

NÄR STJÄRNORNA BLINKAR

Det europeiska rymdteleskopet Corot samlar just nu data från tusentals stjärnor i vår galax, i väntan på att någon av dem ska blekna en smula när den passerar av en osynlig planet. Malcolm Fridlund är vetenskaplig projektledare för Corot, och här berättar han hur dess jakt på planeter går till.

Är vi ensamma? Denna enkla fråga hör till vad vi i dag – kanske något pretentiöst – kallar de stora frågorna. Dit hör för övrigt ämnen som Hur uppstod universum? och Kommer universum att ta slut någon gång? och liknande frågeställningar som överskrider gränsen mellan vetenskap och filosofi. Om människan är ensam i universum har man debatterat i åtminstone 2500 år. Epikuros som levde på 300-talet f. Kr., hävdade bl. a. att universum var evigt, oändligt och fyllt av liv ”något liknade oss, annat olika vår värld”. Hans, och andras, resonemang under de över 2000 år som gått sedan den grekiska filosofins storhetstid, har dock alltid varit baserade på filosofiska överläggningar av typen ”om vi finns så måste annat liv finnas annorstädes eftersom vi inte kan vara det mest märkvärdiga i jniversum”. Ett dylikt påstående kan förstås kontrast med att om vi inte hade uppkommit skulle vi inte sitta här och spekulera över frågor av denna dignitet.

Vad som är unikt för vår egen tid är att vi för första gången i mänsklighetens historia har den tekniska förmågan att angripa problemet med ett av de kraftfullaste verktyg som vi har åstadkommit, nämligen den vetenskapliga metoden. I dag kan vi formulera frågeställningen på ett sådant sätt att vi kan göra förutsägelser som kan bekräftas av experiment.

Denna process har redan börjat. Vi är inte nära svaret på frågan, men vi anar konturerna av lösningen. I ESA:s vetenskapliga plan för tiden fram till 2025 som kallas för Cosmic Vision finns fyra teman som skall undersökas. Det första av dessa är: Under vilka omständigheter bildas

planeter och hur uppstår liv på dem?

Specifikt avser man att söka efter planeter utanför solsystemet och sedan studera dessa i detalj. Man vill göra detta för mindre och mindre planeter tills man hittar sådana som är av ungefär samma storlek som jorden. Vidare vill vi väldigt gärna hitta åtminstone några jordliknande planeter inom den så kallade ”beboeliga zonen”, alltså där vi kan vänta oss att hitta flytande vatten. Forskarna tror att flytande vatten är en nödvändighet för liv. Det slutgiltiga målet är förstås att kunna observera äkta tecken på liv på dessa planeter.

Det är ju givet att allt detta inte kan göras på en gång. Vad vi har beskrivit är en plan som kommer att ta årtionden. De goda nyheterna är dock att vi redan är en god bit på väg. Den första exoplaneten observerades för mer än tio år sedan, och nyligen har en satellit skjutits upp som aktivt letar efter planeter liknande vår egen jord. Den här artikeln skall handla om denna satellit. Corot ett modernt rymdteleskop som kommer att omdefiniera vår bild av förekomsten av planeter. Men först en resumé över de senaste 10–15 årens exoplanetära forskning.

Vägen till exoplaneterna

Sökandet efter exoplaneter började redan för ungefär hundra år sedan då man försökte förklara avvikelser i banrörelsen hos till synes ensamma stjärnor med påverkan av en lågmassiv och ljussvag, närbelägen kropp, men inga av

