsonde vist at det kan være vann i form av is like under overflaten. Til å utføre oppgavene har Phoenix med seg syv ulike instrumenter og et graveredskap som kan nå en halv meter ned i bakken.

Før marssonden kan ta fatt på arbeidet må den gjennom en krevende landing. Idet sonden når Mars' atmosfære, kvitter den seg med overfartsseksjonen som blant annet har levert strøm under turen fra jorda. Så snur sonden seg slik at varmeskjoldet peker nedover. ”Når sonden kommer inn i atmosfæren vil den ha en fart på mer enn 20 000 kilometer i timen”, sier Tandberg. I noen intense minutter vil marssonden være omgitt av het plasma. Når Phoenix har kommet godt inn i atmosfæren, vil den sette ut en fallskjerm. Varmeskjoldet vil falle av og landingsstellet foldes ut.

Få sekunder senere vil Phoenix fyre opp de tolv små rakettmotorene sine. Disse skal bremse landingen slik at marssonden lander mykt. Landing ved hjelp av raketter har blitt gjennomført tidligere på Mars. Metoden gjør at man kan få med mer nyttelast. Marssonden vil lande med en fart på rundt 8 kilometer i timen.

Så langt har bare fem av de tretten sondene som har blitt sendt til Mars overlevd landingen, men viten om vannets forsvinning på Mars, og annen kunnskap om vår røde naboplanet, er for viktig til ikke å prøve å lande flere sonder.

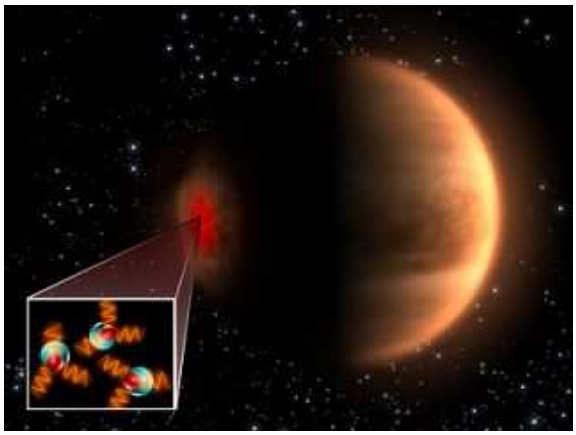
I tillegg er muligheten for et langt og suksessrikt liv stor for de fartøyene som overlever landingen. Phoenix har en forventet levetid på 90 dager. Det samme hadde kjøretøyene Spirit og Opportunity. De har nå arbeidet på Mars i mer enn fire år.

Eivind Wahl

Venus Express finner hydroksyl på Venus

Kilde: ESA

Funnet gir forskerne et viktig verktøy for å forstå Venus' tette atmosfære.



Bildet viser hvor i Venus' atmosfære hydroksylet ble funnet. (Ill.: ESA/C. Carreau)

Hydroksyl består av ett hydrogen- og ett oksygenatom. Det er et viktig molekyl som er vanskelig å detektere. Nå har likevel romsonden Mars Express ved hjelp av instrumentet *Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer* (VIRTIS) funnet molekylet i de øvre lag av atmosfæren på Venus, omtrent 100 km over planetens overflate.

Det flyktige molekylet ble oppdaget ved å snu sonden vekk fra planeten og mot det svakt synlige laget av atmosfære som omgir planetskiven. Instrumentet detekterte hydroksylmolekylene ved å måle mengden infrarødt lys de sendte fra seg.

Bandet med atmosfære der de glødende molekylene befinner seg, er bare 10 km bredt. Ved å se mot planetens rand, økte signalstyrken på målingen nesten 50 ganger.

Det er antatt at hydroksyl spiller en viktig rolle i enhver planets atomsfære fordi stoffet er svært reaktivt. På Jorden spiller det en viktig rolle i fjerning av forurensninger i atmosfæren, og på Mars tror man stoffet forhindrer at karbondioksyd omdannes til karbonmonoksyd. I tillegg antar man at stoffet bidrar til å sterilisere jordsmonnet på Mars slik at grunnlaget for mikrobiologisk liv ødelegges.

Disse reaktive molekylene har blitt observert rundt kometer, men produksjonsmetoden der antas å være vidt forskjellig fra måten stoffet oppstår på i planetariske atmosfærer. "Fordi atmosfæren på Venus ikke har vært studert skikkelig før Venus Express ankom, har vi ikke vært i stand til å bekrefte stort av hva våre modeller sier oss ved å observere hva som faktisk foregår der", sier Guiseppe Piccioni fra *Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica* i Roma.

På Jorden har det vist seg at glødingen fra hydroksyl i atmosfæren er tett knyttet til overskudd av ozon, og man tror derfor at det samme gjelder på Venus. Dermed kan man starte beregning av ozonmengden i Venus' atmosfære. Venus Express har vist at mengden hydroksyl varierer mye. Det kan variere med 50 % fra et omløp til det neste og dette kan skyldes variasjon i ozonmengden i atmosfæren.

"Ozon er et viktig molekyl i enhver atmosfære siden det er en kraftig absorbator av ultrafiolett stråling fra Solen", sier Piccioni. Mengden stråling som blir absorbert er en nøkkelparameter i oppvarmingen og dynamikken i en planets atmosfære. På Jorden varmer og stabiliserer den stratosfæren (det tredje laget i Jordens atmosfære) slik at biosfæren beskyttes fra ultrafiolett stråling. Datamodeller vil nå kunne vise hvordan variasjoner i ozonnivåene over korte intervaller påvirker Venus' hvileløse atmosfære.

"Venus Express har allerede vist oss at Venus er mer lik Jorden enn vi trodde. Oppdagelsen av hydroksyl bringer den et skritt nærmere", sier Piccioni.

Han og hans kolleger har kun omtalt innledende målinger fra noen får omløp i sin siste rapport. De arbeider videre med analyse av data fra femti andre omløp, så flere observasjoner vil følge!

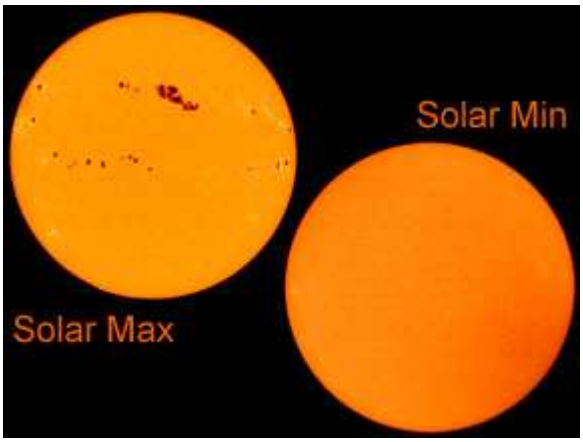
Eivind Wahl

Starter solflekksyklus nr. 24 snart?

Av Stein O. Wasbø

Antall solflekker som vises på solskiva forandrer seg over en periode på 10-11 år. Dette kalles en solsyklus. Vi er nå helt mot slutten av den 23. solsyklusen. Solflekksyklus nr. 1 (1755-1766) ble definert av den sveitsiske astronomen Rudolf Wolf (1816-1893) som begynte å kartlegge solflekkaktiviteten. Den 23. solsyklusen startet i mai 1996 og har fortsatt ikke helt gitt seg. Solflekksyklusen er snart 12 år gammel, og ser ut til å vare enda en stund. Solflekksykluser er blitt observert å vare fra 9 til 14 år, men det er forholdvis uvanlig at en syklus varer lenger enn 12 år som det ligger an til nå. Det spekuleres i om denne forsinkelsen bærer bud om mindre solaktivitet og kaldere klima.

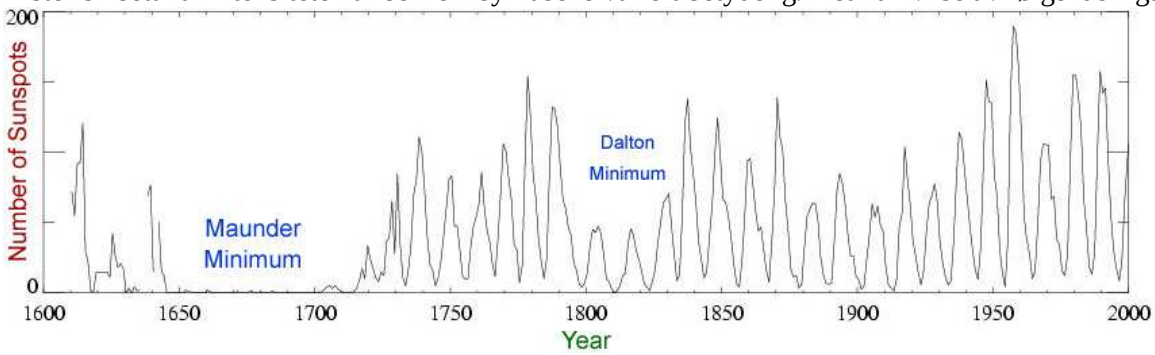
Riktignok har det fram til skrivende stund (25. april 2008) dukket opp 2 mindre flekker som er blitt karakterisert som syklus 24-flekker, men det er fortsatt enkelte flekker som tilhører syklus 23. I en overgangsperiode på 1-2 år kan man ha solflekker tilhørende både gammel og ny syklus, før den nye syklusen tilslutt "tar av" og den gamle blir borte. De første to flekkene som til nå er registrert som syklus-24-flekker ble registrert 4. januar og 13. april 2008.



Disse to bildene av Sola viser hvordan antall solflekker kan variere over tid. Bildet til venstre ble tatt i mars 2001 nær solflekkmaksimum. Bildet til høyre ble tatt i januar 2005, nær solflekkminimum. Solflekkene som ser ut som svarte prikker og flekker på sola lyser egentlig intenst, men virker mørke mot den enda lysere solskiva.

(Bilde: SOHO/NASA/ESA.) (Kilde: http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/activity/sunspot_cycle.html)

Historisk sett har intensiteten til solflekksyklusene variert betydelig. Det kan vi se av følgende figur:



(*Grafikk: NASA, Kilde: http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/images/sunspot_num_graph_big_jpg_image.html)*

Grafen viser antall solflekker som er observert hvert år fra år 1600 til år 2000. I tiden 1650-1700 var det nesten ingen solflekker å se. Denne perioden kalles Maunder Minimum og sammenfaller med det man gjerne kaller "den lille istiden", en periode med kaldt klima der bl.a. isbreene vokste betydelig. På begynnelsen av 1800-tallet var det også en periode med lav aktivitet. Denne perioden kalles Dalton Minimum.

