

# Jupiter – Solsystemets kjempeplanet

Av Birger Andresen

**Jupiter inneholder ca. 71% av den massen som er samlet i Solsystemets planeter. Den er derfor kjempen blant planetene i Solsystemet, og en favoritt blant hobbyastronomer.**

## Jupiterbanen

Jupiter er den femte planeten regnet fra Sola og utover. Avstanden er i gjennomsnitt 778,3 millioner km = 5.2 ganger så langt fra Sola som det Jorda er. Omløpstiden til Jupiter er 11.862 år, og gjennomsnittlig banehastighet er på 13.06 km/s, dvs knapt halvparten av Jordas gjennomsnittshastighet som er 29.8 km/s. Planetens bane avviker relativt lite fra en sirkel; ellipsen har en eksentrisitet på 0.0485.

## Selve planeten

Jupiter har en diameter på 142 984 km målt ved ekvator og 133 500 km målt gjennom polene. Dette er ca. 11 ganger Jordas diameter. Jupiterdøgnet er på bare 9.84 timer. Den raske rotasjonen forklarer hvorfor Jupiter er såpass flattrykt. Denne flattrykkingen kan du se på dette bildet som er tatt av Erlend Langsrud med videokamera og 130mm speilteleskop 2. januar 2002. Ekvator ligger på skrå mellom de to brede, mørke beltene. Planetens masse er 318 ganger så stor som Jordas masse, mens volumet er 1319 ganger Jordas volum.



Beregninger viser at en planet ikke kan bli særlig større i utstrekning enn Jupiter selv om massen økte betydelig. Den ville bare bli tettere og varmere. Hvis massen ble større enn ca. 80 ganger Jupiters nåværende masse, så ville trykket og temperaturen i kjernen bli stort nok til å starte kjernereaksjonene som omformer hydrogen til helium. Da ville objektet bli en stjerne, og størrelsen ville økt voldsomt på grunn av strålingen som må vekk fra kjernen.

Observasjoner viser at Jupiter sender ut mer energi enn den mottar fra Sola. Dette kommer av at Jupiter fortsatt trekker seg sakte sammen. Masse faller altså totalt sett sakte innover i dens tyngdefelt, selv om det lokalt forekommer sterke oppadgående bevegelser i planeten. Og når masse faller i et tyngdefelt, så frigis energi akkurat som når vi slipper en stein f.eks. fra en meters høyde. At det frigis energi kjenner vi dersom steinen treffer f.eks. foten vår.

Jupiter er en gassplanet. Omtrent 75% av dens vekt er hydrogen, mens de resterende 25% er nesten bare helium. Av andre stoffer er metan, ammoniakk, vann og 'stein' viktigst. Trykket og temperaturen er så høy innover i planeten at betydelige deler av hydrogenet foreligger som metallisk hydrogen hvor atomkjernen (protonet) og elektronet er skilt fra hverandre. Dette finner vi kun i svært store planeter og i stjerner. Det metalliske hydrogenet (ionisert hydrogen) leder elektrisk strøm, og er årsaken til at Jupiter har et svært sterkt magnetfelt som strekker seg helt til utenfor Saturns bane. Solvinden gjør at magnetfeltet imidlertid strekker seg bare noen få millioner km innover i Solsystemet.

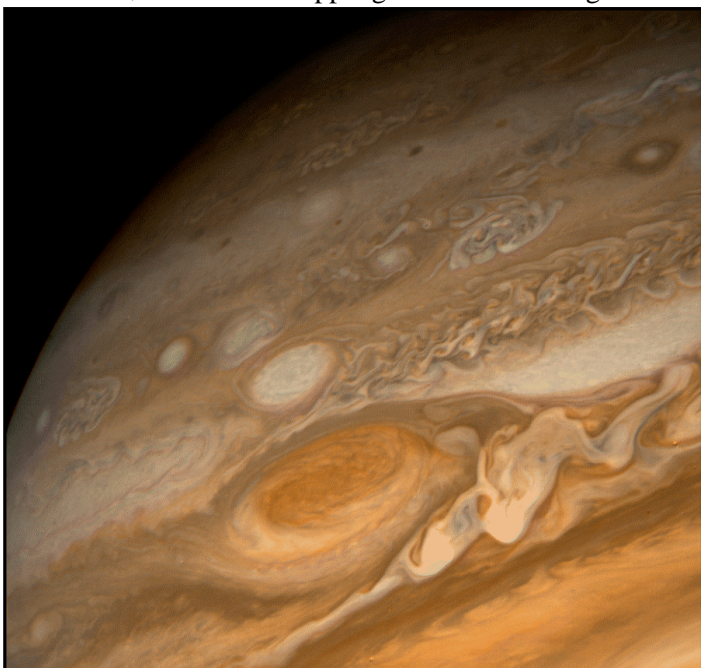
Jupiter har ingen skarpt avgrenset overflate slik som overflaten på en steinplanet som Jorda. I stedet blir bare gassen gradvis tettere og tettere innover mot en liten fast kjerne som trolig veier like mye som 10-15 jordkloder.

Fra Jorda ser vi kun de ytterste lagene av Jupiter. Disse øvre skylagene inneholder lite oksygen men betydelige mengder svovel. Svovelforbindelser er kjent for å danne ulike kjemiske forbindelser ved ulike temperaturer, og mange av disse har ganske sterke farger. Temperaturen i de forskjellige skylagene, og

hvor langt ned i disse lagene vi ser, bestemmer altså hvilken farge vi ser i akkurat det området. De blå områdene er steder hvor vi ser dypest ned i skylagene. Deretter kommer brune områder, og litt lengre opp dominerer hvitt, mens de røde områdene er de høyeste skytjøppene. Vindhastigheten kan komme helt opp i 600 km/time i disse skylagene. Strømningen er ganske turbulent, noe som tyder på at strømningene drives av varme innenfra, og ikke av solvarme, som på Jorden.

I en liten kikkert ser vi at Jupiter er dekket av mørke og lyse bånd. Disse strekker seg parallelt med Jupiters ekvator. De lyse båndene kalles *soner*, mens de mørke kalles *belter*. Det er et bredt belte på hver side av ekvator. Utenfor disse er det flere smalere belter.