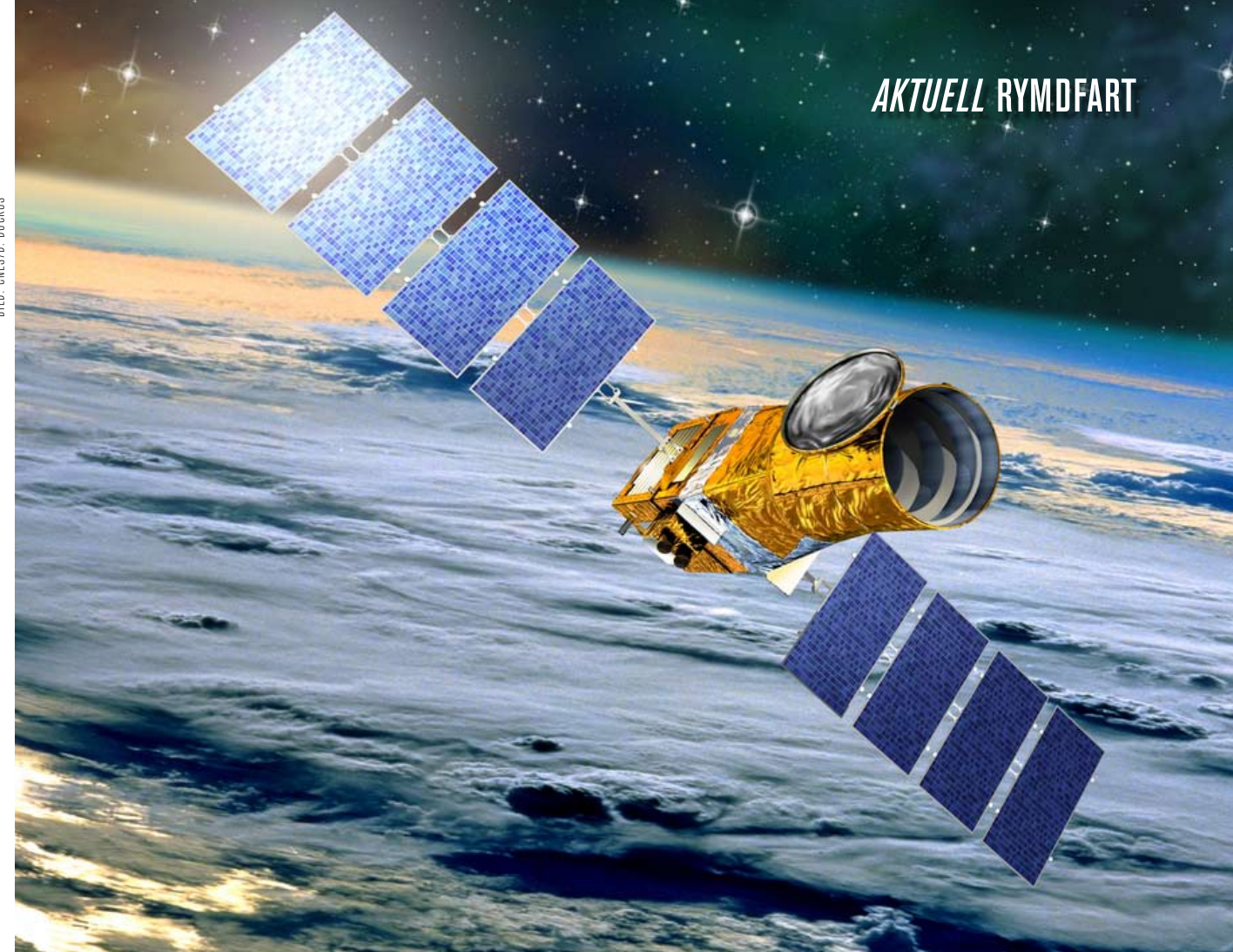


BILD: CNES/D. DUBROIS

de resultat som uppnåddes under 1900-talets första hälft kunde reproduceras.

Detta var väl anledningen att man runt 1950 hade skjutit på framtiden observationer av planeter utanför vårt eget solsystem. Precis då – i juli 1952, publicerade Otto Struve en liten avhandling där han visade att tekniken som var nödvändig för att observera exoplaneter spektroskopiskt och dessutom studera förmörkelser när planeter passerar mellan oss och stjärnan existerade. Ändå kom det att dröja närmare 40 år innan den första exoplaneten faktiskt observerades.

