

# Pictoris – en nyckel till planetbildning?

Hur planeter uppstår kring stjärnor, antingen det är kring vår egen stjärna eller kring de man ser på natten, är ett aktuellt problem. Kan det vara så att stjärnan Beta ( $\beta$ ) i stjärnbilden Målaren (Pictor) sitter inne med gåtans lösning?

av Alexis Brandeker

Ända sedan gamle Demokritos' dagar för 2500 år sedan i det antika Grekland har människan spekulerat i möjligheten av andra världar än vår egen. Frågan är kittlande och hänger intimt samman med andra djupa filosofiska funderingar som: *Finns det medvetna varelser på andra platser än jorden? Finns det jordlika planeter runt andra stjärnor? Hur kom jorden och solsystemet till? Varför existerar vi?* Anmärkningsvärt är att det först är i vår tid som vi med vetenskapens hjälp har samlat på oss tillräckligt mycket kunskap för att kunna angripa en del av dessa frågor närmare. Hur det gick till när solsystemet uppstod och hur vanligt det är med jordlika planeter runt andra stjärnor är två frågor som är nära relaterade.

Vi vet idag att stjärnor är solar, och att vår egen sol är en ganska medelmåttig stjärna. Det finns alltså all anledning att tro att även andra stjärnor skulle kunna ha planeter kring sig. Tyvärr är det svårt att se planeterna direkt eftersom de är så

mycket ljussvagare än den stjärna de kretsar kring, och dessutom befinner sig väldigt nära, astronomiskt sett. Risken är stor att planeternas svaga ljussken försvinner i stjärnans starka – på samma sätt som det är svårt för

oss att se solsystemets planeter på dagen. Med hjälp av en indirekt metod – radialhastighetsmätningar av stjärnor – lyckades man 1995 hitta den första planeten utanför solsystemet som kretsade kring en solliknande stjärna, och sedan dess har man, med samma metod, upptäckt ett hundratal planeter till runt andra stjärnor. Vi vet alltså idag att det finns planeter runt andra stjärnor – men hur bildas de?

## Planetbildning går till så här

I stort går solsystems bildning till så här: När en stjärna föds genom att ett gasmoln i rymden börjar dra ihop sig, bildas det naturligt en tillplattad skiva i det kollapsande molnets rotationsplan, en s.k. *insamlingskiva*. I denna skiva rör sig största delen av gasen långsamt mot stjärnan, för att så småningom ramla ned på den. Ett sätt som planeter kan tänkas bildas på är att delar av gasen börjar klumpa

ihop sig, på grund av processer som man idag ännu inte förstår speciellt väl. Dessa växande små stoftkorn slår sedan ihop sig till allt större bitar för att så småningom bilda *planetesimaler*, samlingsnamnet på de himlakrop-

par som ännu inte kan anses blivit planeter. Genom att ha ökat markant i massa jämfört med gaspartiklarna, så bromsas tendensen att röra sig inåt mot stjärnan, och många planetesimaler undviker därför att falla ner på stjärnan. Istället så kolliderar de med varandra och fortsätter växa till planeter – eller det är i alla fall vad man tror hänt i vårt eget solsystem. Processen accelereras när den blivande planeten blivit så pass tung att den börjar dra till sig andra planetesimaler, och även gas, som passerar. På större avstånd från stjärnan är gasen relativt sval. Det gör det lättare för de allt tyngre kropparna att dra till sig vätgas i stora mängder, som därmed bildar jättelika gasplaneter, liksom gasjättarna Jupiter, Saturnus, Uranus och Neptunus i solsystemet. Planetkropparna nära stjärnan lyckas inte samla gas i någon större mängd, främst för att det där är varmare och därmed svårare att hålla kvar gasen.