Med litt større kikkerter oppdager vi at beltene og sonene ikke er jevne, men i stedet fulle av kompliserte



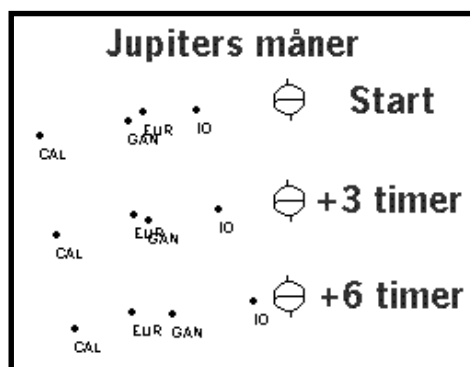
strukturer og flekker som kan være både lyse og mørke. Dette er et resultat av at vindretningen er motsatt i tilstøtende bånd. Det blir derfor store vekselvirkninger på grensene mellom båndene hvor det oppstår store virvelstrømninger og andre 'forstyrrelser' som vist på bildet til venstre. De fleste av disse endrer seg ganske mye over tid, mens noen vedvarer i mange uker, måneder eller endog mange år. Den såkalte *røde flekken* (bildet til venstre), som har vært observert sammenhengende i over 300 år, er det mest seiglivende av disse områdene. Dette er en enorm virvelstorm høyt oppe i atmosfæren. Flekken måler ca. 25 000 km langs ekvatorretningen og ca. 12 000 km på tvers av dette. Størrelsen tilsvarer altså to jordkloder lagt ved siden av hverandre. Det er fremdeles et mysterium hvordan en slik 'skypumpe' kan overleve i flere hundre år.

Flere teorier er fremsatt, men man vet ikke hvilken av dem – om noen – som eventuelt er korrekt.

## Jupiters måner

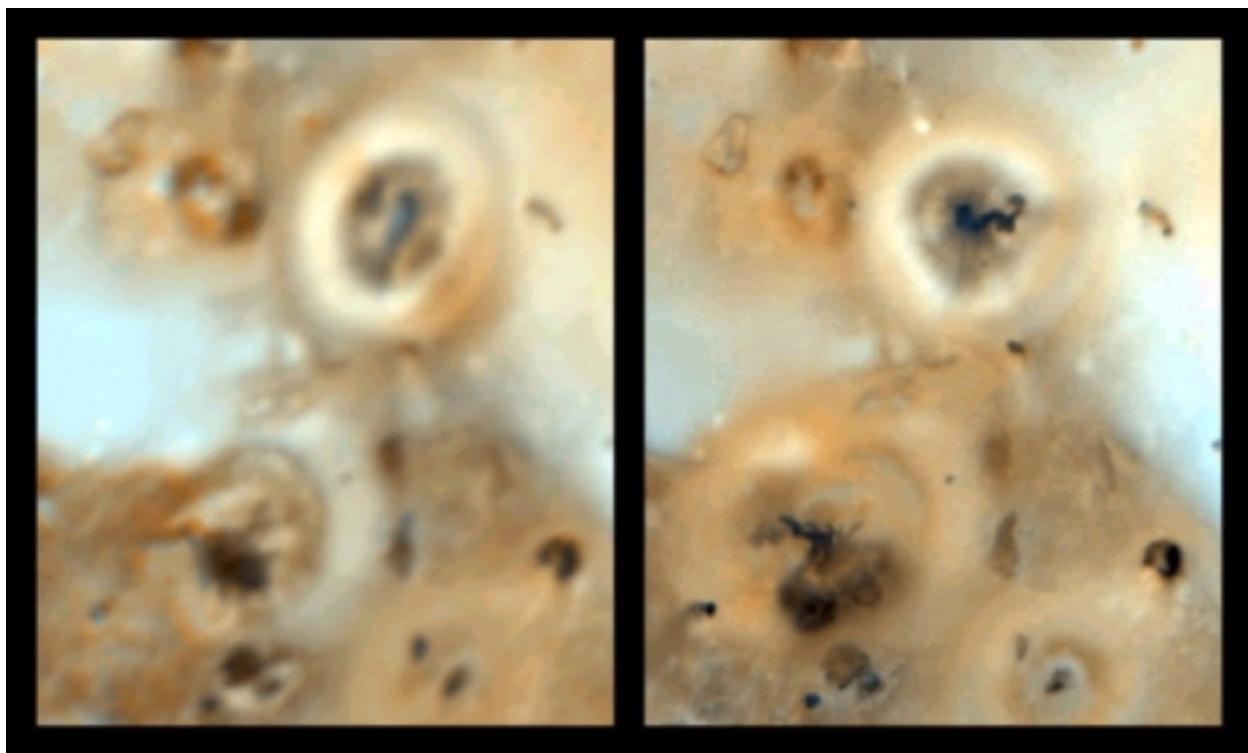
Jupiter har fire store og 35 små måner som vi kjenner pr. mai 2002. De fire største, de Galileiske månene, er oppkalt etter Galileo Galilei fordi han oppdaget dem da han som en av de første rettet en kikkert mot himmelen i januar 1610. Innenfra og utover har vi Io (radius = 1830 km), Europa (1450 km), Ganymedes (2630 km) og Callisto (2250 km). Til sammenligning har vår måne en radius på 1738 km, hvilket er bemerkelsesverdig stort for en så liten moderplanet. Ganymedes er Solsystemets største måne. Vi kan til og med se de Galileiske månene med turkikkert der de ligger nesten på en rett linje i planetens ekvatorialplan.

Io bruker kun 1.77 døgn på en runde rundt Jupiter. Den har altså flyttet seg til motsatt side av Jupiter fra en kveld til neste. Vi ser derfor betydelig bevegelse bare i løpet av noen timer (jfr. figuren til høyre som er laget med SkyMap Pro 6), spesielt dersom to måner passerer nær hverandre i hver sin retning sett fra Jorda. Europa og Ganymedes bruker så å si akkurat dobbelt og fire ganger så lang tid på sine omløp som det Io gjør. Eksakte verdier til tredje siffer etter komma er 2.007 og 4.044. Dette er et resultat av vekselvirkningen mellom månenes tyngdefelt, og det kalles resonans. Callisto har ikke rukket å komme i veldig god resonans med de andre tre månene ennå, men den vil gjøre det til slutt. Da vil den ha en omløpstid som er så å si lik 8 ganger



omløpstiden til Io. Pr. i dag er Callistos omløpstid 16.69 døgn, hvilket tilsvarer 9.433 ganger Ios omløpstid.

Alle de 35 andre månene til Jupiter er mindre enn ca. 100 km i radius. Hele 24 av dem er faktisk mindre enn 5 km i radius. Dette er trolig asteroider som er fanget inn i Jupiters enorme tyngdefelt. Vi kan forresten takke Jupiters tyngdefelt for at det er liv på Jorda nå. Jupiter har nemlig, gjennom sitt enorme tyngdefelt, fungert som en enorm støvsuger i Solsystemet. Opp gjennom tidene har utallige asteroider og kometer blitt trukket inn mot Jupiter og kollidert med den, eller de er blitt 'gjetet' inn i stabile baner mellom f.eks. Jupiter og Mars. Uten dette ville kanskje Jorda ha blitt truffet så ofte av objekter med størrelse som kan ødelegge mesteparten av livet på Jorda at mennesket neppe kunne ha utviklet seg. Så sent som i 1994 kolliderte komet Shoemaker-Levy 9 med Jupiter.