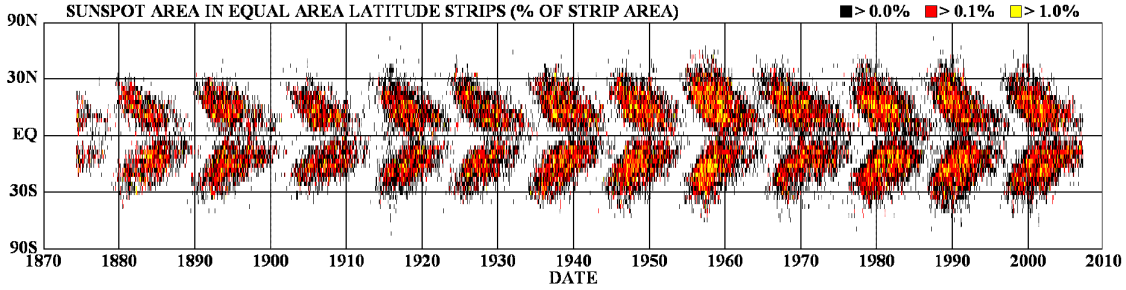
De siste 150 årene har vi stort sett hatt en ganske aktiv periode når det gjelder solflekker, men mange lurer nå på om det kan snu, og en indikator som kan tyde på dette, og som mange følger nøye med på, er nettopp når neste solflekksyklus kommer skikkelig i gang.

Det er også slik at solas totale utstråling øker litt når det er stor solflekkaktivitet. En syklus med lavere antall solflekker betyr også en litt kaldere sol med mindre utstråling, som kan gi noe kaldere klima på Jorda.

Hvordan fastslår man så hvilken solflekksyklus en solflekk tilhører? Det er tre kriterier som må oppfylles:

1. Solflekken i den nye syklusen må ha motsatt polaritet av solflekkene i den gamle.
2. Solflekken i den nye syklusen må opptre et godt stykke unna solekvator (typisk 20-30 grader nord eller sør for ekvator)
3. Solflekken må ha en viss varighet. Solflekker som kommer og blir borte i løpet av noen timer eller inntil et par døgn blir gjerne ikke regnet med.

Dersom man plotter hvilken breddegrad solflekkene oppstår på solskiva langs en tidsakse får man et karakteristisk "sommerfugl-mønster":

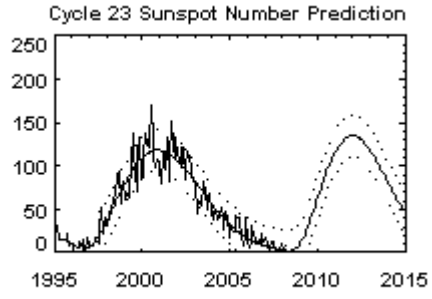


(Kilde: http://solarscience.msfc.nasa.gov/, http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Sunspot-bfly.gif)

Her er det også lett å se at to solflekksykluser kan opptre samtidig i kortere perioder idet den gamle syklusen nær ekvator dør ut samtidig som en ny syklus starter ved høyere nordlige og sørlige breddegrader.

Det er laget en rekke ulike modeller for å forutsi hvordan solflekksyklus 24 og 25 kommer til å utvikle seg. Disse modellene baserer seg på ulike datagrunnlag som statistiske analyser av tidligere sykluser, gjerne kombinert med målinger av jordas magnetfelt, som gir informasjon om magnetiske stormer på sola. Man har bl.a. funnet en sammenheng mellom magnetfeltmålinger på jorda ved solflekkminimum og høyden på toppen når det gjelder antall solflekker ved maksimum.

NASA har brukt en sammenstilling av ulike metoder og kommet fram til denne foreløpige prediksjonen når det gjelder solsyklus nr. 24:



Et godt estimat av hvor høy aktiviteten er ved maksimum er det imidlertid ikke lett å komme med før solsyklusen er kommet i gang.

(Kilde: http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml)

Andre prediksjoner antyder imidlertid et enda lavere maksimum, helt ned mot 50. Da kan vi gå mot et nytt Dalton-minimum eller i verste fall et Maunder-minimum. I så fall er det stor sannsynlighet for et globalt temperaturfall, i allefall før eventuelle menneskeskapte klimaendringer tas med i betraktning. Tiden vil snart vise om vi går mot en periode med lavere solaktivitet og hvilke klimafaktorer som da har størst betydning.

Kjernereaksjoner i Sola

Av Birger Andresen

Sola varmer godt på sommeren, sier du. Og det i en avstand på ca. 150 millioner km. Hvor mye energi produserer egentlig Sola, og hvordan?

Definisjoner og notasjon

Nukleosyntese: Dannelse av atomkjerner som resultat av kjernereaksjoner i stjerners indre.

$^{n}_{p}$X: Grunnstoff X med n nukleoner (protoner og nøytroner) og p protoner (f.eks. $^{4}_{2}$He = vanlig helium med 2 protoner (p=2) og 2 nøytroner (n = 2 protoner + 2 nøytroner = 4 nukleoner) i kjernen. Det er verdien av p som avgjør hvilket grunnstoff vi har f.eks. hydrogen (p=1), helium (p=2), litium (p=3), beryllium (p=4), …, oksygen (p=8), …, bly (p=82) osv. Et grunnstoff kan ha flere varianter (isotoper).

Isotop: Isotoper er varianter av samme grunnstoff. De har samme antall protoner, men ulikt antall nøytroner i kjernen f.eks. $^{15}_{8}$O og $^{16}_{8}$O. Kun et fåtall isotoper av et grunnstoff er stabile. Alle andre er radioaktive, og brytes før eller senere ned til stabile eller radioaktive isotoper av lettere grunnstoffer.

1 eV: En elektronvolt = Den energien et elektron får tilført når det akselereres gjennom et potensialfelt på 1 volt = $1.602 * 10^{-19}$ Joule. **keV** = kilo elektronvolt = 1000 eV. **MeV** = mega elektronvolt = 1000000 eV.

Solas energiproduksjon

Anta at vi rett utenfor Jordas atmosfære plasserer en flate med areal lik en kvadratmeter vinkelrett på retningen til Sola. En slik flate mottar, i følge satellittmålinger, en energimengde fra Sola på ca. 1360 watt (en middels kokeplate) når Jorda befinner seg i sin gjennomsnittsavstand fra Sola (= ca. 149.6 millioner km = r_J). Denne energimengden kalles solarkonstanten (S).

Ved å anta at Solas energiutstråling er lik i alle retninger, vil den totale energiutsendelsen derfor være $4\pi r_J^2 S = 3.81\ 10^{26}$ W = ca. 500 000 trillioner hestekrefter. Kun en forsvinnende liten del av denne energien treffer Jorda. Et godt bilde på dette er at energiproduksjonen på Sola hvert eneste sekund tilsvarer all den solenergien som treffer Jorda i løpet av ca. 700 år.

Sola produserer energi ved på fusjonere (smelte sammen) hydrogen til helium. Det omsettes hvert sekund ca. 610 millioner tonn hydrogen. Omtrent 605.7 tonn blir til helium, mens 4.3 millioner tonn omsettes til energi i henhold til Einsteins berømte ligning (se nedenfor). Sola har dog så stor masse at den selv med dette enorme forbruket har masse nok til å holde hydrogenfusjonen i gang i ca. 10 milliarder år.

Kjernereaksjoner i normale stjerner

Energiproduksjonen i normale stjerner (ikke ekstremt massive stjerner) skjer i hovedsak ved kjernereaksjoner hvor lettere atomkjerner presses sammen til tyngre atomkjerner pluss energi. Dette skjer ved enorme temperaturer og trykk i stjernens indre. Det er tre dominerende kjeder av kjernereaksjoner når temperaturen er under 300 millioner grader; *proton-proton-reaksjonen* (pp-reaksjonen), *karbon-nitrogen-oksygen-syklusen* (CNO-syklusen) og *trippel-alfa-reaksjonen* (3α-reaksjonen). CNO-syklusen omdanner hydrogen til helium via katalytiske mellomreaksjoner som involverer karbon, nitrogen og oksygen, mens pp-reaksjonen omdanner hydrogen til helium mer direkte via deuterium (tungt hydrogen = hydrogen som, i tillegg til sitt proton, har et nøytron i kjernen). Den tredje reaksjonen, 3α-reaksjonen, omdanner helium til karbon via beryllium. Denne skjer kun i nevneverdig grad ved temperaturer over ca. 100 millioner grader, og er neglisjerbar i Sola. Det er pp-reaksjonen som dominerer på Sola.

Proton-proton-reaksjonen (pp-reaksjonen)
Det finnes tre varianter av pp-reaksjonen som fører til akkurat samme sluttresultat. Nedenfor er beskrevet den mest vanlige ruten som går i tre hovedtrinn (se også figur 1):

1. Reaksjonen starter med at to hydrogenkjerner (protoner) kolliderer og danner en deuteriumkjerne (^2_1H), et positron (e^+) og et nøytrino (ν). Det frigjøres en energimengde på 1.18 MeV pluss 0.26 MeV som tapes fra stjernen fordi denne energien forsvinner sammen med nøytrinoet som forlater den. Positronet smelter sammen med et elektron (e^-), og begge går over i stråling.

2. Deuteriumkjernen kolliderer med en hydrogenkjerne (proton) og danner en lett heliumkjerne (^3_2He) og ett gamma strålingskvant (γ); dvs. et høyenergetisk foton. Det frigjøres 5.49 MeV med energi i dette reaksjonstrinnet.

3. To lette heliumkjerner kolliderer og danner en vanlig, stabil heliumkjerne (^4_2He) og to hydrogenkjerner (protoner). Denne reaksjonen frigjør 12.86 MeV med energi.

	Frigjort energi (MeV)
$^1_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^2_1H + e^+ + \nu$	1,18 (0,26)
$^2_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^3_2He + 2\gamma$	5,49
$^3_2H + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2{}^1_1H$	12,86

Figur 1: Reaksjonene i mest vanlige rute for pp-reaksjonen.

Legg merke til at vi trenger to lette heliumkjerner i trinn 3. Trinn 1 og 2 må derfor først gjennomløpes to ganger for å fullføre prosessen. Det forbrukes to hydrogenkjerner i trinn 1 og en i trinn 2 for å lage hver av disse to lette heliumkjernene. Til sammen bruker vi altså seks hydrogenkjerner for å lage de to lette heliumkjernene. I trinn 3 'får vi tilbake' to av disse seks hydrogenkjernene. Den totale pp-reaksjonen og energiproduksjonen som kommer stjernen til gode blir derfor:

$$4\ {}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2\ e^+ + 2\ \nu + 2\ \gamma$$

$$2 * 1.18 + 2 * 5.49 + 12.86 \text{ MeV} = 26.20 \text{ MeV}$$

De 26.20 MeV med energi blir til stråling. I tillegg "forsvinner" 2 * 0.26 MeV = 0.52 MeV energi fra stjernen sammen med de to nøytrinoene.

