

AKTUELL FORSKNING

SÅ FÖDS EN STJÄRNA

av Johan Lindberg

Hur ser det ut när en stjärna föds, och när ett nytt solsystem blir till? Som Johan Lindberg förklarar visar dagens teleskop hur det går till – och banar vägen för att vi ska förstå hur liv uppkommer.

Stjärnor kan tyckas vara för evigt, men liksom vi har de ändliga liv, med både början och slut. Redan 1734 föreslog den svenske mystikern och filosofen Emanuel Swedenborg att stjärnor bildas i kosmiska moln – nebulosor. Det var inte förrän under 1900-talets senare hälft som observationer med teleskop kunde avgöra om han hade rätt.

För mig som astronom är det långsiktiga målet med astronomiforskning att bättre förstå vår plats i universum. Här finns många frågor som söker svar. Varifrån kommer solen och planeterna? Varför finns det liv just här? Finns det liv någon annanstans? Under de senaste 20 åren har vi börjat förstå att planeter runt andra stjärnor är väldigt vanliga, och tack vare nya teleskop och nya bilder – några finns på nästa uppslag – kan vi börja förstå hur de blev till. Vi kan till exempel se att solsystemet inte är unikt i att ha alla planeterna i ett och samma plan, men vad beror det på? Genom att studera hur stjärnor och planeter bildas kan vi också börja försöka förstå vilka förutsättningar som krävs för att liv ska uppstå på andra planeter.

Astronomer hittar många ledtrådar till livets ursprung på jorden – och på andra planeter – genom att rikta sina teleskop mot moln av gas och damm runt väldigt unga stjärnor.

Inuti stjärnornas BB

Swedenborg fick rätt – vi vet idag att stjärnor bildas i stora moln av gas där molekyler – atomer som håller ihop – är vanligt förekommande. Dessa så kallade molekylära moln är till en början mycket glesa, de innehåller bara några tusen molekyler i varje kubikcentimeter. Luften som vi andas innehåller som jämförelse tiotals miljarder miljarder molekyler per kubikcentimeter. Ändå kan gasen i det interstellära molnet slumpmässigt klumpa ihop sig här och där. När en sådan ansamling av gas blir tillräckligt tät så kommer den att börja störta samman på grund av sin egen gravitation.

Kollapsen gör att innerområdena hettas upp. I mitten av detta kollapsande moln bildas fröet till en ny stjärna – en protostjärna.

Utöver gasmolekylerna i molnet finns där också en liten men viktig andel stoft. Stoftkorn har en nyckelroll att spela när rymdens mest spännande molekyler bildas – mer om det strax. Dessa dammkorn utgör ungefär en procent av den totala massan, vilket ger ungefär en stoftpartikel per 100 kubikmeter moln (som volymen på en tvårumslägenhet). Stoftpartiklarna är mycket små, bara någon mikrometer stora, och består bland annat av kiselföreningar, kolväten och ett yttre tunt lager av is, det vill säga frusen gas. Isen kan till exempel vara vattenis, men också kolmonoxid, vätgas, metan, och mycket annat.

Trots att det är så glest mellan stoftpartiklarna, så är de tillräckligt många för att kunna göra det svårt för ljus att ta

Motsatt sida: Gömd inuti ett tjockt, mörkt moln i rymden vaknar en nyfödd stjärna till liv. I den här illustrationen har en ung protostjärna samlat en snurrande skiva av materia runt sig (i rött och orange). Samtidigt skjuts materia ut i strålar som kan skapa bubblor (här i blått) i rymden omkring stjärnan.

sig ut från de innersta delarna av det kollapsande molnet. Synligt ljus har våglängder på knappt en mikrometer, och ljus absorberas och sprids väldigt bra av partiklar som är något mindre än ljusets våglängd. De små stoftpartiklarna kommer alltså att absorbera synligt ljus och infrarött ljus. Även med stora teleskop för synligt ljus är det svårt att studera platserna där stjärnor föds. Till och med teleskop för infrarött ljus har svårt att se in i de mörka molnen.