Månene til Jupiter er svært spennende. Io har enorme **aktive vulkaner** som vist på bildene ovenfor. Bildet til venstre er tatt fra romsonden Voyager 1 i 1979 og det til høyre av romsonden Galileo i 1996. Legg merke til forskjellen i kvalitet på bildene, og at spesielt den store vulkanen øverst har endret seg mye). Europa er derimot dekket av **frosset vann**. Man har mistanke om at det er flytende vann under isskorpen, og at det til og med kan finnes enkle former for liv der.

Det virker ved første øyekast merkelig at månene til Jupiter fremdeles kan være vulkansk aktive flere milliarder år etter dannelsen eller ennå inneholde vann som ikke er frosset fem ganger så langt unna Sola som oss. Energien fra Jupiters enorme magnetfelt påstås å være en av årsakene. En annen er energien fra tidevannskrefter fra Jupiter og de andre store månene. Disse er så store at de delene av Ios overflate som vender mot Jupiter trekkes ca. 100 meter mot Jupiter i forhold til hva den ville vært om Jupiter ikke var der. Mekanismen er den samme som gir flo og fjære på Jorda, men bare ufattelig mye sterkere. Disse tidevannskreftene 'pumper' energi inn i Io og varmer den kraftig opp. De to effektene gjør til sammen at Ios indre fremdeles er flytende og at den vulkanske aktiviteten er svært stor. De andre Galileiske månene varmes opp på samme måte, men i mindre grad siden de er lengre unna Jupiter.



Vulkanutbruddene på Io kan også være viktige for den tynne **ringen** som finnes rundt Jupiter. Denne ble oppdaget, til alles store overraskelse, da en gruppe forskere

mente at det var bryet verdt å lete etter en ring med romsonden Voyager 1. De mente at de like godt kunne ta noen ekstra bilder idet romsonden passerte ekvatorialplanet til Jupiter siden den allikevel hadde reist 1 milliard km når den passerte Jupiter. Og jammen fant de et sett svake ringer. Disse ringene ville løst seg opp ganske raskt på grunn av atmosfæriske og magnetiske krefter om det ikke fantes noe som kunne forsyne den med ny masse. Vulkanutbruddene på Io kan være en av kildene til fornyelse av ringene. Galileo romsonden har ellers funnet klare indikasjoner på at ringene også kontinuerlig etterfylles med støv som dannes ved svært energirike mikrometeoritt-nedslag på de fire innerste månene. Ringene er for øvrig synlige fra Jorda med store infrarøde teleskoper (litt rødere lys enn det øyet kan se, også kalt varmestråling).

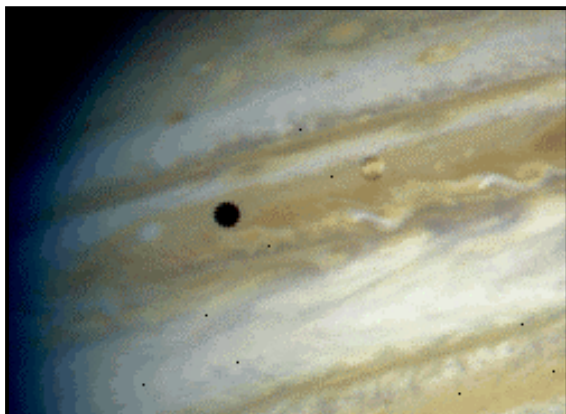
## Observasjon av Jupiter

Siden gjennomsnittsavstanden fra Sola til Jupiter er ca. 5.2 A.E.<sup>1</sup>, og tilsvarende for Jorda er 1 A.E., så varierer avstanden fra oss til Jupiter mellom ca. 4.2 og 6.2 A.E. Planeten er derfor en del flottere å se på når den er nærmest oss, i opposisjon, men forskjellen er på langt nær så stor som for Mars. Siden omløpstiden til Jupiter er 11.862 år, så er Jupiter nærmest oss (i opposisjon) med ca.  $1 / ((1/1) - (1/11.862)) = 1.09206$  års mellomrom (gjennomsnittsverdi); altså med ca. 13.1 måneders mellomrom. Neste gang dette skjer er når Jupiter står i Krepsen den 10. februar 2003. Dette er den siste gunstige opposisjonen på en god del år for oss her i nord, siden Jupiter flytter seg ca. 35 grader østover på himmelen mellom hver opposisjon. Neste gang er den allerede kommet til den østre del av Løven, og Jupiter står da ganske lavt på himmelen sett fra Norge selv når den står rett i sør ved midnatt. Og gangen etter det igjen, så har den akkurat krysset himmelekvator i Jomfruen, og da blir det umulig å se Jupiter godt før den kommer inn igjen på den nordlige himmelkulen 5-6 år senere.

Jupiter er vanligvis det fjerde sterkeste objektet på himmelen etter Sola, Månen og Venus. Mars kan av og til være klarere enn Jupiter. Den maksimale lysstyrken er ca. -2.5 mag. ved opposisjon, mens den er svakest med -1.7 mag. ved konjunksjon (samstilling med Sola), da den står bakenfor Sola.

Med små kikkerter kan du se de to sterkeste, brede beltene; et på hver side av ekvator. De ser da ut som relativt jevne og skarpt avgrensede mørke bånd. Med kikkerter fra 6 tommer og oppover begynner du å se at beltene har lyse og mørke strukturer i seg, og at de er ujevne langs grensen mot de hvite sonene. Du ser da både mørke og lyse ovale flekker i bånd og soner dersom forholdene er gode. Den røde flekken er en av disse. Ofte kan den se mer gul ut enn rød.

Når du ser strukturer i beltene, kan du også forvise deg om at Jupiter roterer raskt. Siden rotasjonstiden er kun 9.84 timer, så har jo en flekk som opprinnelig var midt på planetskiven flyttet seg helt ut til randen i løpet av 2.5 timer. I samme tidsrom vil du se at de fire Galileiske månene har flyttet seg merkbart i forhold til hverandre.

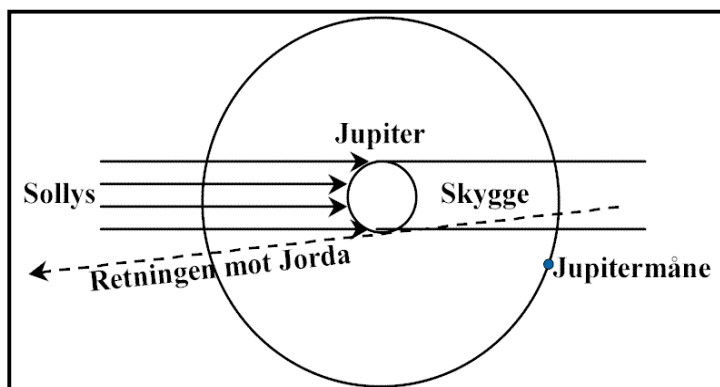


Med et 6 tommeres teleskop vil du også se skyggen av de Galileiske månene som små svarte sirkelskiver på Jupiteroverflaten når de passerer mellom Jupiter og Sola som vist på dette bildet hvor Io og dens skygge mot Jupiterskiven er synlig. Ved opposisjon vil dette skje når Jupitermånen er omtrent på linje mellom oss og Jupiter fordi Sola da står rett bak oss på den samme linjen. Skyggen er da nesten rett bak månen. Tre måneder før eller etter opposisjon vil imidlertid sollyset komme inn skrått i forhold til Jord-Jupiter retningen. Da vil du kunne se månen tett inntil Jupiter på den ene siden av planeten, mens skyggen av den samme månen vises på Jupiter. På samme måte vil månene kunne