## Mycken kunskap saknas än

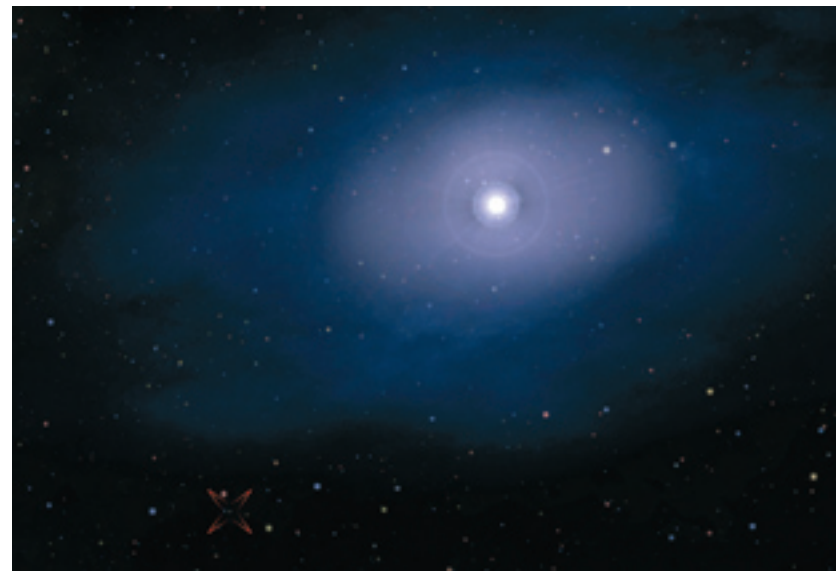
Tyvärr har vi fortfarande stora luckor i vårt vetande vad det gäller planetbildning. De planetsystem som hittats sedan 1995 visar en mängd egendomliga egenskaper man tidigare inte trodde var möjliga. Till exempel så finns det en betydande andel tunga planeter som ligger väldigt nära sin stjärna – s.k. *beta gasjättar*. Dessa är ofta tyngre än Jupiter, och befinner sig i en bana runt sin stjärna som är mindre än vår innersta planet Merkurius' bana runt solen. Att sådana planeter skulle bildats så nära stjärnorna håller teoretiker för uteslutet – istället för att kondensera på planeten borde gasen här dunsta bort från den. Man tror att dessa planeter bildats långt ut i stjärnsystemet och senare vandrat in mot stjärnan, men hur detta går till bedrivs det fortfarande intensiv forskning om.

Planetbildning hänger förstås nära ihop med stjärnbildning – utan stjärna inga planeter. En svårighet med att studera planet- och stjärnbildning är att tidsrymderna för utveckling är så enormt långa med mänskliga mått mätt: en stjärna som solen med planeter bildas från ett gasmoln på kanske något tiotal miljoner år, och befinner sig sedan i lugn utveckling i ett tiotal *miljarder* år. Det är alltså omöjligt för en enskild människa, till och med mänsklighetens hela tidsspann, att följa en sollik stjärnas utveckling från födelse till död. Som tur är föds det nya stjärnor hela tiden, vilket betyder att det finns stjärnor av olika åldrar på himlen samtidigt. Genom att bestämma hur gamla stjärnor är kan vi jämföra liknande stjärntyper av olika åldrar, och på så sätt försöka lista ut hur det går till när unga stjärnor blir äldre.

## Fallet $\beta$ Pictoris, stjärnan Beta i Målaren

$\beta$  Pictoris är kanske det bästa exemplet vi har på en ung stjärna som befinner sig i den fas vårt eget solsystem befann sig i när det var 20 miljoner år gammalt för 4,5 miljarder år sedan. Stjärnan har en skiva av stoft och gas runt sig, något som tros vara rester från en planetbildningsprocess. Den sensationella upptäckten av skivan runt  $\beta$  Pictoris gjordes redan i mitten på 1980-talet av den infraröta ljus observerande satelliten IRAS. Kort därefter lyckades astronomerna Bradford Smith och Richard Terrile ta en bild av skivan med hjälp av