Det blev under 1980-talets senare hälft som ett antal astronomer i USA och Europa tog upp idéerna igen. I huvudsak var det spektroskopiska mätningar av radialhastigheter med specialbyggda spektrografer som utrustats med de första CCD-kamerorna. I några fall var de nu 40 gånger känsligare än de fotografiska medium som använts tidigare. Man började också prata om att bygga nätverk av automatiska teleskop runt hela jorden för att kunna följa fält på himlen 24 timmar om dagen, 7 dagar i veckan, något som visade sig vara mycket svårare än det låter.

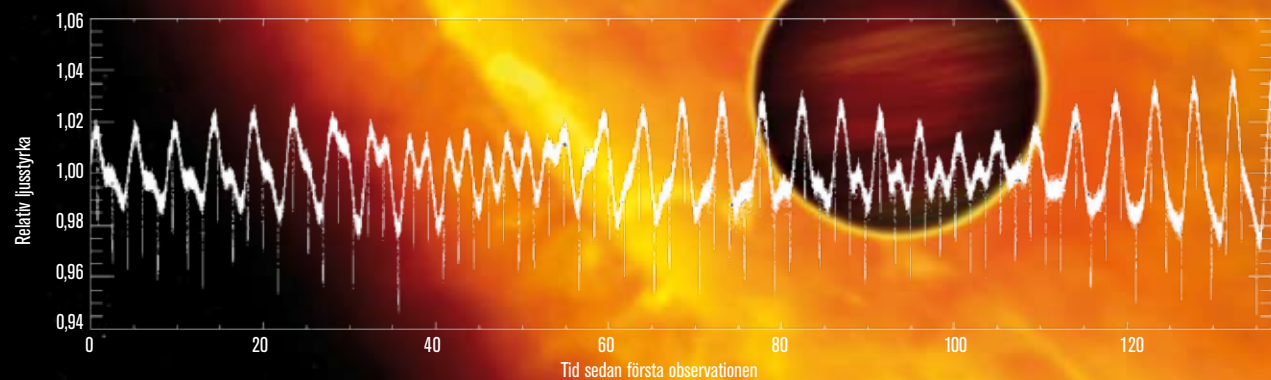
Planeterna dök upp runt 1990-talets början. Dave Latham och medarbetare fann den första: ”förmodligen en brun dvärgstjärna eller kanske till och med en jätteplanet” som de uttryckte sig 1989, följt av Alex Wolszczans upptäckt av en planet kring en pulsar 1991. Beskedet att en definitiv planet i bana runt en solliknande stjärna hade upptäckts, av Michel Mayor och Didier Queloz i Schweiz, kom 1995. En mätning av den solliknande stjärnan 51 Pegs radialhastighet visade att stjärnan rörde sig fram och till-

baka längs synlinjen med en amplitud av ungefär 50 meter i sekunden och en period på ungefär 4,2 dagar, motsvarande en planet med åtminstone hälften av Jupiters massa på ett avstånd av 0,05 astronomisk enhet (ae; 8 miljoner kilometer). Planeten kallades 51 Peg b. Det hade gått 43 år sedan Otto Struve skrev sin artikel.

Utrymmet tillåter inte att i detalj beskriva vad som hänt på de sista 13 åren. Kortfattat har man hittat över 265 planeter i mer än 140 olika stjärnsystem. Man upptäcker nya i en takt av ungefär en i veckan. Man har hittat planeter på ett avstånd av 15 000 ljusår i riktning mot Vintergatans centrum, medan den närmaste ligger bara några få ljusår bort. Man har fler metoder: gravitativ mikrolinsning där man använder den relativistiska egenskapen att ljus böjer av när det passerar nära en tung massa, samt de av Struve föreslagna radialhastighets- och förmörkelsemetoderna.

Man kan sammanfatta vad som hittats hittills med att säga att solsystemet lyser med sin frånvaro. Ingenting som påminner om ’hemmasystemet’ har hittats trots enorma försök. Vi vet fortfarande inte om vår planet är unik eller i varje fall relativt unik i Vintergatan med omnejd.