De to positronene reagerer med to elektroner laget ved andre reaksjoner:

$$2\ e^+ + 2\ e^- = \text{stråling}$$

Vi kunne derfor ha skrevet totalreaksjonene slik:

$$4\ {}^1_1H + 2\ e^- \rightarrow {}^4_2He + 2\ \nu + \text{strålingsenergi}$$

Elektronvolt er en enhet som få har et forhold til. I stedet skal vi omgjøre dette til mer forståelige tall via Einsteins energiligning som sier at energi og masse er to sider av samme sak, og at de henger sammen på følgende måte:

$$E = mc^2$$

hvor E er energien i Joule, m er massen i kg og c er lyshastigheten i vakuum = ca. 300 000 km/s.

Atommassen til fire hydrogenkjerner er 4.03000 atommasse-enheter, mens massen til en heliumkjerne er 4.00130 atommasse-enheter. Det betyr at 4.03000 gram hydrogen blir til 4.00130 gram helium pluss en energimengde tilsvarende 0.00287 kg masse. Denne energimengden er lik $0.0287 * (3*10^8)^2$ Joule =

$2.583 * 10^{15}$ Joule. Dette er den energien du trenger for å løfte en masse på 2 583 tonn til en høyde på hundre meter en million ganger. Du må holde på i drøyt 11 ½ døgn for å løfte en million ganger dersom du løfter en gang hvert sekund (1 000 000 / (60*60*24) = 11.574). Og å løfte 2 583 tonn hele 100 meter opp er en tøff jobb selv om du bare skulle gjøre det en gang. Dette er altså energien som blir frigjort når (kun) 4.0300 gram hydrogen blir omsatt til 4.0013 gram helium.

At energiproduksjonen på Sola er nesten ufattelig stor skjønner vi når vi vet at Sola ***hvert sekund*** omdanner, ikke 4.03 gram, men ca. 610 millioner tonn ($610 * 10^9$ kg) hydrogen til helium. Solas masse avtar hvert sekund med 4.3 millioner tonn fordi dette er den massen som går over i energi ved produksjon av helium fra hydrogen.

Karbon-nitrogen-oksygen-syklusen (CNO-syklusen)

Karbon-nitrogen-oksygen-syklusen omdanner hydrogen til helium via flere trinn hvor karbon- (C), nitrogen- (N) og oksygenkjerner (O) inngår uten å forbrukes. Kjemiske reaksjoner hvor stoffer inngår uten å forbrukes kalles katalytiske reaksjoner, og stoffene som inngår uten å forbrukes kalles katalysatorer. CNO-syklusen betegnes derfor som katalytisk.

Figur 2 viser de seks trinnene som inngår i CNO-syklusen med tilhørende energiproduksjon for hvert ledd. Notasjonen er den samme som for pp-reaksjonen som er beskrevet ovenfor.

	Frigjort energi (MeV)
$^{12}_{6}C + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{13}_{7}N + \gamma$	1,94
$^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + e^{+} + \nu$	1,51 (0,71)
$^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{14}_{7}N + \gamma$	7,55
$^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{15}_{8}O + \gamma$	7,29
$^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + e^{+} + \nu$	1,76 (1,00)
$^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He$	4,96
Totalt	25,10 (1,71)

Figur 2: Reaksjonene i CNO-syklusen med energiomsetning i hvert trinn og totalt.

Tallene i parentes representerer den energimengden som nøytrinoet tar med seg når det forsvinner fra stjernen. De stabile (ikke radioaktive) isotopene av karbon, nitrogen og oksygen er henholdsvis $^{12}_{6}C$, $^{14}_{7}N$ og $^{16}_{8}O$. Trinn 2 og 5 består i at en radioaktiv (ustabil) atomkjerne, henholdsvis $^{13}_{7}N$ og $^{15}_{8}O$, spontant spaltes i en lettere atomkjerne samt et positron (e^{+}) og et nøytrino (ν). I siste trinn får vi den stabile heliumkjernen ($^{4}_{2}He$), samtidig som vi 'får tilbake' det karbonatomet vi brukte i første trinn. Den totale reaksjonen og dens energiproduksjon kan skrives slik:

$$4\ {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\ e^{+} + 2\ \nu + 3\ \gamma\ ;\ 25.01\ \text{MeV}$$

CNO-syklusen gir altså litt mindre energi som stjernen kan nyttegjøre seg enn pp-reaksjonen. Årsaken er at CNO-syklusen gir nøytrinoer med høyere energi enn pp-reaksjonen, og at energien til nøytrinoene 'forsvinner' fra stjernen når nøytrinoene forlater den.

Trippel-alfa-reaksjonen (3α-reaksjonen)

Denne reaksjonen produserer karbon fra helium via berylium-kjerner. Reaksjonen går i to trinn som vist på figur 3 når temperaturen blir høyere enn 100 millioner grader.

	Frigjort energi
$^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{8}_{4}Be + \gamma$	- 95 keV
$^{8}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma$	7,4 MeV

Figur 3: Reaksjonene i 3α-reaksjonen med energiomsetning i hvert trinn.

Berylliumproduksjonen krever at en energimengde på 95 keV ***tilføres*** (altså ikke produseres), derfor negativt tall på figuren. Beryllium-kjernene er ustabile, og nesten alle av dem brytes straks ned til to heliumkjerner ($^{4}_{2}He$) igjen. Men ved høy nok temperatur og høyt nok trykk inne i stjerner overlever en liten andel av $^{8}_{4}Be$-kjernene lenge nok til at de reagerer med en heliumkjerne i stedet for å brytes ned igjen til to heliumkjerner. Resultatet blir en stabil $^{12}_{6}C$ karbonkjerne og stråling (γ). Totalt sett reagerer altså tre heliumkjerner til en karbonkjerne og stråling. Totalreaksjonen med energiproduksjon blir:

$$3\ {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + 2\ \gamma\ ;\ 7.3\ MeV$$

Kjernereaksjoner i svært massive stjerner

I svært massive stjerner blir temperaturene og trykket så stort i kjernen at en rekke andre kjernereaksjoner også skjer. Disse produserer tyngre grunnstoffer helt opp til jern (Fe). Det mest ekstreme tilfellet er supernovaeksplosjoner hvor også tyngre grunnstoffer enn jern blir produsert.

Hovedkilde

”Klassisk og Moderne Astronomi”, Truls S. Ringnes, Aschehoug (1978), ISBN 82-03-08094-4.

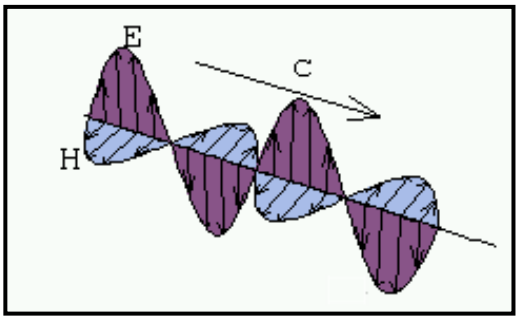
Dopplerforskyvning av spektrallinjer

Av Birger Andresen

Vi ser stråling som sendes ut fra objekter som beveger seg fra oss eller mot oss med litt annen farge (bølgelengde) enn fra tilsvarende stråling fra et objekt i ro i forhold til oss. Dette kalles dopplerforskyvning, og kan brukes til å finne ut en rekke ting om objekter langt ute i verdensrommet.

Elektromagnetisk stråling

Elektromagnetisk stråling består av periodiske variasjoner i elektriske og magnetiske felter som beveger seg gjennom rommet med lysets hastighet (c). Lys, radiobølger og røntgenstråler er eksempler på elektromagnetisk stråling. Bølgebevegelsen skjer vinkelrett på bevegelsesretningen.



Elektromagnetisk stråling, deriblant lys, er periodiske variasjoner i elektriske felter (E) og magnetiske felter (H) som beveger seg gjennom rommet med lysets hastighet (c). Lengden på pilene illustrerer feltstyrken. Det magnetiske og elektriske feltet svinger vinkelrett på hverandre og på strålingens bevegelsesretning. Avstanden mellom to topper i E eller H kalles strålingens bølgelengde (λ). Antall topper som passerer et punkt per sekund kalles strålingens frekvens (f).

Sentrale størrelser for elektromagnetisk stråling er:

- *Strålingens bølgelengde (λ) = Avstanden mellom to topper i E eller H.*
- *Strålingens frekvens (f)* = Antall bølgetopper som passerer et punkt i løpet av et sekund = c/λ, hvor c = lyshastigheten i vakuum = 299 492 458 m/s
- *Strålingens energi (E) pr. foton* = hf = hc/λ; hvor h = Plancks konstant = 6.626176 x 10^{-34} Js (Js = joule sekund).

Spektrum

Når vi sender lys fra en stjerne gjennom et prisme, ser vi alle regnbuens farger sortert fra dypt rødt til mørkt blått. I realiteten er lyset sortert etter energi, frekvens eller bølgelengde. Det røde lyset har lavest energi, lengst bølgelengde og lavest frekvens og det blå lyset har høyest energi, kortest bølgelengde og høyest frekvens. Utenfor den synlige delen av det elektromagnetiske spekteret finner vi infrarød stråling, mikrobølger og radiobølger som alle har lengre bølgelengde. I den andre enden av spekteret finner vi ultrafiolett stråling, røntgenstråling og gammastråling som den mest kortbølgede og mest energirike strålingen.

Absorpsjonslinjer

Noen steder i spekteret finner vi tynne mørke linjer. Disse kaller vi absorpsjonslinjer.

Mørke absorpsjonslinjer i et ellers kontinuerlig spektrum.