Men ljus med våglängder på cirka en millimeter eller längre – radiovågor – kan ta sig genom. Det mesta vi vet om de yngsta protostjärnorna har vi därför lärt oss med hjälp av observationer av ljus med långa våglängder – med radioteleskop.

Uppvärmade dammkorn

Vad är det som sänder ut de här osynliga vågorna? I mitten av molnet har den unga stjärnan ännu inte tänts. Ändå lyser den, genom att omvandla lägesenergin från det kollapsande molnet till strålning. Denna strålning absorberas av stoftet, som sedan sänder ut värmestrålning. Stoftet avger värmestrålning på samma sätt som en glödande kolbit, eller för den delen en människa – även du och jag avger infraröd strålning. Eftersom stoftet är mycket kallare så strålar det framför allt i ljus med lång våglängd, mikrovågor (liknande strålning alstras i en mikrovågsugn för att värma upp mat). Man kan säga att den energi som stoftet absorberat från protostjärnans ljus strålas ut igen, men som strålning med längre våglängder. Tack vare den här processen kan vi med hjälp av radioteleskop få syn på protostjärnan och dess omgivning.

När molnet krymper och stoftet börjar tunnas ut (för att bli planeter, men mer om det senare), så kommer mindre och mindre av stjärnans ljus att absorberas av stoftet, och protostjärnan som tidigare bara var synlig för radioteleskop kommer efter hand att bli synlig i först infrarött ljus, och till slut i synligt ljus.

Det är inte bara stoftet som strålar. Även gasen ger ifrån sig radiovågor, i form av spektrallinjer unika för varje sorts molekyl. Tack vare dessa kan astronomer upptäcka vilka molekyler som finns där nya stjärnor och planeter bildas, hur de skapas och vad för förhållanden som råder i unga stjärnors omgivning.

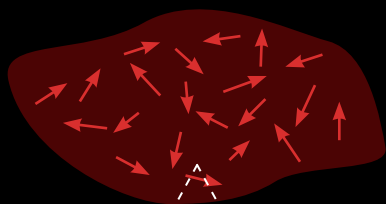
Fastfrusna livsmolekyler

Om en molekyl i gasform, till exempel kolmonoxid, träffar på ett stoftkorn så kan molekylen, om det är tillräckligt kallt, frysa fast på stoftkornets yta (i rymden gör det låga trycket att vätskor inte förekommer, så gas omvandlas direkt till is). Efter hand kommer ett lager av is att bildas på stoftkornet – i det här fallet fryst kolmonoxid. Även vattenis, frysta vattenmolekyler, kan förekomma på stoftkorn i rymden.

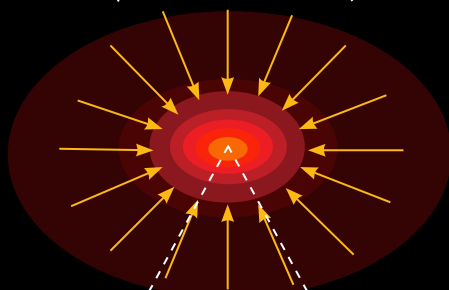
Trots att molekylerna är fastfrusna i stoftkornet, så kan de fortfarande delta i kemiska reaktioner där. Vissa reaktioner är mycket mer effektiva på islagren än i gasen.

SÅ BLIR ETT SOLSYSTEM TILL

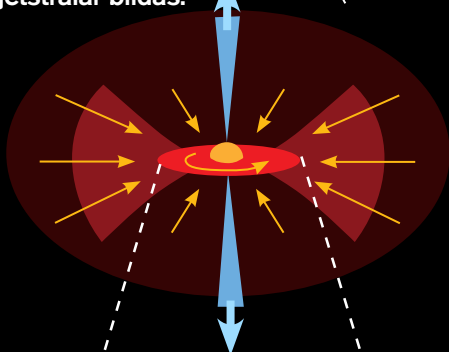
I ett ojämnt moln av gas och stoft ...