Det skall dock sägas att de metoder som använts hittills och framförallt radialhastighets- och förmörkelsemetoderna inte är speciellt lämpade för att hitta just en planet som jorden, 1 ae från sin stjärna. Den förändring i solens hastighet som just jorden ger upphov till per år är enbart +/- 0,1 meter i sekunden (alltså en decimeter per sekund i hastighet, vilket motsvarar en tiondel av det som vi kallar långsam promenadtakt). Detta är mycket svårt att detek-



Ljuskurvan hos solliknande stjärnan Corot-Exo-2. Svängningarna med en period på cirka 40 dagar beror på stjärnfläcksgupper på stjärnans yta. De vassa nedåtgående spikarna i kurvan är tecken på en jupiterlik men mycket utsträckt planet som skymmer stjärnan en gång varannan dag.

BILD: NASA/ESA/G. BACON, COROTS EXO-TEAM

tera. Ingen spektrograf har byggts som klarar av detta även om möjligtvis en nu är på gång vid Harvard-observatoriet i USA. Vidare, när jorden passerar framför solen så skulle den, sett från en stjärna på ett antal ljusårs avstånd, orsaka en minskning i solens ljusstyrka på ungefär 0.01% under 10 timmar en gång varje år. Det är ungefär hundra gånger mindre än vad som någonsin observerats med teleskop på marken. Det verkar därför hopplöst – i varje fall för närvarande – att nå vårt mål från marken.

Vi måste därför till rymden – och vi är faktiskt redan där!

Corot – en satellit med två uppdrag

CoRoT står för Convection (konvektion), Rotation and planetary Transits (planetära passager). Namnet är också synonymt med en berömd fransk konstnär. Satelliten är den första som konstruerats med avsikt att söka efter extrasolära planeter (exoplaneter) som ett mål. Den sköts upp den 27 december 2007 och har nu befunnit sig i omloppsbanan 900 km ovanför våra huvuden. Corot har två uppdrag. Den skall dels studera stjärnornas inre genom att detektera de ljusförändringar som uppstår på grund av ljudvågor som färdas genom stjärnan. Dels skall den också som sagt leta efter planeter. Det som är unikt är inte bara att den letar från en fantastisk plats. Den är också konstruerad för att söka efter planeter som är lika vår egen jord.

Corot bygger på nästan 20 år av planläggning och drömmar. Det började med asteroisemiologi. Runt 1980 upptäckte man att mycket små ljusförändringar från solen berodde på att ljudvågor färdas fram och tillbaka mellan solens yta och inre. Kunde man flyga lågt över solens yta, ungefär som över havet, skulle man upptäcka att vågor med höjder på mellan några centimeter och några tiotals meter ständigt håller solytan i rörelse. Dessa vågor är inte ytvågor, utan färdas in i solens inre och reflekteras tillbaka ut mot ytan på olika djup beroende på vågens storlek (amplitud och våglängd eller frekvens). Det djup den reflekteras mot beror också på förhållandena vid detta djup. Studiet av dylika vågor och konsekvenserna för teorin för solens struktur och utveckling kom att kallas helioseisemiologi och har varit mycket framgångsrik. Sedan dess har astronomerna försökt att utveckla asteroisemiologi i analogi med

vad vi har lärt oss om solen. Det är inte avsikten att här beskriva helio- eller asteroisemiologi i detalj, men genom att analysera vågrörelserna på ytan kan man bestämma temperatur och densitet i olika lager inuti solen. Dessutom kan man kartlägga solens, eller stjärnornas, interna rotation. Vad det gäller solen kan man använda olika metoder och titta på detaljer på olika platser på solytan. ESA har också en satellit som kallas SoHo som har observerat dessa typer av vågor under mer än ett decennium och där håller vi på att lära oss mycket nytt om solens inre. Sammantaget ändrar dessa vågor solens flux eller utstrålning med ungefär en eller ett par miljontedelar på en tidskala av ungefär 5 minuter. Detsamma gäller för andra stjärnor. När man därför för mer än 20 år sedan började tänka på att använda denna teknik för studera dessa små variationer insåg man raskt att man behövde en ökning i den fotometriska noggrannheten på ungefär en faktor tusen. Detta fanns det inga planer på att göra från marken. Det första rymdexperimentet byggdes redan runt 1990 och placerades på den ryska rymdfarkosten Mars96 som skulle just till Mars. Tyvärr kom den aldrig dit.