Absorpsjonslinjer oppstår ved at lyset fra stjernens overflate, som inneholder alle bølgelengder, passerer gjennom stjernens atmosfære og eventuell gass mellom oss og stjernen. Hvert grunnstoff har evnen til å fange inn stråling med energi som stemmer eksakt med energiforskjellen mellom to energinivåer i grunn-

stoffet. Strålingen sendes straks ut igjen som en eller flere strålingspakker (fotoner) som til sammen har samme energi som den absorberte strålingen. Strålingen sendes ut i en tilfeldig retning, og altså kun unntaksvis i retning mot Jorda. Strålingen ser for oss ut til å ha forsvunnet, og vi ser en mørk linje i spekteret for bølgelengder som tilsvarer energioverganger i de grunnstoffene som finnes mellom stjernens overflate og oss. Jo mer det finnes av grunnstoffet, jo mørkere blir absorpsjonslinjen. Hydrogen kan for eksempel fange inn stråling med følgende energier:

$$E_m - E_n = 13.60\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

hvor n og m er positive heltall og m er større enn n (hvis vi velger n=2, så er altså m=3 eller større).

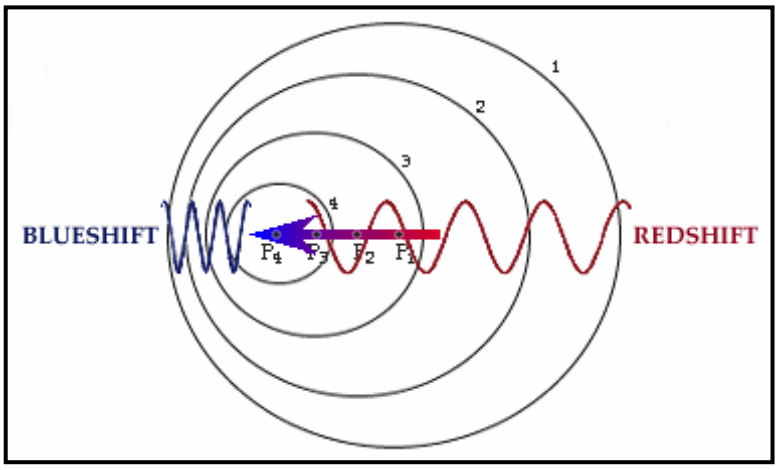
Hvis man setter inn E = hc/λ i denne ligningen, får man et utrykk for hvilke bølgelengder (λ) som hydrogenatomet kan fange inn:

$$\frac{1}{\lambda} = 0.0010967758\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

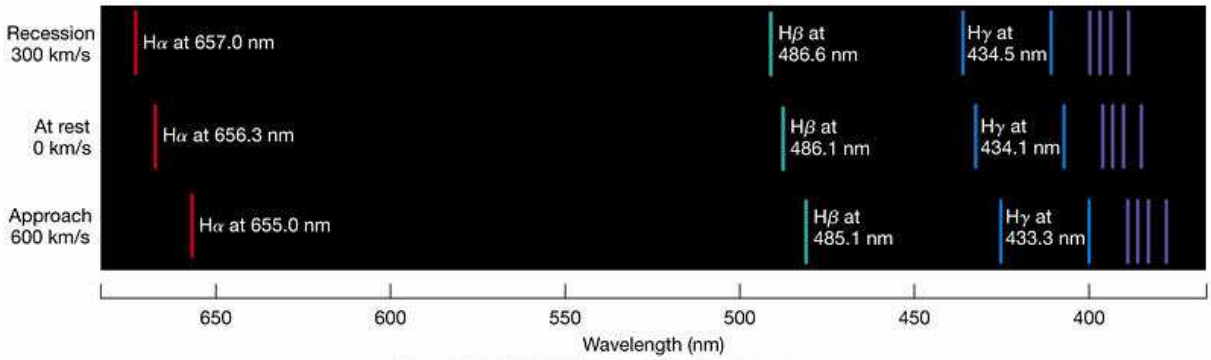
Ved å velge n=2 og m=3 i denne ligningen får vi 1/λ = 0.010967758*(1/4 - 1/9) = 0.0015233, hvilket gir λ = 1/0.0015233 = 656,3nm (1nm = 1 nanometer = 10^{-9}m = 0.000000001m). Dette er den berømte røde hydrogen-alfa linjen i spekteret.

Dopplerforskyvning av spektrallinjer

Siden bølgelengden er gitt av antall bølgetopper som passerer oss hvert sekund, vil bølgelengden endre seg dersom kilden for strålingen beveger seg mot oss eller fra oss. Hvis vi tenker oss en kilde som sender ut stråling med bølgelengde 1cm, så vil vi observere en bølgelengde på 1.5 cm dersom kilden har flyttet seg 0.5cm fra oss for hver gang en bølgetopp sendes ut. Motsatt vil vi observere en bølgelengde på 0.5 cm dersom kilden i stedet har flyttet seg 0.5cm mot oss for hver bølgetopp den sender ut. Lengre bølgelengde betyr rødere lys. Spektrallinjene fra et objekt som beveger seg vekk fra oss er altså forskjøvet mot den røde delen av spekteret (lengre bølgelengder). Dette kaller vi *rødforskyvning*. Stråling fra objekter som beveger seg mot oss er *blåforskjøvet*. Dette gjør at vi kan måle hastigheten langs siktelinjen til stjerner og galakser ved å måle hvor mye for eksempel hydrogen-alfa linjen er forskjøvet i spekteret.



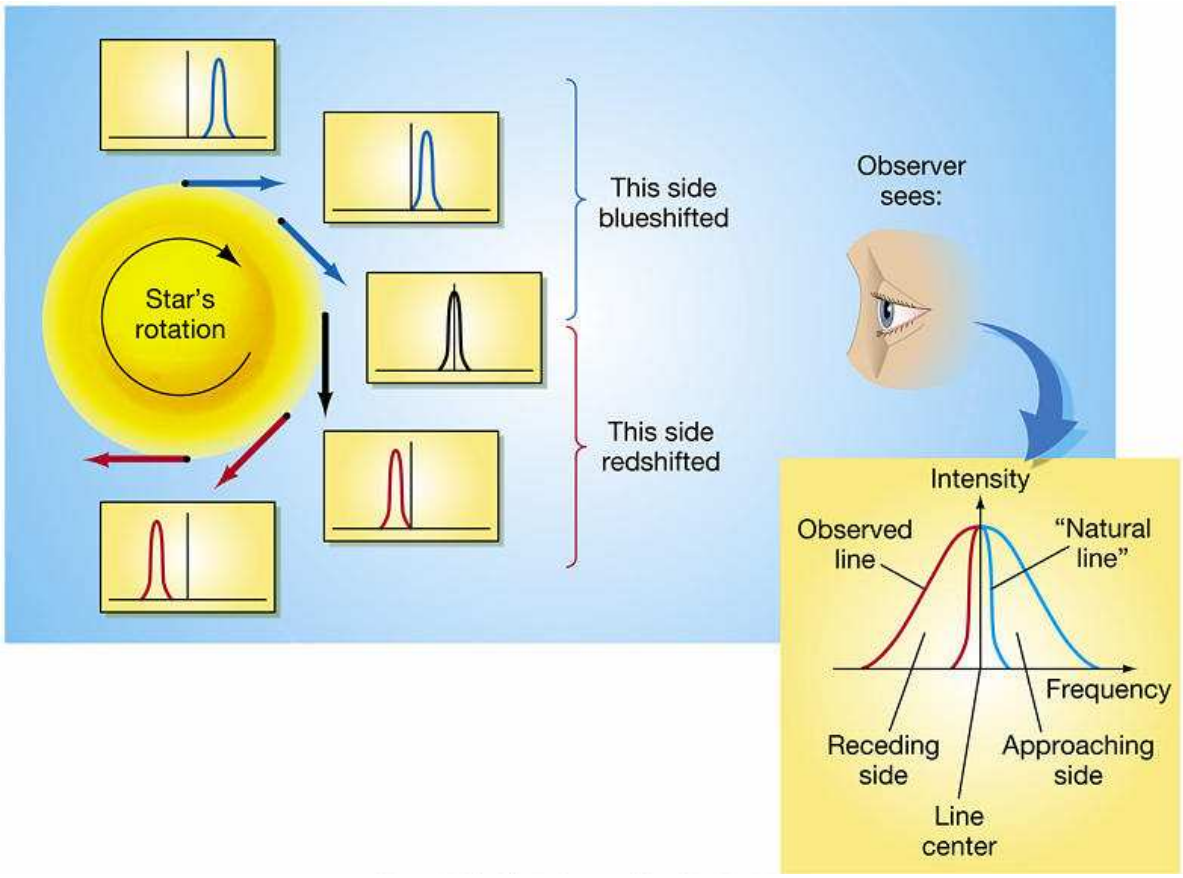
En observatør til høyre på figuren ser lengre avstand mellom bølgetoppene, dvs. lengre bølgelengde = rødere lys enn om objektet er i ro, mens en observatør til venstre på figuren ser en kortere bølgelengde = blåere lys når han eller hun ser det samme objektet.



Eksempler på rød- og blåforskyvning fra dopplereffekten for utvalgte hydrogenlinjer i den synlige delen av det elektromagnetiske spektrum. En hastighet på 600 km/s mot oss flytter Hydrogen-alfa linjen fra 656.3 nm til 655.0 nm, mens en hastighet på 300 km/s fra oss flytter den samme linjen til 657.0 nm. Forskyvningen er prosentvis like stor for alle bølgelengder. Det betyr at dersom en linje med bølgelengde 1000 nm forskyves 1.0 nm, så er forskyvningen 2.0 nm for en bølgelengde på 2000 nm.

Rotasjon av stjerner og galakser

Dopplerforskyvning av spektrallinjer gjør oss i stand til å måle rotasjonshastigheter for stjerner og bevegelsen til stjerner i galakser. For en stjerne som roterer rundt en akse som er vinkelrett på synslinjen til Jorda, vil stjerneoverflaten bevege seg rett mot oss på den ene randen og rett vekk fra oss på den motsatte randen jfr. figuren nedenfor. Spektrallinjen blir da bredere jo raskere stjernen roterer.



Rotasjon av stjerner gir bredere spektrallinjer enn om de ikke hadde rotasjon fordi strålingen rødforskyves for den delen som beveger seg fra oss og blåforskyves på motsatt side av stjernen.

Vi kan ikke måle rotasjonen for stjerner som har rotasjonsakse rett mot oss siden all rotasjon da er på tvers av synslinjen til stjernen.