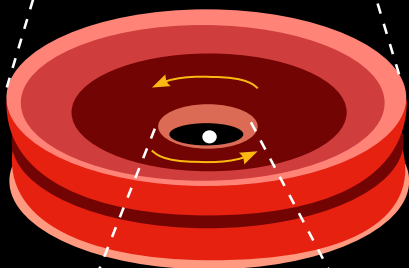
... kollapsar en del av molnet under sin egen tyngd – blir en protostjärna



Protostjärnan börjar snurra. En skiva och jetstrålar bildas.



Stjärnan värmer upp skivans inre delar, isar förångas.



Skivan töms på gas och damm, småstenar bildas och blir till planeter.

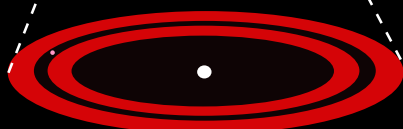


DIAGRAM: EFTER NASA OCH F. SHU, F. ADAMS OCH S. LIZANO 1987, STAR FORMATION IN MOLECULAR CLOUDS - OBSERVATION AND THEORY ANNUAL REVIEW OF ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS

Till exempel, om det är riktigt kallt (runt $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$, eller $10\text{--}15$ grader över den absoluta nollpunkten) kan det finns många fria väteatomer (H), som gärna reagerar med många olika sorters molekyler. En kolmonoxidmolekyl (CO) kan på så vis förvandlas till formaldehyd (H_2CO) och sedan metanol (CH_3OH). Genom att också lägga till fria kolatomer eller kväveatomer kan dessa processer till slut bilda komplicerade, organiska molekyler genom kemiska reaktioner i islagret. Som exempel kan här skapas molekyler som etanol (vanlig alkohol) och formamid – ett tidigt förstadium till guanin, en av baserna som ingår i livsmolekylen DNA.

Medan den nyfödda stjärnan ännu är i sin linda sker en förändring som hjälper oss att få syn på vad som händer. De istäckta stoftkornen börjar tack vare gravitationen ta sig närmare den unga stjärnan. Ju närmare de kommer, desto varmare blir de. Till slut börjar islagret att “koka bort” – molekylerna frigörs i gasform, och då kan vi observera dem med radioteleskop, till exempel ALMA. På så sätt har till exempel en enkel sockerart upptäckts i rymden: 2012 hittade ett dansklett forskarlag spår av glykolaldehyd i det innersta gasmolnet runt den unga solliknande stjärnan IRAS 16293-2422.

Mycket av de här molekylerna kommer dock att finnas kvar på stoftkornen. En del av dem har en framtid som grunden för kometer; de kallas smutsiga snöbollar just därför att de byggs upp från damm och is, bland annat vattenis. Vi tror att en hel del kometer kraschade in i jorden när den var mycket ung och kan därmed ha fraktat hit en del av vårt vatten (se artikeln *På jakt efter vatten i rymden med Herschelteleskopet* i PA 2013/1).

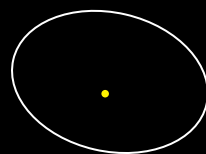
Om det stämmer så borde kometererna i så fall också ha tagit med sig organiska molekyler, och på det sättet kan de ha bidragit till att liv uppstod på jorden. Spår av organiska molekyler har upptäckts både hos kometer – senast av sonden Rosetta hos sin komet 67P/Churyumov–Gerasimenko – och meteoriter. Vi lär oss fortfarande om de komplexa molekyler som finns där.

En pannkaka som klumpar sig

Planeterna då? Astronomer hittar ledtrådar till hur planeter bildas både i vårt eget solsystem och hos unga stjärnor som håller på att bildas.

Solsystemets planeter ligger ju alla i någorlunda samma plan, betyder det att de också bildades så? När astronomer kunde börja studera unga planetsystem så märkte de att där de unga stjärnorna lyste, där lyste det också om stoft och damm. Fler och fler tecken tydde på att de unga stjärnorna omgavs av runda skivor av stoft. Men hur bildades de?