Samtidigt hade ESA börjat planera rymdfarkoster ägnade enbart åt asteroisemiologi. En lång rad av studier från 1992 och framåt utfördes och man lärde sig mycket från dessa. Under resans gång hade man insett att de instrument och teleskop som man tänkte använda också kunde användas för att leta efter förmörkelser från exoplaneter. Ingen av dessa missioner blev verklighet, framförallt av finansiella skäl. Samtidigt hade Frankrike börjat planera ett mindre nationellt projekt som döptes till Corot. Också denna var från början avsedd för asteroisemiologi, och exoplaneter dök inte upp i planläggningen förrän efter 1995 när den första exoplaneten, 51 Peg b, upptäcktes. I början av 2000-talet beslöt ESA att gå med i Corot-projektet som också brottades med finansiella svårigheter. Undan för undan kom Österrike, Tyskland, Belgien, Spanien och Brasilien med, och i och med ESA:s inblandning är de övriga av dess medlemsstater också med i projektet. På detta vis är mer än 60 forskare med direkt och på lika villkor och genom dessa ett hundratal forskarkollegor och studenter som nu arbetar med de vetenskapliga resultaten.

Corot är exteriört inte olik rymdteleskopet Hubble men är mycket mindre. Huvudspegeln är 27 cm i diameter (i stället för 240 cm på Hubble) och även om satelliterna lik-

nar varandra mycket så är Corot ungefär lika stor som en gammal VW bubbla medan Hubbleteleskopet är som en normalstor buss. Corot har i princip endast ett instrument: Två kameror som tillsammans består av 4 CCD detektorer. Framför två av dessa sitter ett prisma och framför de andra två finns en defokuserings-anordning. De förstnämnda används för att söka efter planeter och de sistnämnda studerar akustiska vågor från stjärnor. Bägge dessa kameror är superkänsliga ljusmätinstrument, fotometrar.

De två kamerorna kallas 'Seismo' och 'Exo' i dagligt tal. De har mycket olika sätt att arbeta. Seismo observerar ungefär 10 objekt, och tar en mätpunkt varje sekund. Alla dess objekt är mycket ljusa – mellan 5 och 9 magnituden – och därför blir den fotometriska noggrannheten så hög som en del på miljonen. Stjärnorna som observeras är dels stjärnor mycket lika vår sol. Dessa observeras för att man bl. a. skall kunna få reda på om solen verkligen är en "medel-stjärna" eller om den kanske är märkvärdig på något sätt. Om den är ovanlig så kan ju det ha något med att göra att jorden är som den är och att det finns liv på den. Vi vet ju inte detta idag. Andra objekt som observeras är stjärnor där man kan lära sig något om den fysik som är relevant för stjärnornas inre såsom till exempel så kallade delta Scuti-stjärnor.

Den andra kameran, Exo, arbetar på ett helt annat sätt. Prismat som är monterat framför själva detektorn delar upp stjärnljuset i en blå, en grön och en röd komponent. Det fält på himlen som kan observeras är 2,7 grader i diameter, och inom detta finns tiotusentals stjärnor mellan 11 och 17 magnituden. Av dessa har man valt ut 11 800. På var och en av dessa har man placerat en "elektronisk mask" med tre komponenter som läses ut var 512 sekund. Man får på detta sätt tre ljuskurvor representativa för de tre färgerna. Efteråt kan man sätta ihop dessa och få en "vit" ljuskurva för ökad känslighet. Corot observerar samma område och samma stjärnor upp till 150-180 dagar och får på detta sätt oavbrutna ljuskurvor (eller nästan oavbrutna – man förlorar ungefär 5 minuter data varje 2 timmars varv runt jorden när man passerar genom en del av jordens partikelbälten). Precisionen i mätningarna kan vara så hög som en tiotusendedel för de svagaste stjärnorna.