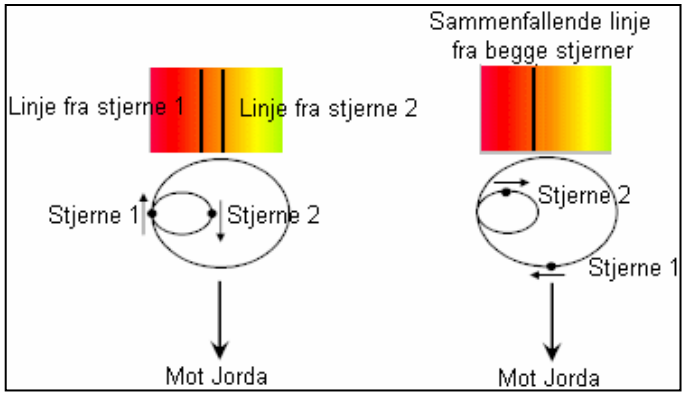
Dopplereffekten kan også brukes for å måle bevegelsen til stjernene i en galakse hvis dens rotasjonsakse ikke peker for mye mot Jorda. Da vil stjerner på den ene siden av galaksekjernen bevege seg mot oss og gi blåforskyvning av spektrallinjene relativt til sentrum av galaksen, mens stjernene på motsatt side av galaksens sentrum vil gi rødforskyvning fordi de beveger seg bort fra oss. Ut fra dette kan vi beregne rotasjonshastigheten til stjernene i en galakse. Målinger av dopplerforskyvningen til spektrallinjene i ulike avstander fra galaksens sentrum forteller oss hvordan rotasjonshastigheten varierer med avstanden fra sentrum av galaksen.

Spektroskopiske dobbeltstjerner

Spektroskopiske dobbeltstjerner er systemer bestående av to stjerner som går i baner rundt et felles tyngdepunkt på en slik måte at spektrallinjene avslører at det dreier seg om to stjerner. Dette skjer dersom banehastighetene til de to stjernene er så store og baneplanet er slik at dopplerforskyvningen av spektrallinjene til stjernene er målbart forskjellig gjennom et omløp.

Dersom baneplanet er vinkelrett på synslinjen til Jorda vil vi ikke få noen dopplerforskyvning fra banebevegelsen siden denne da alltid er på tvers av synslinjen, mens vi får maksimal variasjon når baneplanet er parallelt med synslinjen. Da vil hver stjerne vekselvis bevege seg bort fra oss og mot oss i løpet av et omløp. Spektrallinjene rødforskyves når den ene stjernen beveger seg bort fra oss og blåforskyves når den beveger seg mot oss. Linjene har ingen forskyvning når stjernen beveger seg på tvers av synslinjen. Spektrallinjen fra denne stjernen vil derfor pendle litt frem og tilbake rundt gjennomsnittsverdien. Det samme gjelder for strålingen fra den andre stjernen, men denne vil bevege seg bort fra oss og mot oss på andre tidspunkt enn den første.

Linjene fra de to stjernene vil derfor pendle rundt en gjennomsnittsverdi. De vil av og til overlappe slik at vi ser kun en linje. Dette skjer når banebevegelsen til begge stjernene er på tvers av retningen mot Jorda. Ellers vil linjene splittes i to linjer med økende avstand etter hvert som stjernene beveger seg raskt i hver sin retning langs siktelinjen til Jorda. Ut fra variasjonene i linjesplittingen kan man beregne banene til stjernene.



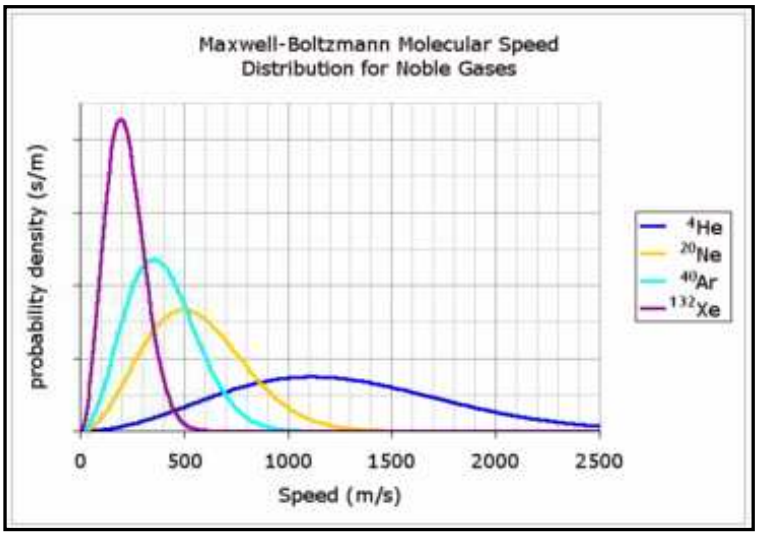
Spektroskopisk dobbeltstjerne: Dopplerforskyvningen er den samme for begge stjernene når de begge beveger seg på tvers av synslinjen til Jorda (til høyre på figuren). Da faller spektrallinjene for de to stjernene sammen. Resten av tiden splittes alle absorpsjonslinjer i to, og avstanden mellom dem er størst når den ene stjernen beveger seg rett vekk fra Jorda, mens den andre beveger seg rett mot oss (til venstre på figuren). Rød del av spekteret er til venstre på figuren og blå til høyre.

Temperaturen til en gass

Atomene og molekylene i en sky av gass beveger seg svært fort og i tilfeldige retninger. De beveger seg fortere jo høyere temperaturen er og jo lettere atomet eller molekylet er. Farten varierer mye fra en partikkel til en annen av samme type. Sannsynligheten for at en partikkel med masse m i en gass med temperatur T skal ha fart v, kalt f(v), er gitt ved Maxwell-Boltzmanns fordeling for gasshastigheter:

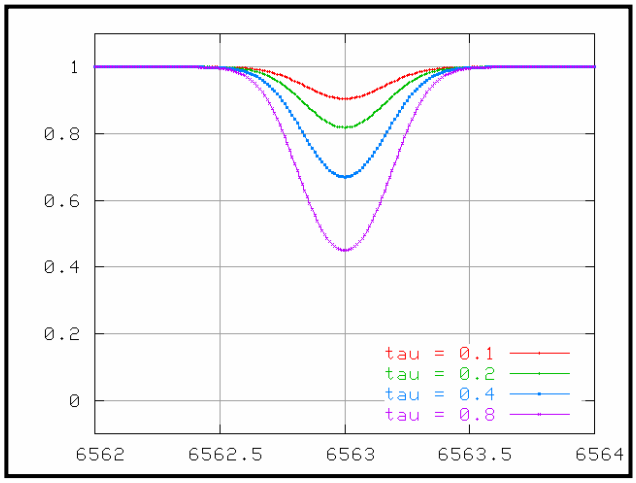
$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} v^2 \exp\left[\frac{-mv^2}{2kT}\right]$$

hvor m = partikkelens masse, T = temperaturen i Kelvin og k = Boltzmanns konstant = $1.38066 * 10^{-23}$ J/K.



Eksempler på hastighetsfordelinger for fire gasser (Helium, Neon, Argon og Xenon) ved 25°C. Gjennomsnittsfarten til helium ved denne temperaturen er ca. 1100 m/s, mens Xenon, som er 33 ganger tyngre, har gjennomsnittshastighet på ca. 200 m/s. Legg merke til at en betydelig andel av heliumatomene har fart over 2000 m/s og under 500 m/s selv om gjennomsnittshastigheten er 1100 km/s. Det er altså stor variasjon i farten til atomer av samme type.

Partikler med høy fart som beveger seg bort fra oss vil gi stråling som er betydelig rødforskjøvet, mens tilsvarende raske partikler som beveger seg rett mot oss gir stråling som er betydelig blåforskjøvet. Partikler som har lav fart eller beveger seg på tvers av synslinjen til Jorda vil ha liten eller ingen forskyvning. Hastighetsfordelingen og den tilfeldige retningen til atomene i en gass vil derfor på grunn av dopplereffekten gi brede spektrallinjer i stedet for tynne, klart avgrensede spektrallinjer.



Intensitetsfordeling for spektrallinjer fra gass som er i bevegelse får en klokkeform som endrer seg etter hvor mye linjen svekkes (svekkelsen øker hvis det er mye gass som absorberer stråling) og med temperaturen til gassen. Formen på spektrallinjene kan derfor brukes til å måle temperaturen i gassen der absorpsjonen skjer.

Det er flere andre fenomener som også fører til bredere spektrallinjer. Noen av dem gir samme form på klokkekurven, mens andre gir en litt annen form. Det kreves en svært komplisert analyse for å skille de ulike effektene fra hverandre.

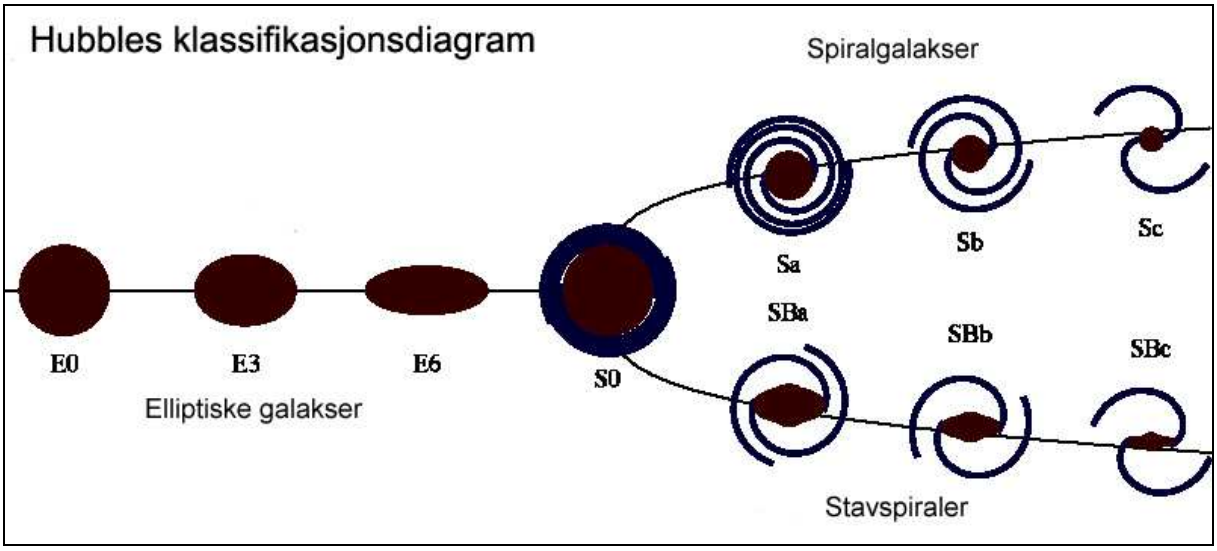
Hvordan er galaksene dannet?