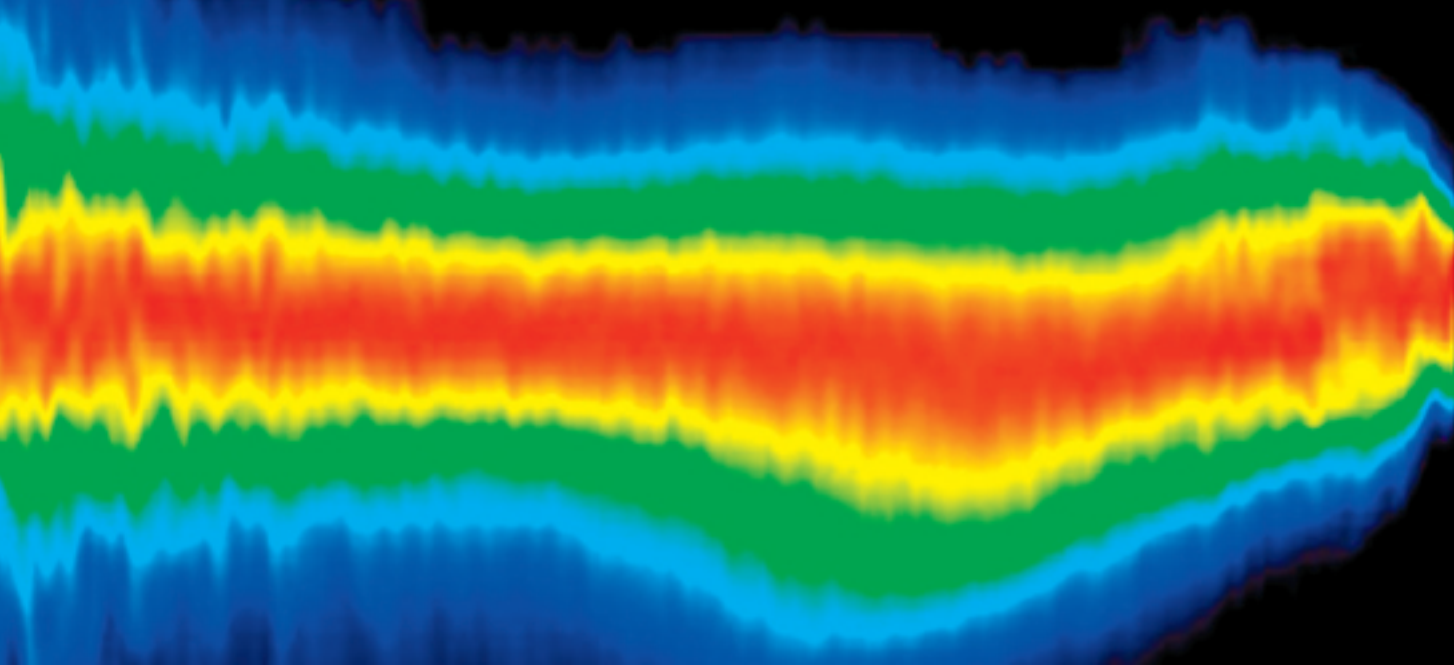
Var hittar du  $\beta$  Pictoris? Eftersom stjärnan  $\beta$  Pictoris ligger nära jorden, bara 63 ljusår bort, kan man se den för blotta ögat. Stjärnan är av fjärde magnituden och ligger 50° söder om Orions bälte.  $\beta$  Pictoris syns därför inte från Sverige, man måste ändå ned till Medelhavet för att en chans att fånga den ovanför horisonten. Vill man se stjärnan ordentligt måste man åka ännu längre söderut, helst söder om ekvatorn. Källa: StarStrider / Alexis Brandeker



Sedd från en annan plats skulle  $\beta$  Pictoris med skiva och solen kunna se ut så här. Solen (markerad med ett rött kors) är en svag sjätte magnitudens stjärna nedtill i bilden, nätt och jämt synlig för blotta ögat. Källa: StarStrider / Alexis Brandeker







Stoftskivans inre delar runt  $\beta$  Pictoris observerad med Hubbleteleskopet. Stjärnan är övertäckt i bilden för att inte blända. Som jämförelse kan nämnas att den större delen av solsystemet skulle rymmas i den övertäckta delen. Färgerna är syntetiska och motsvarar intensitet hos ljuset reflekterat i stoftskivan. Den vertikala axeln har förstörats 10 gånger för att framhäva skivans skeva struktur. Denna struktur tros bero på störningar från en eller flera möjliga planeter runt stjärnan, men än så länge är detta osäkert. Källa: Al Schultz (CSC/STScI/NASA) samt Sally Heap (GSFC/NASA).