Detta öppnar oanade perspektiv. Det visar sig nämligen att Corot fungerar mycket bättre än väntat. Vi får inte

glömma att den här rymdfarkosten kom till för att ersätta andra projekt som visat sig vara för dyra för ekonomin under början av det 21:a århundradet. Dock har Corot betalat tillbaks alla besparingar som gjorts genom att fungera fantastiskt bra. Varje rymdprojekt har marginaler i designen som är både plus och minus i planeringen. I slutändan tar de ut varandra och man får någonting som för det mesta visar sig motsvara förväntningarna. I fallet Corot har varje element hamnat på plussidan. Teleskopet och kamerorna konstruerades för att kunna hitta jordliknande planeter i bästa fall. Med jordlikande menade man planeter som med till visshet gränsande sannolikhet, skulle vara 'stenplaneter' (som jorden, Mars och Venus) till skillnad från 'gasplaneter' (Jupiter, Saturnus eller 51 Peg b). De skulle dock vara större än jorden med kanske två eller tre gånger så stor diameter och kanske upp till 10 gånger högre massa, och tyngdkraft, än jorden (Chas Beichman vid Kaliforniens tekniska högskola har förutspått att 'de små gröna männen' på en dylik planet skulle vara mycket korta).

Det visar sig dock att känsligheten hos Corot är sådan att man har kapacitet att hitta jordekvalenta planeter, alltså lika stora eller små som vår egen värld. Vi har därför möjligheten att inom de närmaste åren kunna avgöra om himlakroppar som Jorden är vanliga eller sällsynta. Svaret på den här frågan kommer förstås att ha en stor inverkan på de projekt och den forskning som kommer att bedrivas efter Corot.

Var är planeterna?

Så varför har vi inte svaret redan? Corot har ju varit i rymden i mer än ett år i skrivande stund. Det hänger samman med hur man arbetar med informationen från rymdfarkosten. Vad man mäter är ljuskurvan från varje given stjärna, dvs hur ljuset betar sig med tiden. I bilden på sidan 22 ser vi den första publicerade ljuskurvan från den första långa mätningen. Här har vi en stjärna av soltyp som följts i 140 dagar. Den visar väldiga svängningar upp och ned med en period på ungefär 5 dagar. Storleken på dessa variationer är mindre än den bästa fotometriska noggrannheten i några observationer som utförts från marken. Man ser också en variation med en period av cirka 40 dagar. Denna period har tolkats som växelverkan mellan två

Corots två fält på natthimlen, kring stjärnbilderna Enhörningen (t v) och Ormen. Den mindre rutan visar storleken på teleskopets synfältet.



BILDER: ONES

stjärnfläckgrupper vid olika latituder som därför roterar i otakt. Med en period på mindre än 2 dagar ser man också nedåtgående "spikar". De representerar en Jupiter-stor planet i en bana mycket nära (5 solradier) stjärnans yta. Signalen från en planet av jordens storlek kommer att vara hundra gånger mindre än dessa spikar.

Corot samlar också in så stora mängder data att det tar tid att reducera dem till tolkningsbar kvalitet. Som exempel kan nämnas att de data som för närvarande samlas in – teleskopet har varit riktat mot en punkt i Enhörningens stjärnbild (se bilden på sidan 23) sedan mitten av oktober 2007 och ska fortsätta att göra så tills mitten av mars 2008 – kommer att levereras till forskarna först hösten 2008.