'forsvinne' i skyggen fra Jupiter før de når kanten av planetskiven når de passerer bak planeten fra høyre i

<sup>1</sup> 1 Astronomisk Enhet = 1 A.E. = middellavstanden fra Sola til Jorda = 150 millioner km.

månedene før opposisjon. Dette kommer av at skyggen fra Jupiter da peker bakover og til høyre for Jupiter. I månedene etter opposisjon vil månene plutselig dukke opp et stykke unna Jupiter på dens venstre side etter å ha passert bak planeten fordi sollyset da kommer inn fra høyre. Disse effektene er lettest å se for Callisto som er lengst unna Jupiter.



På figuren beveger månen seg oppover i banen. Den kommer da inn i skyggen av Jupiter før den kommer inn til planet-skiven representert ved synslinjen fra Jorda til overflaten av Jupiter. Slik er situasjonen noen måneder før opposisjon. Ved opposisjon faller retningen mot Jorda sammen med retningen på solstrålene, og etterpå er retningen mot Jorda oppover mot venstre.

Ut fra hvor månene forsvinner eller dukker opp, eller posisjonene til skyggene fra månene på Jupiteroverflaten i forhold til månene selv, kan man beregne vinkelen til Sola i forhold til Jord-Jupiter retningen når man kjenner månens avstand fra Jupiter. Og den avstanden kan man måle direkte ved å tegne inn månens posisjoner i forhold til Jupiter over en lengre periode. Disse posisjonene kan også brukes til å beregne omløpstidene til de ulike månene (jfr. observasjonsprosjektet TAF satte i gang i vinter), men man må da huske på at Jorda og Jupiter flytter seg i forhold til hverandre fra uke til uke. Matematikken for å kompensere for dette er ikke spesielt vanskelig. Dette kommer vi trolig tilbake til i et senere nummer av Corona.

Det nevnes også at lyshastigheten ble bestemt allerede i 1655 av dansken Ole Rømer ved hjelp av Jupitermånene. Man observerte da tidspunktene for når månene forsvant bak Jupiter, når de gikk inn og ut av Jupiterskyggen og når skyggene av månene traff Jupiterskiven. Man oppdaget da at disse hendelsene kom gradvis mer forsinket etter hvert som avstanden til Jupiter ble større; avstanden er jo omtrent 4.2 A.E ved opposisjon og 5.3 A.E (165 millioner km større) tre måneder før og etter opposisjon. Da var hendelsene ca. 9 minutter og 10 sekunder = 550 sekunder forsinket i forhold til hva de var ved opposisjon, og lyshastigheten måtte derfor være  $165\,000\,000\text{ km} / 550\text{ sekunder} = 300\,000\text{ km/sekund}$ .

## Fargefilter for observasjon av Jupiter

En rekke ulike fargefilter fungerer meget bra for å fremheve ulike fenomener i Jupiters atmosfære når vi ser den i et teleskop. På <http://sciaastro.net/portia/advice/filters.htm> fremheves blå eller lysblå filtre som de beste for å se detaljer på Jupiter og Saturn. Et blått filter påstås å fremheve kontraster spesielt i overgangene mellom belter og soner på Jupiter samt detaljer i den røde flekken. Det egner seg også godt for vår egen måne. Et lyseblått filter påstås å fremheve strukturer i skylagene med lav kontrast. Det fungerer visstnok godt også på Mars, Saturn, Månen, og av alle ting, for å fremheve detaljer i lyssterke spiralgalakser som M51.

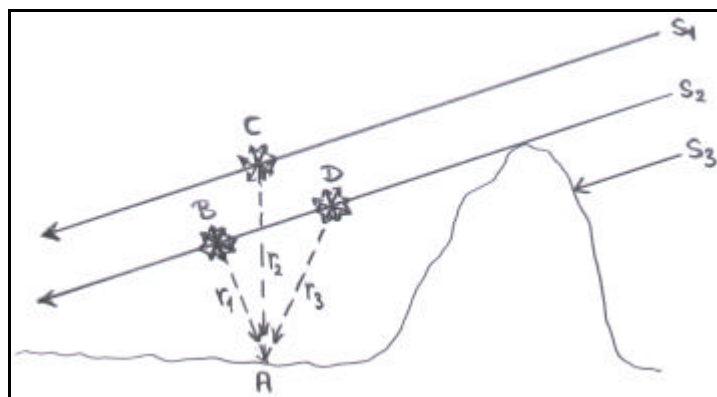
Andre fargefilter fremhever ulike typer detaljer på Jupiter. Orange filtre brukes ofte for å fremheve den røde flekken. Røde filtre, spesielt dypt røde, fremhever kontrasten mellom belter og soner, men disse stjeler så mye lys (75-80%) at de ikke egner seg for teleskop med mindre åpning enn ca. 15-20 cm. De røde filterne er forresten velegnet for observasjon av Venus både fordi de reduserer lysstyrken, men også fordi de fremhever detaljer i atmosfæren. De er visstnok også svært effektive for observasjon av Merkur og Venus på dagtid fordi de blokkerer ut lyset fra den blå atmosfæren. Dermed økes kontrasten mellom planeten og himmelen.

*Hovedkilde for faktaopplysninger om Jupiter: De Ni Planetene (<http://www.astro.uio.no/ita/DNP/>)*

# Lysspredning i atmosfæren

Av Birger Andresen

Uten lysspredning i atmosfæren hadde himmelen alltid vært mørk som om natten bortsett fra akkurat i de retningene som det var en sterk nok lyskilde til at vi så den direkte; f.eks. Sola, Månen, en planet eller en sterk nok stjerne. Men lysstrålene treffer atomer, molekyler (dvs. grupper av atomer) eller små partikler i vår atmosfære. Og disse sprer lyset slik at noe av det allikevel treffer oss selv om lyskilden ikke står akkurat i den retningen vi ser. Eksempler er at vi ser lysskinnet fra en by en mørk kveld selv om det er en stor ås mellom oss og byen, og at vi kan se sollys i atmosfæren selv om Sola f.eks. er bak en bygning.



Figur 1 : Lysspredning i atmosfæren gjør at vi kan se sollys fra alle retninger selv om Sola er f.eks. bak en fjelltopp. Ingen av solstrålene  $S_1$ - $S_3$  treffer observatøren i punkt A, men en liten andel av det opprinnelige lyset spres langs hele strålen f.eks. i punktene B, C og D. Noe av dette lyset kommer mot observatøren langs linjene  $r_1$ ,  $r_2$  og  $r_3$ , slik at litt sollys kan ses i alle retninger selv om selve lyskilden ikke er synlig. Det ville ellers vært mørkt som om natten i punkt A.