en koronograf, ett instrument där man täcker över stjärnan med en mask för att bättre kunna studera stjärnans närmaste omgivning. Det var första gången man hade fått en bild av en skiva runt stjärna. Snart insåg man att ljuset man observerade från skivan var ljus från stjärnan som reflekterats i små stoftkorn i omloppsbanan. Här dök det första mysteriet upp: hur kommer det sig att det fortfarande finns små stoftkorn i omloppsbanan runt  $\beta$  Pictoris? Stjärnans ålder var redan då bestämd till att vara 10-100 miljoner år, och stoftkorn borde försvinna under tidsrymder så små som miljoner år eller snabbare.

Enda tänkbara förklaringen till att stoftet finns där är att det kontinuerligt nyskapas. Om det fanns många planetesimaler kvar från planetbildningens unga dagar, så skulle stoftet kunna förklaras av att det bildas vid kollisioner mellan planetesimaler. I brist på alternativa möjligheter så härleder man alltså av stoftets blotta existens att det finns planetesimaler i omloppsbanan runt stjärnan.

För planetbildningsteorier är förekomsten av planetesimaler intressant eftersom de förmodas vara byggstenar till planeter. En annan viktig faktor är hur mycket gas det finns i skivan. Gas i skivan kan man observera på flera sätt. Man kan tänka sig att gasen värms upp av stjärnan och därför skickar ut värmestrålning i form av spektrallinjer. Dessa spektrallinjer är som fingeravtryck av den gas som skickar ut strålningen, eftersom olika typer av gas sänder ut olika typer av spektrallinjer. Gasen runt  $\beta$  Pictoris värms dock inte upp speciellt mycket; man kan räkna ut att den största delen av gasen borde ha en temperatur runt 20–100 kelvin, vilket motsvarar –250 till –170 °C. Så kall gas sänder ut mycket lite

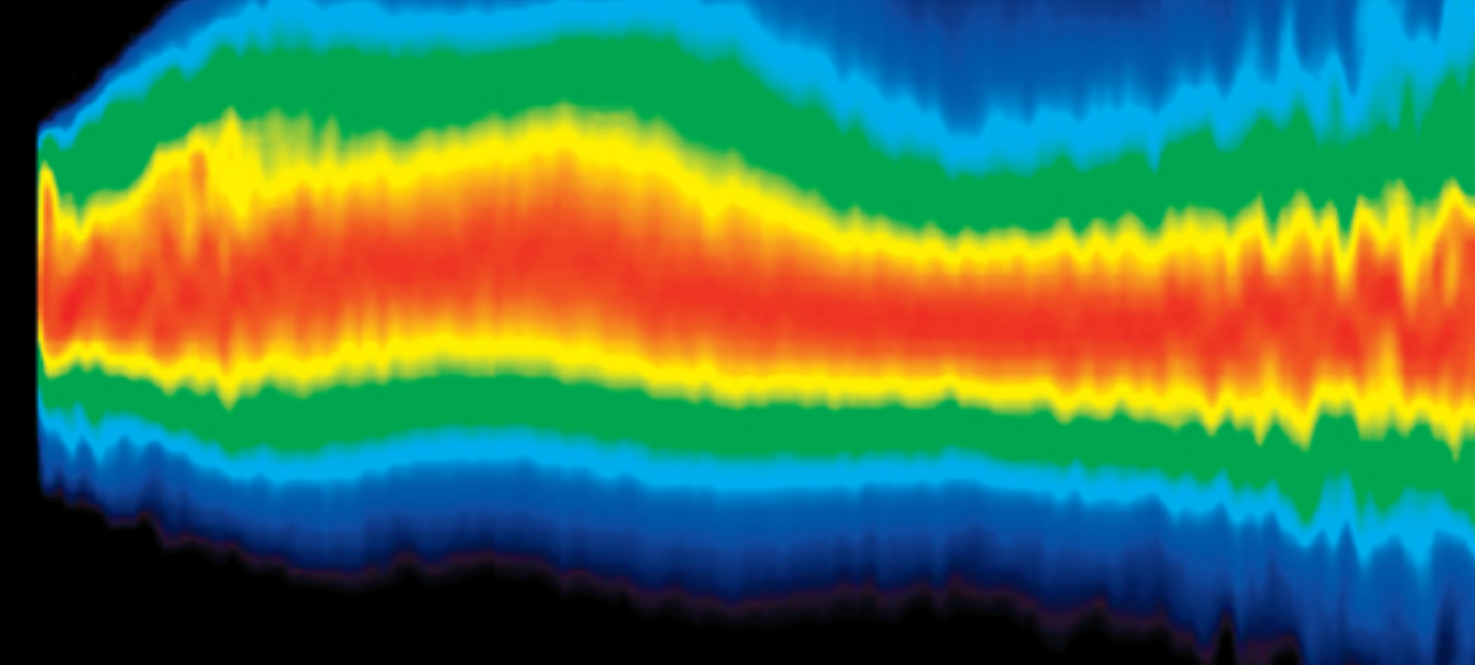
värmestrålning. Man kan också tänka sig att observera gasen i absorption. För att kunna göra det krävs det att det finns en bakgrundslampa som man kan se genom gasen. Ljuset från lampan skymms då av gasen i specifika spektrallinjer. I fallet  $\beta$  Pictoris så ser man från jorden, av en ren tillfällighet, stoftskivan precis från sidan. Det innebär att man ser stjärnan genom skivan, och därmed kan man använda stjärnan själv som bakgrundslampa.