Av Terje Bjerkgård

Galakser som Melkeveien er enorme ansamlinger av stjerner, gass og støv som holdes sammen av gravitasjonskrefter. Disse objektene har en svært varierende størrelse, lysstyrke og form. De kan være fra små, uregelmessige dverggalakser til store spiralgalakser som vår egen Melkevei, til mer homogene, enorme elliptiske systemer. De mest lyssterke galaksene, de merkverdige kvasarene, kan sees på avstander av milliarder av lysår, selv med amatørteleskoper. Er det noen sammenheng mellom disse forskjellige galaksetypene og hva kan de fortelle om utviklingen av Universet?

Klassifikasjon av galakser

Galakser klassifiseres ut fra deres generelle form som går på om de er elliptiske, spiralgalakser eller stavspiraler. Videre klassifiseres de ut fra spesifikke egenskaper som hvor elliptiske de er, antall spiralarmer eller hvor godt definert stavspiralen er. Denne klassifikasjonen kalles for Hubbles klassifikasjonsdiagram (også kalt stemmegaffeldiagrammet etter formen).



I tillegg til de veldefinerte elliptiske galaksene og spiralgalaksene, finnes det mange irregulære galakser uten noen form for struktur. Typisk for de irregulære galaksene er at de inneholder mye gass og støv slik at det foregår mye stjernedannelse. De har derfor en stor andel unge stjerner og mange lyssterke hydrogenskyer, som også finnes i spiralgalakser.

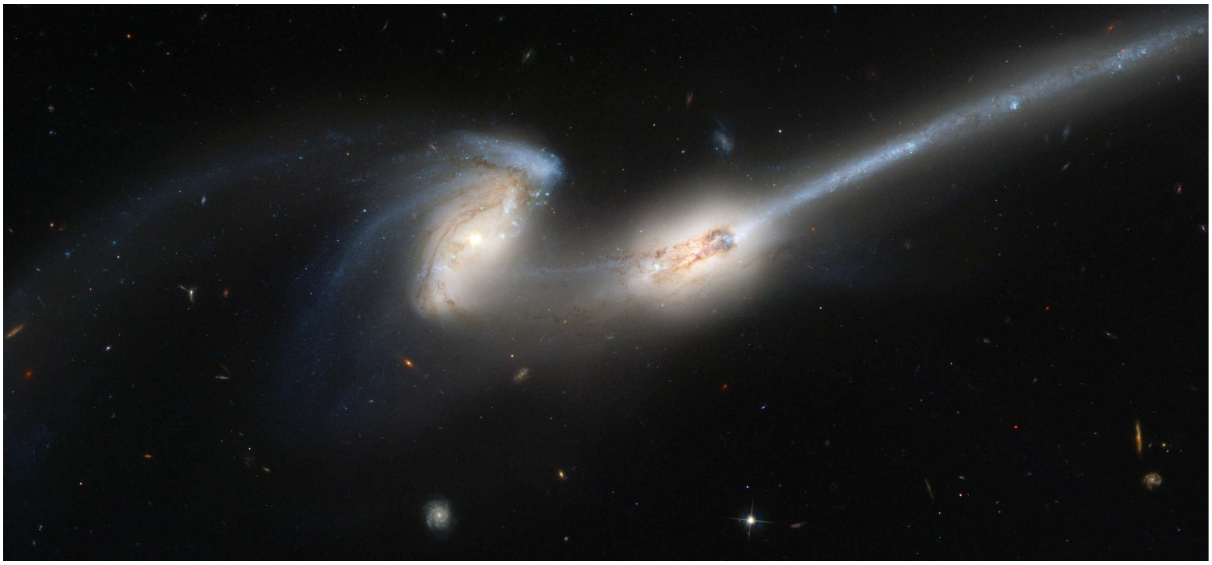
De irregulære galaksene har ofte ikke noe veldefinert sentrum, og de mest lyssterke delene kan være plassert ut mot kanten av galaksen. Galaksene kan i mange tilfeller regnes å være "primitive", i den forstand at de har et svært lavt innhold av tyngre elementer enn helium.

Noen irregulære galakser er influert av eller dannet ved kollisjon med en annen galakse. M82 (bildet til høyre) er tydelig påvirket av spiralgalaksen M81 som er like ved.

Galaksene viser seg å ha forskjellig sammensetning ut fra hvilken type de er. De elliptiske galaksene inneholder stort sett bare gamle røde stjerner og svært lite gass i form av ionisert hydrogen som kan gi opphav til nye stjerner. Dette er svært forskjellig fra spiralgalakser og irregulære galakser som inneholder mange unge blå

stjerner i tillegg til mange områder med hydrogen. Spesielt de irregulære galaksene er svært rike i unge stjerner og gasståker. Generelt sett er de elliptiske galaksene de mest massive, og inneholder typisk 10-100 ganger mer masse enn spiralgalaksene. Spiralgalaksene er igjen 10-100 ganger mer massive enn de irregulære.

I de tidlige modellene (opptil 1990-tallet) ble det antatt at i de elliptiske galaksene hadde stjernedannelsen skjedd svært hurtig og at det var årsaken til at de hadde lite gass og at de fleste stjernene var gamle. I spiralgalaksene og de irregulære galaksene derimot, skjer stjernedannelsen mer gradvis og kontinuerlig, noe som skulle forklare at de hadde mer av unge blå stjerner. Det ble også antatt at galaksene i stor grad var isolerte selv-regulerende systemer. Men faktum er at relativt til galaksenes størrelse, er det mindre avstand mellom dem enn mellom stjernene i Melkeveien. Og da Universet var yngre var avstanden ennå mindre, og sjansen for kollisjon mellom galakser var temmelig stor. Videre, de gamle teoriene innbefattet ikke mørk materie, som faktisk Fritz Zwicky oppdaget allerede på 1930-tallet i galaksehoper.



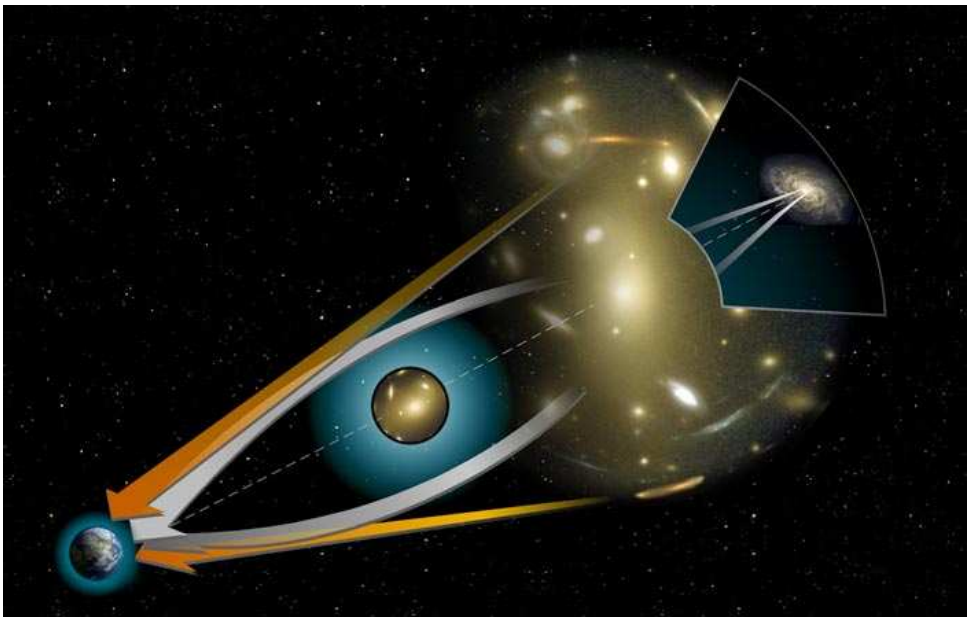
Eksempel på to spiralgalakser som er i ferd med å kollidere, de såkalte "Muse-galaksene" IC 819 og IC 820 i stjernebildet Coma Berenices (Berenices hår).

Å se tilbake i tiden

For å finne ut mer om sammenhengen mellom galaksetypene og deres utvikling må astronomene se lengst mulig tilbake i tiden. Dette gjør en ved å bruke de kraftigste teleskopene vi nå har og bruke gravitasjonslinsing. En gravitasjonslinse dannes når lyset fra et lyssterkt fjernt objekt blir avbøyd av et massivt objekt som ligger mellom lyskilden og observatøren. Ofte er dette en galaksehop. Effekten ble forutsagt av Einstein i hans Generelle Relativitetsteori. Gravitasjonslinser kan brukes som "teleskoper", fordi de konsentrerer lyset fra objekter bak dem, slik at svært svake objekter synes å være større og mer lyssterke og dermed lettere å se. På den måten kan svært fjerne galakser studeres. Nå har forskerne sett galakser tilbake til bare 500 millioner år etter Big Bang, dvs. bare 4% av nåværende alder.

Før 1990-tallet hadde astronomene store vanskeligheter med å se om fjerne galakser (og dermed yngre) var forskjellige fra de som er nær oss. Dette forandret seg i løpet av 1990-tallet med 10 meters teleskopene i Keck observatoriet på Hawaii og romteleskopet Hubble. Seinere har andre store teleskoper kommet til, blant annet ESOs fire 8.2 meters teleskoper (VLT) i Chile.

For 15 år siden lå de fjerneste normale galaksene forskerne kunne studere mindre enn 7 milliarder lysår unna, mens i dag er det rutine å studere dem som ligger 10-12 milliarder lysår unna.



Prinsippet bak gravitasjonslinsing: En massiv galaksehop avbøyer lyset til en bakenforliggende galakse. De mørke pilene viser den tilsynelatende posisjonen til galaksen i form av utdratte avbildninger, mens de lyse pilene viser lysgangen fra den sanne posisjonen.

Muligheten til å studere fjerne galakser i forskjellige bølgelengder er også svært viktig. Brukes de optiske kameraene til Hubble, avbildes de stjernedannende galaksene som har en overhyppighet av unge blå stjerner. Dette fordi det opprinnelig ultrafiolette lyset blir rødforskjøvet inn i den synlige del av spekteret. Brukes derimot infrarøde teleskoper som Spitzer, kan også galakser med andre stjernesammensetninger studeres. Man bruker også i stor grad kombinasjoner av mange radioteleskoper, som også gir god oppløsning i de lange bølgelengdene. Ved å kombinere disse dataene med data fra de store optiske teleskopene, spesielt når det gjelder å bestemme størrelse på rødforskyvningen, får en plassert de enkelte galaksene inn i riktig kosmisk tid. Dette samarbeidet mellom de store observatoriene har skaffet til veie unike data fra millioner av svake galakser.