Lysspredningen er avgjørende for hvordan himmelen ser ut på ulike tider av døgnet. Den er også årsaken til at stjerner ser svakere ut når de står nær horisonten. Da går lyset gjennom så mye luft at mye av det spres. Resultatet er at mye mindre lys når fram til øyet enn når objektet står rett opp (i senit). Vi kaller dette fenomenet for *atmosfærisk ekstinksjon*. Verdiene i Tabell 1 gjelder kun for perfekte observasjonsforhold (grensemagnitudo ca. 6.5 mag. for personer med godt syn). Tykke skyer gir jo så sterk ekstinksjon at selv ikke Sola er synlig.

Tabell 1 : Typiske verdier for ekstinksjon i atmosfæren fra Norton's Star Atlas.  
Horisonten = 0°, mens senit (rett opp) = 90°.

Typiske verdier for atmosfærisk ekstinksjon					
43?	0.1 mag.	15?	0.7 mag.	6?	1.5 mag.
26?	0.3 mag.	13?	0.8 mag.	4?	2.0 mag.
19?	0.4 mag.	11?	0.9 mag.	2?	2.5 mag.
17?	0.5 mag.	10?	1.0 mag.	1?	3.0 mag.

*Rayleigh-spredning* og *Mie-spredning* er de to dominerende formene for lysspredning i vår atmosfære. Rayleigh-spredningen er årsaken til at himmelen er blå og at solnedgangen ofte ser rød ut, mens Mie-spredningen gir oss hvite skyer og det hvite skinnet som omgir sola når den står høyt på himmelen.

## Hvorfor er daghimmelen blå og solnedgangen ofte rød ?

Rayleigh-spredningen sprer mye lys vekk fra den retningen lyset opprinnelig beveger seg. Mesteparten av lyset vi ser langt unna sola skyldes Rayleigh-spredning. Denne spredningen er en faktor ti ganger så sterk for blått lys som for rødt lys (se faktaboks bakerst). Når Sola står høyt på himmelen vil altså mesteparten av lyset vi ser langt unna Sola være blått, mens det røde lyset stort sett fortsetter videre forbi oss. Resultatet blir at himmelen ser blå ut. Blåfargen dominerer stadig mer jo lengre unna Sola vi ser med unntak for områdene svært nær horisonten hvor vi ser gjennom et så tykt lag av atmosfære at andre effekter ofte dominerer.



Figur 2 : Himmelen blir dypere blå langt unna Sola fordi dominansen av blått lys fra Rayleigh-spredningen øker. Figur fra <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/blusky.html>

Det er også Rayleigh-spredningen sin fortjeneste at himmelen ofte er rød i nærheten av Sola når den står lavt på himmelen eller litt etter at den er gått ned. Årsaken er igjen at det blå lyset spres mest. Mye av den blå delen av sollyset spres derfor vekk fra synsretningen når du ser nesten rett mot Sola. Det røde lyset spres derimot så lite at mesteparten av det fortsetter rett frem mot deg. Desto mer finfordelt støv og vanndamp/iskrystaller det er mellom Sola og oss, jo dypere blir rødfargen fordi en enda større andel av det blå, grønne og gule lyset da spres til siden slik at det ikke når øyet ditt. Det er da nesten bare det røde lyset som slipper gjennom til deg. Men høyere opp er himmelen fremdeles blå fordi det derfra er kun det lyset som spres mest som når øyet ditt; nemlig det blå lyset. Skyer kan gi andre effekter. De kan f.eks. bli lyst opp fra undersiden med rødt lys når Sola står passe langt under horisonten.

Av dette kan vi lære en nyttig ting; nemlig at en rød solnedgang nok er vakker å se på, men den lover dårlig for observasjonskvelden siden det da er mye finfordelt støv og/eller vanndamp i atmosfæren.

Ut fra at blått lys spres til siden i langt større grad enn rødt lys, skulle vi tro at Sola ville ha et rødskjær også når vi ser mot den, f.eks. gjennom et nøytralt filter for å dempe lysstyrken, når den står høyt på himmelen. Det er to grunner til at dette ikke er tilfelle. Den ene er at mengden med luft mellom Sola og oss da er mye mindre enn når Sola står nær horisonten. Kun en liten andel av det blå lyset fjernes da. Dessuten er Mie-spredningen sterkere enn Rayleigh-spredningen i området nær Sola. Mesteparten av lyset som spres med Mie-spredning fortsetter omtrent i samme retning som lysets opprinnelige retning, og alle farger spres nesten like mye (se faktaboks bakerst). Mie-spredd lys gir derfor en hvit glans som helt overstråler rødskjæret fra Rayleigh-spredningen nær Sola når den står høyt.

At Månen ofte blir rød under måneformørkelser er også et resultat av Rayleigh-spredning. Intet sollys burde treffe Månen under formørkelsen fordi den er i skyggen av Jorda, men det røde lyset brytes og spres i atmosfæren vår slik at en del lys allikevel når fram. Lyset i den blå delen av spekteret spres så mye til siden at lite av det når Månen, mens en god del av det røde og oransje lyset kommer fram. Ved mye store partikler i atmosfæren spres mer lys til side slik at Månen blir mye mørkere. Dessuten blir Mie-spredningen mer dominerende og rødfargen skiftes ofte ut med en askegrå formørkelse.

## Tusmørke (skumring og demring)

Uten atmosfæren ville det blitt bekmørkt med en gang Solas øvre rand kom under horisonten. Men lysspredningen gjør altså at det i stedet blir gradvis mørkere etter hvert som Sola synker dypere under horisonten. Når en eventuell rødfarge fra solnedgangen er borte, så blir himmelen dypere og dypere blå fordi blått lys er det eneste lyset som spres nok til at det når deg på jordoverflaten når Sola kommer langt under horisonten. Men helt mørkt blir det ikke før Sola er 18° under horisonten. Da kan ikke engang det blåeste lyset spres nok til å nå oss.

Vi kaller tiden fra at Sola går ned til den er 18° under horisonten for *tusmørke* eller *skumring*. Tilsvarende periode kalles *demring* når Sola står opp om morgenen. Vi kaller den perioden som Solas sentrum er mindre enn 6° under horisonten for *borgerlig tusmørke*, mens perioden da Solas sentrum er fra 6 til 12° under horisonten kalles *nautisk tusmørke*. Den mørkeste delen av tusmørkeperioden, altså da Solas sentrum er fra 12 til 18° under horisonten, kalles *astronomisk tusmørke*.

Tabell 2 viser hvor svake stjerner en person med godt syn kan se i senit (rett opp) ved ulike forhold alt etter hvor langt under horisonten Sola befinner seg.