Kort efter upptäckten av stoftskivan runt  $\beta$  Pictoris upptäckte man så även gas i absorption. Och som vanligt när det gäller nya upptäckter, så uppstod nya problem. Det största problemet var att en del av den gas man såg bestod av natrium och järn. Både natrium och järn har de speciella egenskaperna att strålningstrycket på dem är mycket stort; i närheten av  $\beta$  Pictoris är strålningstrycket faktiskt så stort att det överskrider gravitationen från stjärnan upp till tusen gånger! Det innebär att allt natrium och järn snabbt borde accelereras upp till höga hastigheter och skjutas ut ur stjärnsystemet. Att man ändå kan se natrium- och järngas runt  $\beta$  Pictoris måste betyda att det finns något där som bromsar upp gasen. Vad kan det vara?

En tidig gissning var att det är en annan, osynlig gas som bromsar natriumet och järnet. Även om dessa ämnen är svåra att se, så förväntar man sig att det finns andra ämnen som är betydligt mer vanligt förekommande – som till exempel väte, helium, kväve och syre. Väte är universums överlägset vanligaste ämne, men tyvärr också svårobserverat, eftersom det är så genomskinligt i kallt tillstånd. Med hjälp av radioteleskop i Australien och det ultraviolette satellitteleskopet FUSE har man försökt hitta vätgas i skivan utan framgång.

Den stora frågan är, om det nu inte är vätgas som bromsar natrium- och järngasen, vad är det då? Det finns några alternativ: 1) Den bromsande gasen är visst vätgas, men observationerna är felaktiga och överskattar sin känslighet. 2) Det är en annan gas som bromsar. 3) Natrium- och järngasen bromsas inte av annan gas utan av något annat.

Det enklaste sättet att undersöka om observationer



är riktiga är att upprepa dem, något som förhoppningsvis kommer göras. Även andra sätt har prövats, som det europeiska infraröda satellitteleskopet ISO som försökte titta efter värmestrålningen från vätgas. ISO lyckades inte se något avgörande, men det nya amerikanska satellitteleskopet Spitzer kanske lyckas bättre. Om det är någon annan gas som bromsar, så uppstår frågan vad som hänt med all vätgas, och varför inte den andra gasen påverkats av samma öde. Att vätgas inte dominerar en gas är inte riktigt så osannolikt som man kanske tror, och för att hitta ett exempel på detta behöver man inte gå särskilt långt: trots att väte är det vanligaste ämnet i universum, så är vätgas rätt ovanligt i jordens atmosfär. Slutligen, det finns alltid möjligheten att natrium- och järngasen bromsas av något vi inte tänkt på eller undersökt i tillräcklig detalj. Ett exempel på något som skulle kunna vara viktigt är exotiska magnetfält som kan agera bromskraft i vissa fall. En sådan förklaring ger emellertid upphov till andra problem. Vår fråga kommer magnetfältet?