Dessutom krävs ett stort program med markbundna observationer för att hjälpa till med tolkningen. När man observerar något som ser ut som en förmörkelse i en av de ljuskurvor som kommer från Corot, kan det alltså vara en planet, men det kan också vara något annat. Det första man måste utesluta är att det rör sig om ett falsklarm i form av en förmörkelsevariabel, det vill säga inte en planet utan en dubbelstjärna där man ser variationer i ljusstyrkan allteftersom stjärnorna förmörkar varandra. I många fall kan man se detta direkt från ljuskurvan. Om man till exempel ser en djup sekundäreklips måste denna ha åstadkommit av en annan stjärna eftersom en planet är för liten för att kunna inverka på ljuskurvan när den passerar bakom stjärnan. Men om geometrin är ogynnsam kan man få en s.k. grazing occultation när bara en del av en

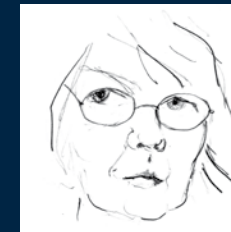
av stjärnorna förmörkas och det ser i ljuskurvan ut precis som en planet. I det fallet kan en bestämning av radialhastighetskurvan avgöra massan (vi känner ju inklinationen) hos den förmörkande kroppen och om vi har med en stjärna att göra. För stora planeter kan man också bestämma massan på detta sätt. Vad gäller ljuskurvan så måste man också avgöra om det verkligen är målobjektet som varierar. Corot-teleskopet har en ganska oskarp avbildning för att man ska kunna medelvärdesbilda bort variationer i pixlarna i detektorn. Upp till fem stjärnor av varierande ljusstyrka kan potentiellt rymmas inom det som ser ut som en stjärna på detektorn. De stjärnorna bidrar i varierande del till den absoluta ljusstyrkan, men en 19 magnitudens stjärna som har en eklips på ca 2-3 procent skulle kunna se ut som om det är målobjektet som varierar med 0,02-0,03 procent eller mindre. Man kan med markbaserad fotometri avgöra vilket fall som gäller. I det första fallet är det en jupiterstor planet och i det andra fallet en jordliknande kropp så det är mycket viktigt att avgöra snabbt.

Det är lätt att se att ett långvarigt tolkningsarbete, tillsammans med observationer från marken, kommer att vara nödvändigt innan man kan vaska fram signaturerna från jordliknande planeter. Men vi som arbetar med Corot har gott hopp. Finns planeterna därute kommer vi att hitta dem. ★

MALCOLM FRIDLUND jobbar på Europeiska rymdorganet ESA som bland annat vetenskaplig projektledare för Corot.

KRÖNIKA

Anita Sundman ser världen i blått



På Moderna museet i Stockholm hänger Yves Kleins Blå svamprelief (1960). Det sägs att han experimenterade i ett helt år innan han fann den perfekta blå färgen. Till slut på hösten 1956 stod han där med det mättade och lysande ultramarina pigment som skulle få åskådaren att falla mot tom rymd. Under den lyckliga period då det var gratis inträde på museet hände det att jag slank in bara för att få känna dragningskraften från den blå tomheten. Det är lockande att försöka få med sig lite blå rymd hem, men även de mest ambitiösa försöken att göra vykort av Yves Kleins blå bilder har misslyckats.

Det får mig att tänka på Gabriel Lippmann, en fransk fysiker, som var först med att framställa färgbilder som kunde fixeras. Han lyckades fånga ljusets färger i gelatinlager mellan en glasskiva och en spegel, där det uppstår stående ljusvågor med olika våglängder. Den som vill veta mer om hur det fungerar kan läsa om det på Nobelstiftelsens hemsida, ty Lippmann fick nobelpriset i fysik år 1908. Men metoden har aldrig kunnat användas i stor skala, och det beror på att bilderna inte kan kopieras. Man måste gå till ett museum för att få se dem.