Medan stjärnan bildas så gör gravitationen att gasen och stoftet i molnet dras närmare och närmare protostjärnan i molnets mitt. Det är inte så svårt att föreställa sig ett gasmoln som blir mindre och mindre och samtidigt tätare och tätare, men det här krympande gasmolnet kommer snart att börja bete sig på oväntade sätt. Likt en isdansare som drar in armarna och snurrar fortare, så ökar små slumpmässiga rörelser i molnet mångfalt när molnet krymper.



stjärna: L 1448 IRS3B
 (nyfödd trippelstjärna)
 ålder: mindre än 150 000 år
 avstånd: 750 ljusår
 stjärnbild: Perseus

stjärna: HL Tau
 (ung skiva med spår av planetbildning)
 ålder: ca 1 miljon år
 avstånd: 450 ljusår
 stjärnbild: Oxen

Bilder från superteleskopet ALMA visar nu i detalj hur det ser ut där nya stjärnor bildas, och där nyfödda planeter kan finnas. Den unga trippelstjärnan. Ovan visas storleken på Neptunus bana runt solen som jämförelse.

Molnet roterar snabbare och snabbare, tills den omvandlas till en tunn, rund pannkaka runt den unga stjärnan – en protoplanetär skiva. Till råga på allt sprutar stjärnan dessutom ut gas i stora jetstrålar längs med polaxlarna, i en process som vi fortfarande inte helt begriper.

I pannkakan klumpar stoftpartiklar efter hand ihop sig. De bildar större och större kroppar, och till slut är de tillräckligt stora för att bli planeter.

Svärmar av småstenar

Det är först nyligen som forskare trott sig börja förstå hur hela processen ser ut. Hittills har vi med experiment och beräkningar lyckats förklara hur stoftkornen klumpar ihop sig till centimeterstora gruskorn – elektromagnetiska krafter gör att de klistrar ihop sig till porösa klumpar som påminner om lecakulor. Vi förstår också hur små asteroider (planetesimaler) kan klumpa ihop sig till stora planeter – gravitationen gör att de attraheras till varandra. Att förklara mellansteget har visat sig vara klurigare. Man kan säga att vi vet hur man tillverkar grus från stoft, och hur man gör planeter av stenbumlingar – men inte hur grus blir till stenbumlingar. Den idag mest lovande teorin omfattar avancerade datamodeller som visar att på grund av interaktioner mellan gasen och gruset så kan gruset bilda stora

svärmar som sedan kollapsar under sin egen vikt och bildar planetesimaler. En av astronomerna bakom dessa datamodeller är Anders Johansen vid Lunds universitet.

I vårt solsystem utvecklades troligen gruskorn till planeter på några miljoner år. I det inre solsystemet, där de jordlika planeterna (Merkurius, Venus, jorden och Mars) bildades var temperaturen såpass hög att det inte fanns särskilt mycket is på stoftkornen, och därför består dessa planeter framför allt av sten och metaller. Längre ut var stoftkornens islager tjockare, vilket gjorde att jätteplaneter med stora mängder gas och is (Jupiter, Saturnus, Uranus och Neptunus) kunde bildas där.

I andra solsystem, som bland annat rymdteleskopet Kepler hjälpt oss börja upptäcka, så ser fördelningen av stora och små planeter ibland helt annorlunda ut. Här finns fortfarande mysterier att lösa.

Med hjälp av ALMA och andra radioteleskop kommer vi att kunna fortsätta studera dessa processer i unga planetsystem, och på så sätt lära oss mer om processerna som bildar planeter i andra solsystem men även förstå de kemiska processer i den unga solnebulosan som kan ha hjälpt det första livet på jorden på traven för några miljarder år sedan.

JOHAN LINDBERG är astronom vid NASA Goddard Space Flight Center i Greenbelt, Maryland, USA.



BILD: ALMA (ESO/MAGI/NRAO)

FOTO: NASA