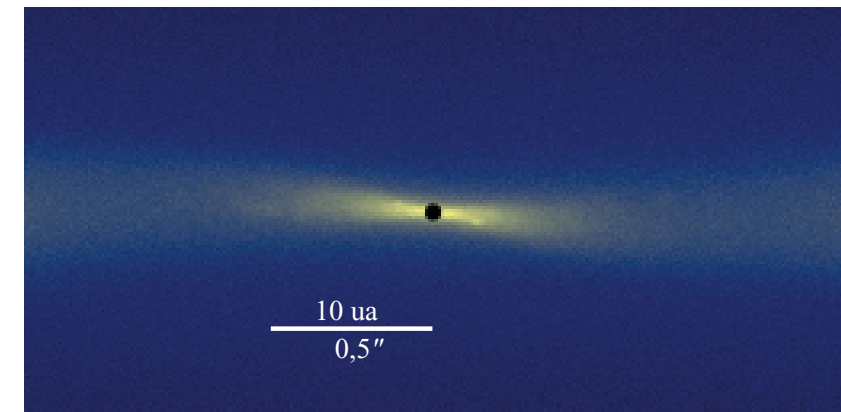
### Mer forskning krävs!

För ögonblicket är frågan öppen. Svaret har konsekvenser för planetbildningsteorierna. Eftersom vi idag tror att  $\beta$  Pictoris är ungefär 20 miljoner år gammal, så skulle avsevärda mängder gas i skivan betyda att gasplaneter har längre tid på sig att bildas än man tidigare trott. Det skulle tala för teorin att planeter bildas av hopslagning av planetesimaler, eftersom man tidigare befarat att ti-

den för att bilda gasplaneter kanske är för kort.

Sökandet efter andra planeter och deras uppväxtmiljöer är just nu ett mycket aktivt forskningsområde, med fler spännande upptäckter som säkert väntar runt hörnet. Närmast i tiden ligger Spitzerteleskopet, som just nu följer efter jorden i sin omloppsbanan runt solen och bland annat letar efter stoft och gas i skivor runt stjärnor. Framtida satelliter som förmodligen kommer revolutionera studierna är nästa stora infraröda rymdteleskop Herschel (beräknad uppskjutning 2007) och Hubbleteleskopets efterträdare, James Webb-teleskopet (2011).

Fram tills nu har stjärnan  $\beta$  Pictoris detaljstuderats av de flesta teleskop som kunnat. En anledning har varit



En simulerad bild av  $\beta$  Pictoris sedd av den kommande rymdkoronografen TPF-C, som beräknas sändas upp 2011. Stjärnan själv är övertäckt med en mask. Kanske kommer man kunna se spår av unga planeter i form av ljuskulor. Skälströcket är 10 astronomiska enheter (ua) stort. Som jämförelse är Plutos banradie 40 ua och Pluto skulle hamna utanför synfältet. Källa: Alexis Brandeker

att stjärnan länge varit unik i sin klass, och det har varit svårt att hitta andra stjärnor med skivor man direkt kan se. Relativt nyligen har man dock lyckats med att avbilda en handfull skivor runt andra stjärnor, och med ny teknik för att se skarpt lär fler exempel följa. Med dessa nya stjärnor öppnar sig möjligheten att studera

likheter och skillnader mellan olika stjärnsystem runt olika stjärntyper och av olika åldrar. Kanske förstår vi snart bättre hur det gick till när moder Jord och hennes systerplaneter kom till solen, och hur många avlägsna kusiner hon kan tänkas ha runt andra stjärnor. ♦

**ALEXIS BRANDEKER** är nybliven doktor i astronomi vid Stockholms universitet på just planetbildningsprocessen.