Tabell 2 : Grensemagnitudo (svakeste synlige stjerne i senit) som funksjon av soldybde (antall grader Sola er under horisonten). Verdiene er utarbeidet av Bjørn Håkon Granslo, Norsk Astronomisk Selskap.

Grensemagnitudo (svakeste stjerne synlig uten kikkert)							
Sol-dybde	Meget bra forhold	Moderate forhold	Mindre bra forhold	Sol-dybde	Meget bra forhold	Moderate forhold	Mindre bra forhold
18°	6.5 mag.	5.5 mag.	4.5 mag.	7°	3.3 mag.	3.3 mag.	3.1 mag.
15°	6.2 mag.	5.5 mag.	4.5 mag.	6°	2.6 mag.	2.6 mag.	2.5 mag.
13°	5.8 mag.	5.3 mag.	4.5 mag.	5°	1.9 mag.	1.9 mag.	1.9 mag.
12°	5.6 mag.	5.2 mag.	4.5 mag.	4°	1.2 mag.	1.2 mag.	1.2 mag.
11°	5.2 mag.	4.9 mag.	4.3 mag.	3°	0.5 mag.	0.5 mag.	0.5 mag.
10°	4.8 mag.	4.6 mag.	4.1 mag.	2°	-0.2 mag.	-0.2 mag.	-0.2 mag.
9°	4.4 mag.	4.3 mag.	3.9 mag.	1°	-0.9 mag.	-0.9 mag.	-0.9 mag.
8°	4.0 mag.	4.0 mag.	3.7 mag.	0°	-1.6 mag.	-1.6 mag.	-1.6 mag.

### Lysspredning om natta

Himmelen er ikke helt mørk selv om Sola er aldri så langt under horisonten. For øyet kan riktignok himmelen mellom stjernene se helt mørk ut, men lange eksponeringer med kamera avslører lysspredningen. Lys fra jordas overflate spres f.eks. i atmosfæren. Spesielt ille er dette inne i en by eller når vi er i nærheten av en by. Vi har da et lysteppe over himmelen hele natta. Men selv langt unna byer vil lyset fra Månen, stjerner, planeter, nordlys, zodiakallys osv. spres i atmosfæren slik at himmelen aldri blir helt mørk der heller. I tillegg vil atomene i lufta gløde svakt også om natta fordi de sakte stråler ut energi som de har plukket opp fra solstrålene på dagen; såkalt *luminescens* eller *natthimmellys*. Ved å flytte kikkertene utenfor atmosfæren forsvinner alle disse lyskildene bortsett fra zodiakallyset som er sollys reflektert fra interplanetarisk støv (støv i rommet mellom planetene) utenfor jordas atmosfære. Ellers har du sikkert lagt merke til at det er mørkere himmel når vi ikke har den hvite snøen på bakken. Den reflekterer jo også lys veldig godt, både fra himmelobjekter, byer, gatelys og annet lys.

*Zodiakallyset* ses kun sjelden fra våre breddegrader, men det ses ofte nær ekvator som et diffust trekantet lysskjær nær horisonten. Det har fått sitt navn fra Zodiac (Dyrekretsen) fordi det vanligvis ses i de stjernebildene som utgjør Dyrekretsen. Årsaken er selvfølgelig at mesteparten av det interplanetariske støvet befinner seg nær Solsystemets plan, ekliptikken. Og det er her vi finner stjernebildene i Dyrekretsen. Fra Norge danner ekliptikken størst vinkel med horisonten i vest og øst når Sola går ned eller står opp ved vår- eller høstjevndøgn. Det betyr at Sola da går raskt ned, og at det blir fort mørkt. Støvbåndet står da maksimalt høyt på himmelen nær Sola akkurat når himmelen så vidt har blitt helt mørk. Sjansen for å se zodiakallys er derfor størst i mars/april og i september/oktober. Nær ekvator danner ekliptikken alltid en stor vinkel med horisontene i øst og vest når Sola går opp



eller ned. Sola går faktisk nesten rett opp og ned, og det gjør også ekliptikken. Da bruker Sola bare 1 time og 12 minutter på å komme 18° under horisonten slik at det blir helt mørkt. Støvet i ekliptikken står da fremdeles langt over horisonten når det blir mørkt. Dette er årsaken til at zodiakallyset er så mye lettere å se fra områdene nær ekvator.

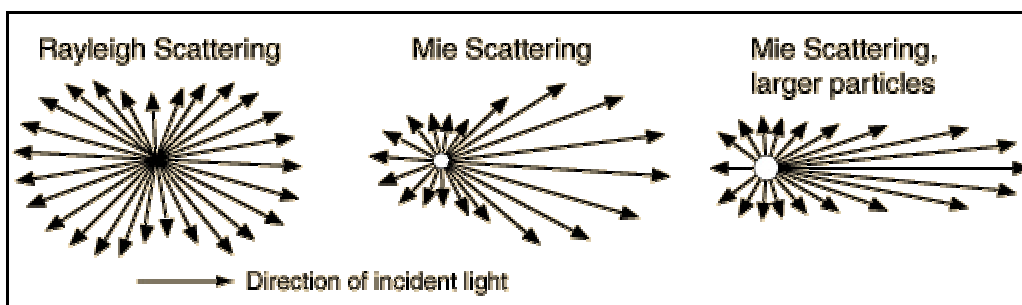
*Gegenschein* (motskinn) er motsatsen til zodiakallyset. Dette skyldes også interplanetarisk støv som lyses opp av Sola, men denne gangen er lyset reflektert tilbake mot Jorda når Sola står i stikk motsatt retning. Sollyset går altså forbi Jorda og reflekteres tilbake mot oss fra støv det treffer utenfor vår atmosfære. Vi ser det f.eks. i sør når Sola står i nord, og vi ser det nær ekliptikken hvor det er flest støvpartikler. *Gegenschein* er svakt, og det kreves svært mørk himmel for å se det. Retningen vi ser det i må ikke overlappe med Melkeveien fordi lyset fra den vil overstråle det.



Figur 3 : Zodiakallys (til venstre) og *Gegenschein* (til høyre) fra NASAs 'Astronomy Picture of the Day' websider på <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/>. Bildet til venstre er tatt med kamera som ikke har fulgt stjernenes bevegelse over himmelen. Hver stjerne er derfor avbildet som en krum strek. Krumningen øker nær himmelens nord- og sørpol.

### Mie-spredning

Mie-spredningen er dominerende form for lysspredning når lys treffer partikler som er større enn ca. 1/10 av lysets bølgelengde. Denne spredningen skjer i hovedsak i samme retning som lyset opprinnelig beveger seg, og retningseffekten øker med partikkelstørrelsen slik det er antydnet på figuren nedenfor hvor lysstrålen kommer inn fra venstre.