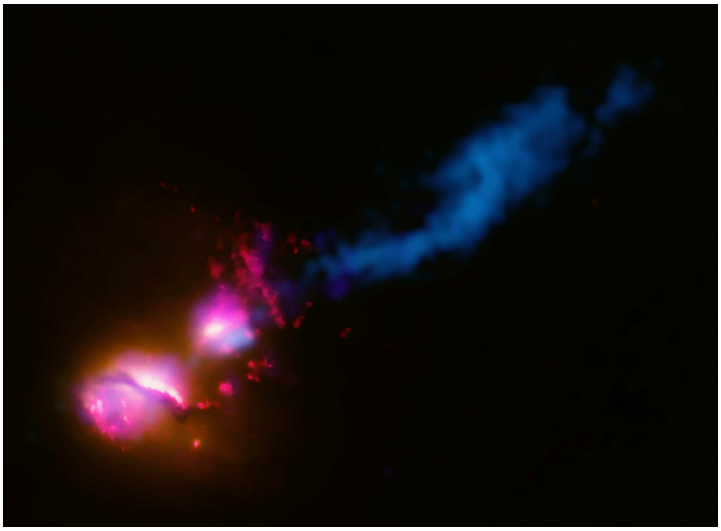
Dagens modeller

Modellene for galaksedannelse må ta mørk materie med i betraktning. I dag vet vi at det meste av en galakses masse ligger i en halo av mørk ”kald” materie utenfor den synlige del av galaksen. Forskerne mener at denne mørke materien er det som gjorde at gassen i en galakse ble dratt sammen av tyngdekreftene og førte til stjernedannelse. Når to galakser kolliderer og smelter sammen, smelter de to haloene av mørk materie sammen og den økte tyngdekraften fra denne samlede materien fører da til en ekstrem stjernedannelse i den nye større galaksen. Antakelig når etter hvert galaksene en størrelse hvor de blir spiralgalakser, men det er fremdeles usikkert når dette skjer, og ved hvilken masse. Det ser hvertfall ut til at det er færre spiralgalakser i de fjernere deler av Universet.

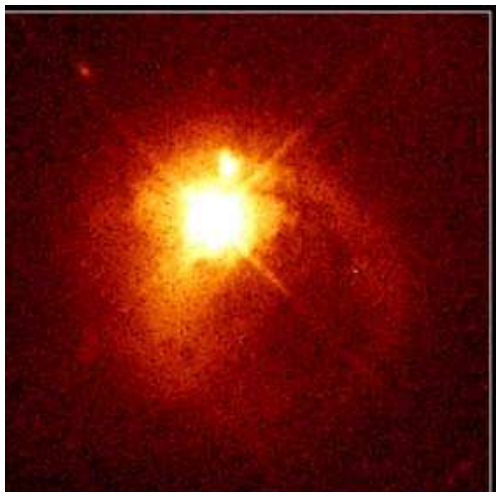
Det er gjort en rekke datasimuleringer for å forsøke å forstå hva som skjer når to store spiralgalakser kolliderer. Slike modelleringer må ta med i betraktning påvirkningen fra gravitasjonen fra så mange stjerner og gass-skyer som mulig og hva som skjer med dem. Dette krever enorm datakraft og i de seineste simuleringene har forskerne brukt datamaskiner i superklynger for beregningene. De gir et realistisk bilde på det som skjer og i tråd med hva teoretiske modeller også dels forutsier.

Simuleringene bekrefter at galakser vokser ved å kollidere og smelte sammen. Gravitasjonskrefter som slippes løs under sammensmeltingen viser seg å lede gass inn mot kjernen av galaksen og fører til intens stjernedannelse. De store mengdene gass fører også til at det sentrale svarte hullet vokser hurtig, faktisk nærmest eksponentielt. Gassen rundt hullet varmes opp til ekstremt høye temperaturer og genererer ufattelig store mengder energi. Det dannes en kvasar. Men når energien fra kvasaren overstiger en kritisk verdi, dannes det en ekstremt energirik overopphetet plasmastråle som blåser vekk all gass fra det svarte hullet. Dette gjør at det ikke er mer materie som kan falle inn mot hullet og hele systemet kollapser. Simuleringene viser også at kvasarfasen kan vare bare om lag 10 millioner år. Dette kan forklare hvorfor kvasarer er så sjeldne nå og sees bare på store avstander. De hadde sin storhetstid da Universet var bare noen få milliarder år gammelt og galakse-sammensmeltninger var langt mer vanlig.

Simuleringer av galakse-sammensmeltninger kan også forklare hvorfor de sentrale svarte hull i galaksene nesten alltid har en masse som er 0.2 % av massen i enten den sentrale utbulningen i spiralgalakser eller hele massen i elliptiske galakser. Det er nemlig slik at når det sentrale svarte hullet når en gitt kritisk masse dannes det en kvasar, som da vil blåse galaksen fri for gass.



To kolliderende galakser, der den største (til venstre) har et supermassivt svart hull som har sendt ut en ekstremt energirik jetstråle som treffer den andre galaksen. Begge galaksene har forøvrig hurtigvoksende sorte hull. Bildet er sammensatt av bilder tatt i synlig lys og UV (Hubble), røntgen (Chandra) og radiobølger (VLA og Merlin).



En kvasar i ferd med å fortære en mindre galakse.Galaksen er den lyse avlange flekken rett over kvasaren. Kvasaren selv er også omgitt av uregelmessige armer av stjerner og gass, tegn på tidligere galaksekollisjoner.

Simuleringene støtter også opp om teoriene om at kollisjoner mellom store spiralgalaksene fører til dannelse av elliptiske galakser. I motsetning til de mer regelmessige stjernebevegelsene i en spiralgalakse beveger stjernene seg i alle retninger i elliptiske galakser. Dette begynner man også å se ved å ta gassdynamikk med i betraktning i datasimuleringene.

De først simuleringene med galakse-sammensmeltninger ble gjort i 1972, og ikke lenge etter begynte man å se de første tegn på at dette var vanlig i Universet. Det brøt med den gjengse oppfatning at galakser skulle være isolerte "øy-universer". Tidlig støtte for sammensmeltingsteoriene kom med den infrarøde satellitten IRAS, som fant galakser som var opptil 100 ganger mer lyssterke i infrarødt enn i synlig lys. Dette er et klart tegn på aktiv stjernedannelse, noe som skjer når gassen blir presset tett sammen under kollisjonen. Videre hadde omtrent 80 % av disse galaksene haler og utvekster, klare tegn på at flere galakser var involvert. I de nærmere deler av Universet viser det seg at de lyssterke kvasarene alltid tilhører galakser som kolliderer eller smelter sammen. Det er ingen grunn til at fjerne kvasarer skulle være annerledes.

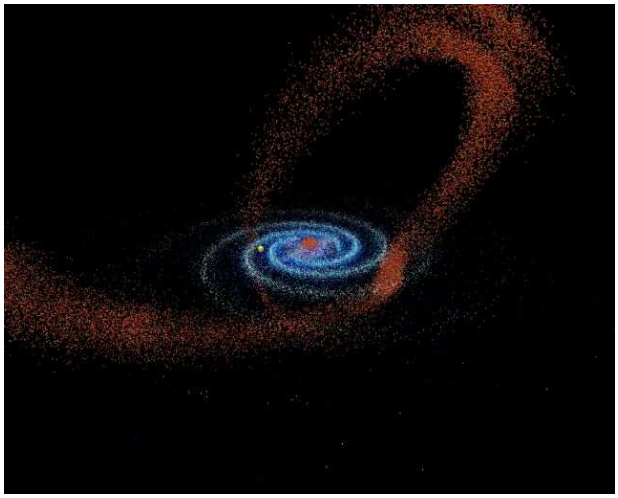
I de siste årene har forskere studert over 800 elliptiske galakser ved hjelp av NASA sin UV-satellitt GALEX (Galaxy Evolution Explorer). De har funnet ut at stjernedannelse avtar brått når galaksene og de sentrale svarte hullene blir større. Dette er i tråd med simuleringene, nemlig at når det svarte hullet når en kritisk masse, vil den voldsomme energiutsendelsen fra hullet stoppe all stjernedannelse.

Videre observasjoner i tråd med data-simuleringer vil nok gi flere svar på spørsmål når det gjelder utviklingen av galakser i Universet. Det forskerne finner ut i simuleringer, kan og må etterprøves ved observasjoner. Noen ganger er det imidlertid også uoppklarte observasjoner som simuleringene kan gi svar på.

Melkeveiens utvikling

Melkeveien er jo vår egen galakse og den kan også fortelle oss en god del om hvordan galaksene dannes og utvikler seg. Det klassiske synet på vår galakses utvikling, var at den ble dannet med samme størrelse som i dag fra en stor gass-sky da Universet var svært ungt. I 1978 hevdet imidlertid noen forskere at en del av kulehopene hadde kommet til i haloen til galaksene på et seinere tidspunkt, rester fra dverggalakser som har smeltet sammen med Melkeveien. De mest sannsynlige slike hoper er de som har en bane rundt vår galakse motsatt vei av det vårt Solsystem og de fleste andre stjerner har. Blant annet ble det tidlig hevdet at den største kulehopen, Omega Centauri, kunne være kjernen av en dverggalakse hvor resten av den var slukt av Melkeveien. Denne kulehopen befinner seg 17 000 lysår fra Jorden og inneholder anslagsvis 10 millioner stjerner og er dermed mye større enn de andre kulehopene. I tillegg er den noe flattrykt og stjernene har forskjellige aldre. Nå har astronomene funnet et sort hull i midten av Omega Centauri med 40 000 ganger Solens masse. Dette er for stort til å være dannet fra bare stjerner og bekrefter dermed at Omega Centauri er kjernen i en galakse som har fått sine ytre deler fjernet av tyngdekreftene fra Melkeveien.

Melkeveien er fremdeles omgitt av en rekke dverggalakser. Det viser seg at mange av disse er i ferd med å bli slukt av vår store galakse. De mest kjente er de to Magellanske skyene, to dverggalakser synlige på den sørlige halvkule. I forbindelse med disse er det observert 600 000 lysår lange filamenter av gass som følger galaksene i banene rundt vår galakse. Filamentene kan være dannet av tidevannskreftene fra Melkeveien. En annen er SagDEG, en elliptisk dverggalakse i Sagittarius (Skytten), som ble funnet ved en tilfeldighet i 1994. Galaksen befinner seg på motsatt side av Melkeveiens sentrum, men stjerner fra den er faktisk spredt i en gigantisk bue rundt vår galakse. Noen forskere har funnet indikasjoner på at SagDEG og den Store Magellanske Sky begge er deler av en større galakse som ble revet fra hverandre da den kom nær Melkeveien.