Jag vet inte om Lippmann hade någon favorit bland sina stående vågor men det måste vara något visst med blått, något som har med rymd, djup och avstånd att göra. Goethe diskuterar dragningskraften hos den blå färgen i sin färglära. Säkert finns det många som har funderat kring blått. Jag undrar om de moderna astronomiska bildmakare som hittat på att måla mörk materia blå också har funderat. Eller om det bara föll sig helt naturligt när de satt där med sina observationsresultat och någon sa: "Vi måste markera på bilden var det finns mörk materia nånstans. Blir det tydligt och snyggt med den här blå färgen, eller vad säger ni?" Och alla tyckte att mörk materia gjorde sig bra som blå, och bilden gick ut över världen och trycktes i tidningarna och folk började säga till varandra: "Nu har de hittat den där mystiska mörka materien, och den är blå."

I marsnumret 2007 av *Populär Astronomi* såg jag under Astronomytt en bild av den mörka materiens utbredning och visst var den blå. Den var inte Kleinblå men helt klart blå. Man kan se hur det flyter omkring stora sjök och klumpar av något i rymden, och om det i stället varit blekt brungrönt så skulle det sett ut som en kosmisk algbloomning. (Se upp, snart flyter det iland i vårt solsystem och antagligen är det giftigt.)

På senare tid har vi kunnat läsa att materien (och det mesta av den är ju mörk) bildar en porös massa i rymden – som en tvättsvamp full av håligheter. Yves Klein brukade använda tvättsvampar för att lägga på färg, och en dag upptäckte han att en blå svamp var vacker och uttrycksfull. Han började använda svampar som material i flera svampreliefer. Svamparna måste konserveras så att de höll formen när de torkade. Det krävde en hel del experimenterande innan det fungerade. Det kan vara rätt knepigt att få konstföremål hållbara. (Är det därför som det numera förekommer att slitage och förfall och vandalisering betraktas som en del av konstverket?) Nu finns de i alla fall där, blå svampar på blå botten! Uttolkare har tyckt sig se ner till oceanens botten eller känt att de betraktade marken på en främmande planet.

Yves Klein levde mellan 1928 och 1962 och marken på andra himlakroppar hade ännu inte blivit sedda på nära håll. Men nu vet vi förstås att det brukar se ut precis så där på Mars, Venus, Titan ... De har alla vidsträckta slätter, platta som tavlor, och det ligger stenar på dem eller isklumpar. En del kan nog också vara lite porösa, som pimpsten. Lite tvättsvamplika. De är inte blå utan gulbruna, men annars är det helt rätt.

Yves Kleins bilder har nu femtio år på nacken och det är ju inte så lång tid i konstens värld. Det har visat sig vara problem med den speciella blå färgen som han faktiskt tog patent på. Den är inte riktigt hållbar, men det är nu inte heller kosmologiska sanningar. ★

Galaxjägarna

Sky-Watchers reflektorer finns i alla utföranden - från smidiga Skyhawk-1145PM till Explorer-250PX med en av marknadens stadigaste datorstyrda monteringar: EQ6 Pro SynScan. Gemensamt för Sky-Watchers teleskop är den höga kvaliteten till tidernas lägsta priser. Samtliga modeller finns normalt i lager hos Rymdbutiken.

Besök www.rymdbutiken.com för mer information och för beställning.

Sky-Watcher

Svensk distributör och återförsäljare:
Astromedia AB
Box 5011
426 05 Västra Frölunda
Tel: 031-69 75 00
www.rymdbutiken.com



Skyhawk-1145PM
1 995,-

Explorer-130PM
2 895,-

Explorer-200 EQ5
5 495,-

Explorer-200 HEQ5 Pro
11 650,-

Explorer-250PX EQ6 Pro
16 995,-

www.rymdbutiken.com

Kikare för astronomi!



Binoptec PCF 15x70

Maximal förstoring som är praktisk att handhålla. Med dublettobjektiv och fäste för stativadapter. Levereras med förvaringsväska i nylon.

Pris: **995 kr**



Binoptec PCF-WP 20x80

Upplöser enkelt t ex Saturnus ringar. Med tripletobjektiv och inbyggd stativadapter, Vattentät och kvävgasfylld. Kräver ett robust stativ. Levereras med förvaringsbox i aluminium.

Pris: **2190 kr**

www.bumlingen.se - Floragatan 8, 114 31 Stockholm, 070-1597000