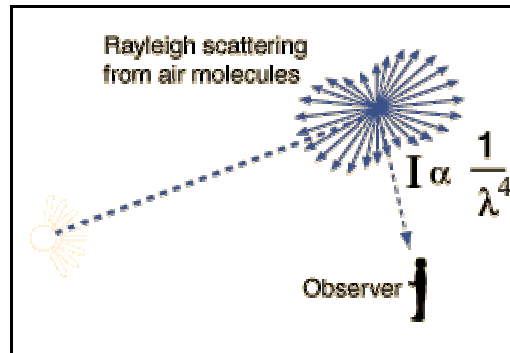
Figur 4 : Romlig fordeling av spredt lys ved Rayleigh- og Mie-spredning. Lengden på pilene viser hvor mye av det spredte lyset som sendes ut i den retningen. Mie-spredningen er i hovedsak rettet fremover, og spesielt når partiklene som lyset spres mot er store. Figuren er hentet fra <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/blusky.html>

Til forskjell fra Rayleigh-spredning, er Mie-spredningen omtrent lik for alle bølgelengder (farger). Sollyset spredt ved Mie-spredning ser derfor stort sett hvitt ut akkurat som det opprinnelige sollyset. Det er dette som gjør at vi ser en hvit 'glød' rundt Sola og at skyer stort sett ser hvite ut.

### Rayleigh-spredning

Rayleigh-spredningen er dominerende form for lysspredning når lys treffer partikler som er mindre enn ca. 1/10 av lysets bølgelengde. Rødt lys har bølgelengde ca. 700nm (nanometer) = 0.0007mm, mens blått lys har bølgelengde 400nm. Rayleigh-spredningen er derfor viktig når lyset treffer atomer, molekyler og støvpartikler som er mindre enn ca. 0.00005mm.

Den romlige fordelingen av spredt lys ved Rayleigh-spredning er vist på figuren nedenfor. Det er en viss overvekt av spredt lys i samme retning som lyset opprinnelig beveget seg i og i den stikk motsatte retningen (bakoverspredning). Spredningen er minst vinkelrett på lysets opprinnelige retning, men totalt sett er Rayleigh-spredningen ganske lik i alle retninger.



Figur 1 : Romlig fordeling av spredt lys ved Rayleigh-spredning. Lengden på pilene viser hvor mye av det spredte lyset som sendes ut i den retningen. "I" betyr "proporsjonal med". Figuren er hentet fra <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/blusky.html>

Rayleigh-spredningen er mest effektiv for lys med kort bølgelengde. Intensiteten av spredt lys med bølgelengde  $\lambda$  er gitt ved formelen  $I_{\lambda} = k/\lambda^4$ , hvor  $k$  er en konstant. Fra denne formelen finner vi f.eks. at  $I_{400}/I_{700} = (k/400^4)/(k/700^4) = 700^4/400^4 = 9.4$ . Rayleigh-spredningen for blått lys med bølgelengde 400nm er altså 9.4 ganger så stor som for rødt lys med bølgelengde 700nm. I praksis betyr det at mesteparten av det lyset som spres ut til siden og bakover er blått, mens det røde lyset stort sett fortsetter i den opprinnelige retningen. Mesteparten av det spredde sollyset du ser på tvers av solstrålene, eller når du ser bort fra Sola, er altså blått. Dette er årsaken til at himmelen ser blå ut.

## Utbedringer på observatoriet

Det er støpt nytt fundament til 11 tomers teleskopet på observatoriet i sommer. En rekke personer har deltatt på dugnader. Av disse berømmes spesielt Brynjar Berg, Bjørn Willmann og Pål Buseth for meget verdifulle bidrag både med arbeid og ikke minst gode løsninger. Vi har nå et bunn solid fundament, men plages litt med vibrasjoner i teleskopets originale deler. Vi undersøker hva som kan gjøres med dette selv om det neppe vil være et praktisk problem annet enn ved fotografering i vind.

Per Sæterhaug (AAF) berømmes for betydelig innsats med forlengelse av skinnegangen slik at vi får dratt taket enda lengre vekk for å frigjøre deler av østhimmelen som hittil har vært blokkert av taket. Dette arbeidet fullføres snart. Ellers er vi snart ferdige med maling av observatoriebygget og innsetting av den utvendige platingen med olje. Utover dette gjenstår nå bare noe arbeid med bedre hjul til taket, bedre hengsling av luka på veggen og litt snekkerarbeid inne i observatoriet. Intet av dette er kritisk for bruken. Observatoriet er altså fullt operativt, og vil bli brukt flittig fremover.

Styret v/Birger Andresen

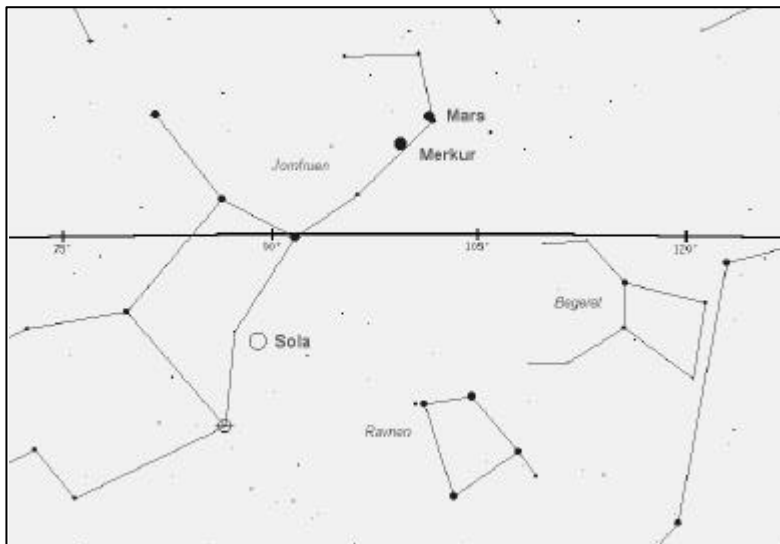
# Stjernehimmelen september - november

Av Terje Bjerkgård

Først fra omlag 1. september blir det mørkt nok til at vi kan begynne med seriøse observasjoner i Trøndelag, med unntak av enkelte av de mer lyssterke variable stjernene og dobbeltstjerner. Vi bør utnytte de mørke høstnettene før et snødekke lyser opp nattehimmelen igjen. Sommertiden avsluttes i år søndag 27. oktober, og dette er det tatt hensyn til i tidspunktene under.

## Planetene

*Merkur* er "aftenstjerne" i september, men går ned omtrent samtidig med Sola og er derfor ikke synlig på kveldshimmelen. Den passerer Sola 28. september og blir i begynnelsen av oktober "morgenstjerne". Den er lettest å observere rundt 10. oktober mellom klokka 6 og 7 om morgenen. Den 11. oktober står Merkur bare 3 grader unna Mars (se figur). På grunn av at Sola står bare 10-12 grader under horisonten er nok prismekikkert nødvendig. Den 13. november blir planeten okkultert av Sola, men dette er ikke synlig fra Norge.



Samstilling mellom Mars og Merkur på morgnehimmelen (kl.06-07) 11.oktober.