SagDEG ser ut som en gigantisk bue rundt vår galakse. Figuren viser fordelingen av røde kjempestjerner i dverggalaksen slik de er kartlagt av 2MASS prosjektet (2 Micron All Sky Survey) ved observasjoner i nær-infrarødt.

Kartleggingen av himmelen i Sloan Digital Sky Survey (SDSS) gir mange nye indikasjoner på galakser som rives fra hverandre av Melkeveien. Forskerne finner stadig nye strømmer av stjerner og gass som kan spores til både kulehoper og dverggalakser. Faktisk har SDSS siste år funnet syv nye dverggalakser rundt Melkeveien, alle sammen delvis revet i stykker av tidevannskreftene. Videre kartlegging vil nok finne mange flere slike galakser, ja, ut fra noen av de siste teoriene skal det finnes hundrevis.

Om omtrent 3 milliarder år vil Melkeveien og Andromeda-galaksen kollidere og etter en kosmisk dans rundt hverandre til slutt smelte sammen til en stor elliptisk galakse (se Corona 4/2004). Ser vi ennå lenger fram i tiden, vil vi antakelig ende opp i hjertet av den massive galaksehopen i Virgo (Jomfruen).

Kilde: I hovedsak Astronomy mars 2008

Stjernehimmelen juni til september 2008

Av Terje Bjerkgård

Generelt

Sommeren gir svært få observasjonsmuligheter siden himmelen er så lys. Det er mulig fortsatt å følge med på Saturn utover forsommeren. Når det gjelder Sola blir det spennende å se når solsyklus nr. 24 kommer i gang (se artikkel foran i bladet), så følg gjerne med på aktiviteten dersom du har et sikkert solfilter til å SETTE FORAN OBJEKTIVET.

Første astronomiske natt (Sola mer enn 18 grader under horisonten) etter sommeren får vi den 1. september, så da starter observasjonssesongen igjen for fullt. På den tiden står Uranus og Neptun fint til på sørhimmelen. Ellers er det både partiell sol- og måneformørkelse i denne perioden.

Formørkelser

Det er total solformørkelse 1. august. På fastlands-Norge er den imidlertid partiell. Totalitetssonen går nord for Svalbard. I Trondheim varer formørkelsen fra kl. 10.31 til kl. 12.38. Maksimum inntreffer kl. 11.34 da 59 % av solarealet er dekket. For de som er i Tromsø er 77 % av Sola formørket, mens på Nordkapp er 83 % og i Longyearbyen 93 % av Sola dekket.

Det er partiell måneformørkelse natten mellom 16. og 17. august. Månen kommer inn i Jordas helskygge kl. 21.36, den er maksimal kl. 23.10, mens Månen forlater helskyggen kl. 00.44. Ved formørkelsens begynnelse står månen like over horisonten i sørøst, mens den står i sør når formørkelsen er over. 81 % av Månen er dekket ved maksimum. Månen okkulterer for øvrig Neptun like før formørkelsen, men da er dessverre Månen og Neptun under horisonten.

Okkultasjoner

Månen passerer gjennom Pleiadene både i juni, juli, august og september. Passasjene i begynnelsen av juni og i juli skjer etter at Månen har gått ned, mens i slutten av juni skjer det på dagtid. Den 24. august skjer det ved midnatt, lavt i østhorisonten. Månen er da omtrent halv. Den 20. september skjer det ved 5-tiden på morgenen, høyt på sørhimmelen. Månen er da tre-kvart full.

Månen okkulterer Neptun 23. juni og 16. august, men ingen av disse er synlig for oss.

Planetene

Merkur er i nedre konjunksjon (nærmest oss) 7. juni og største vestlige elongasjon 1. juli. Imidlertid står planeten opp omtrent samtidig med Sola og er således ikke synlig. Den er i øvre konjunksjon (bortenfor Sola) 29. juli og blir deretter aftenstjerne med største østlige elongasjon 11. september. Imidlertid går den ned samtidig med Sola i denne perioden. En mulighet til å se ikke bare Merkur, men også Venus og Saturn, er 14. til 16. august da de tre planetene står mindre enn 3 grader fra hverandre. Dette kan bare observeres på dagtid, og spesielt Saturn kan være vanskelig å se med en lysstyrke på bare 0.8 mag. Merkur har lysstyrke -0.6 mag. og Venus -3.9 mag. En tilsvarende mulighet dukker opp i perioden 4. til 17. september da Merkur, Venus og Mars står mindre enn 4 grader fra hverandre. Imidlertid har Mars en lysstyrke på bare 1.7 mag, så den kan nok være vanskelig å se på daghimmelen.

Venus passerer bak Sola (okkulteres) i perioden 8. juni kl. 07.05 til 10. juni kl. 04.19. Utover i perioden kommer planeten stadig lenger øst for Sola, og er altså i prinsippet aftenstjerne. Imidlertid går den ned samtidig med Sola, så den er ikke enkel å få øye på. På sin vei østover på himmelen passerer Venus bare 14 bueminutter sør for Saturn 13. august, mens Merkur "tar igjen" Venus den 20. august slik at de to er knapt en grad fra hverandre på ettermiddagen. På morgenen 12. september passerer Venus bare 18 buesekunder nord for Mars. Igjen er dette kun synlig på dagtid.

Mars er nå så liten at detaljer er svært vanskelig å se med mindre teleskoper. Den beveger seg i juni inn i Løven (Leo). 30. juni er planeten mindre enn 1 grad fra Regulus i Løven, men dette er nærmest umulig å se siden Sola bare er noen få grader under horisonten. Den 10. juli passerer Mars mindre enn 40 bueminutter sør for Saturn. Imidlertid går begge disse planetene ned like etter solnedgang, så dette er meget vanskelig å se.

Jupiter er ikke synlig i denne perioden fra Trøndelag.

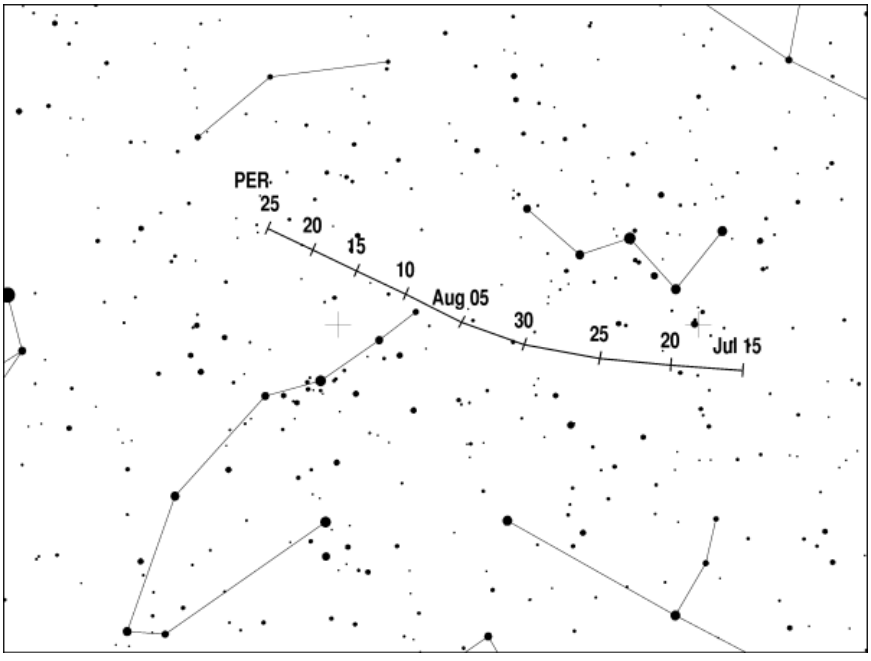
Saturn befinner seg sør i stjernebildet Løven (Leo). Planeten står i sør ca. kl. 19 den 1. juni. Den går ned like før kl. 03 den 1. juni og like før kl. 01 den 1. juli. Etter dette tidspunkt begynner det å bli svært vanskelig å finne planeten siden Sola er like under horisonten. Ringåpningen er merkbart mindre enn i de siste år. Nå begynner det å bli vanskeligere å se gapet i ringene (Cassinis deling) med mindre teleskoper.

Uranus står opp i sør-sørøst omkring midnatt i begynnelsen av juli, og er synlig lavt i sørøst omkring midnatt. Planeten befinner seg i grenselandet mellom stjernebildene Vannmannen (Aquarius) og Fiskene (Pisces). Den klatrer stadig høyere på himmelen utover mot høsten og står gunstig til for observasjoner fra midten av august. Den står da mer enn 20 grader over sørhorisonten. Uranus er i opposisjon 13. september. Lysstyrken er da 5.7 mag., så den kan så vidt skimtes uten kikkert. Diameteren på den grønnlige skiven er 3.7 busekunder. Med et stort teleskop (som 14-tommeren til TAF) er de mest lyssterke månene Titania og Oberon innen rekkevidde (hhv. lysstyrker 13.9 og 14.2 mag i avstand maks. 31 og 25 buesekunder).

Neptun befinner seg i stjernebildet Steinbukken (Capricornus). Den er i opposisjon 15. august. Planeten står da vel 12 grader over horisonten ved midnatt. Lysstyrken er ved opposisjon 7.8 mag og planeten er således godt synlig i prismekikkert. Diameteren på den lille blekblå skiven er kun 2.3 buesekunder. Den kan observeres langt utover høsten, men står stadig litt lavere på himmelen.

Meteorsvermer

Perseidene har maksimum 12. august kl. 13.30 til 16.00. Dette er en av de flotteste stjerneskuddsvermene vi har. Den ideelle timeraten (ZHR) er 100 meteorer pr. time. Selv om maksimum er på dagen, kan en likevel regne med brukbar aktivitet, spesielt natten mellom 12. og 13. august. Imidlertid er himmelen ikke særlig mørk i Trøndelag på den tiden. I år er det heldigvis ingen forstyrrende Måne. Ved gode forhold kan man fra Trondheim håpe å se en meteor hvert andre eller tredje minutt når himmelen er mørkest. Perseidene stråler ut fra et punkt mellom øvre del av Perseus og Cassiopeia, derav navnet (se kart). Den har et temmelig bredt maksimum og er aktiv helt fra 17. juli til 24. august. Svermen har en bra andel med svært sterke stjerneskudd og en kan regne med å se noen som er klarere enn de sterkeste stjernene rundt maksimum.



Utstrålingspunktet (radianten) flytter seg i løpet av perioden svermen er aktiv som kartet viser.