*Venus* er i likhet med Merkur "aftenstjerne" i begynnelsen av perioden, men nærmer seg gradvis Sola. Den går ned samtidig med Sola, og kan derfor ikke observeres uten kikkert. Den passerer Sola 31. oktober og dukker da etterhvert opp på morgnehimmelen. Den nærmer seg gradvis Mars og er 1. desember bare 2 grader unna (1.5 grader 6. desember).

*Mars* står lavt på morgnehimmelen fra begynnelsen av september, men er nok først mulig å se fra Trondheim rundt 1. oktober, når det begynner å bli mørkt nok om morgenen. Lysstyrken er mellom 1.7 og 1.8 mag. For samstillinger med Merkur og Venus, se over.

*Jupiter* dukket opp på morgnehimmelen på seinsommeren og står stadig tidligere opp utover høsten. 1. september står planeten opp kl. 02.10, 1. oktober kl. 00.53 og 1. november kl. 22.20. Planeten øker i lysstyrke fra  $-1.8$  mag. til  $-2.3$  mag. I begynnelsen av september (1.-10.) passerer forøvrig planeten like sør for den flotte åpne stjernehoppen Praesepe (Bikuben) i stjernebildet Cancer (Krepsen). Jupiter beveger seg så etterhvert inn i stjernebildet Leo (Løven).

*Saturn* dukket også opp på morgnehimmelen på seinsommeren og står opp ca. 3.5 timer før Jupiter. Lysstyrken øker i perioden fra 0.1 til  $-0.4$  mag. Den befinner seg i hele perioden helt øst i stjernebildet Taurus (Tyren). Saturn er i opposisjon 18. desember og har da en lysstyrke på  $-0.5$  mag. og en vinkelutstrekning på 20.55 buesekunder. Den er 20.44" den 1. desember. Planeten kaster nå skygge på ringen, noe som gir en fin 3-dimensjonal effekt. Ringåpningen er fremdeles stor, så det er forsøkt verdt å se etter Cassinis deling i ringene med mindre teleskoper (4-6 tommere).

Som i foregående år befinner *Uranus* og *Neptun* seg lavt på sørhimmelen i stjernebildet Capricornus (Steinbukken). De har lysstyrke henholdsvis på 6. mag. og 8. mag., det vil si godt innenfor rekkevidden til en prismekikkert. Neptun var i opposisjon 1. august og Uranus 20. august, så de blir begge gradvis noe svakere og kommer lavere på himmelen utover høsten. De ble observert gjentatte ganger fra observatoriet i Bratsberg sist høst og bleke blågrønne skiver kunne sees i 11-tommeren. De er imidlertid altfor langt unna oss til at vi kan se noen detaljer på skivene. Kart med posisjoner kan skaffes fra redaktøren ved forespørsel.

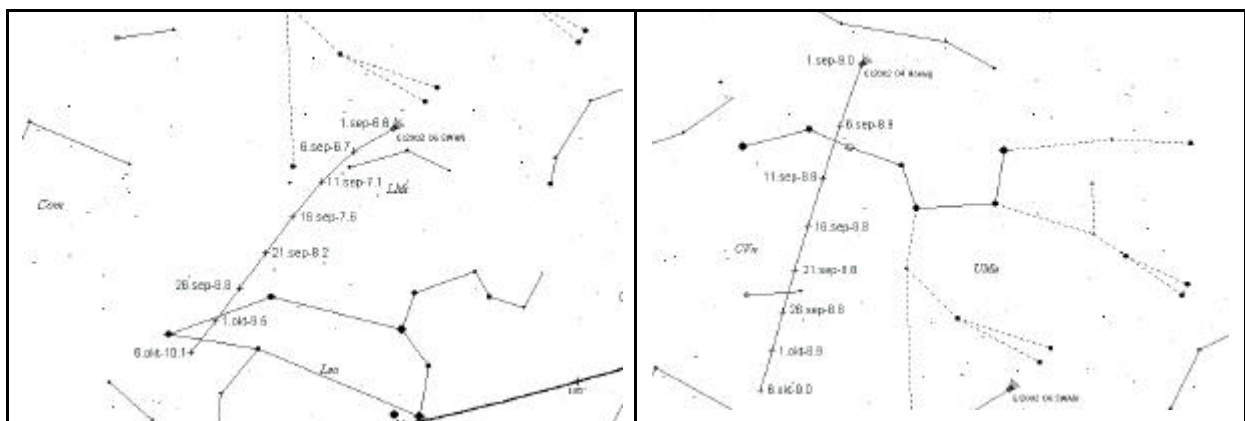
## Meteorsvermer

Det er en betydelig forventning til *Leonidene* i år, kanskje får vi oppleve samme aktivitet som i toppåret 1999 med ca. 3700 meteoror pr. time. Leonidene kan observeres i perioden 14. til 21. november med maksimum 17. november klokka 21.00 norsk tid. Radianten (utstrålingspunktet) ligger omtrent 10 grader over den lyssterke stjernen Regulus som utgjør Løvens hode (se Corona 3/1999), som for oss betyr at den vil ligge i horisonten under maksimum, slik at vi nok bare vil se en brøkdel av den potensielle stormen. Det er også dessverre nesten fullmåne. Leonidene er med sine 71 km/s noen av de raskeste stjerneskuddene vi kjenner.

Høsten er spesielt fin når det gjelder å observere meteoror. Flere svermer overlapper i aktivitet og det er også stor aktivitet når det gjelder sporadiske meteoror. For andre svermer, se hjemmesiden til International Meteor Organization (IMO): <http://www.imo.net/calendar/cal02.html>

## Kometer

Det er for tiden to fine kometer, nemlig C2002/O6-SWAN og C2002/O4-Hönig. Begge disse er synlige i hele september før de raskt forsvinner for langt sør til at de kan sees av oss. SWAN beveger seg gjennom labbene på Store Bjørn, videre gjennom Den Lille Løven mot Løven. Lysstyrken på denne avtar fra 6.6 mag. 1. september til 9.5 mag. 1. oktober. Seint på natten er beste tidspunkt for å se denne, spesielt etter midten av måneden. Hönig beveger seg gjennom Store Bjørn og videre sørover gjennom Jakthundene. Denne har en rimelig konstant lysstyrke mellom 8.8 og 9.0 mag. i perioden 1. september til 1. oktober. Den er også cirkumpolar (dvs. aldri under horisonten) i hele september.



## Asteroider

Asteroidene 1 Ceres, 7 Iris, 15 Eunomia og 18 Melpomene har alle en lysstyrke på ca. 8 mag. utover i september og er da rimelig gunstig plassert på himmelen i Hvalfisken (Cetus), Pegasus og Vannmannen (Aquarius). De burde derfor være greie å finne med små teleskoper eller f.eks. 7x50 prismekikkerter for de som er litt vant til å lete seg fram på himmelen. Kart fås ved henvendelse til Terje Bjerkgård (se adresse på side 2).