

Molekyler i rymden berättar hur stjärnor föds

Stjärnor föds i mörka moln av damm och gas, ogenomträngliga för synligt ljus. Men signaler från molekyler i molnen slipper igenom. Carina Persson tog hjälp av Odinsatelliten för att undersöka stjärnbildande områden.

DEN 4 OKTOBER 2009, kl 08:57 gjorde Odinsatelliten precis sitt 46962:e varv kring jorden. Varje varv har tagit 90 minuter. Odin är en fantastisk liten satellit. Med en 1,1 meter stor spegel och flera instrument har Odin letat efter vatten och molekyllärt syre, både i rymden och i jordens atmosfär, i snart nio år. Sedan 2007 utförs dock nästan uteslutande observationer av jordens atmosfär. Vi astronomer har istället nyligen börjat använda Europeiska rymdstyrelsens uppföljare till Odin – rymdteleskopet Herschel.

Båda satelliterna observerar stora gasmoln mellan stjärnorna – det interstellära mediet. Dessa moln har extremt låg täthet. I de allra tätaste områdena är tätheten fortfarande inte högre än i våra bästa vakuum på jorden.

I dessa moln bildas stjärnor. De tätaste och mest iskalla klumparna av molnen kollapsar under sin egen tyngd i miljoner år. Till slut tänds en ny stjärna. Denna process är svår att observera eftersom den är begrädd djupt inne i det täta och mörka molnet.

Det är istället molekyler som har fungerat som ovärderliga mätsonder av denna process. Vår kunskap om stjärnbildning och det interstellära mediet har ökat dramatiskt sedan den första molekylen i radioområdet detekterades 1963. Idag har över 160 molekyler säkert detekterats i rymden. Men molekylerna är även viktiga för stjärnorna själva. Utan dem så skulle det faktiskt vara omöjligt för dagens stjärnor att kunna bildas.

När ett stort gasmoln kollapsar stiger nämligen temperaturen. Det skapar ett tryck som stoppar kollapsen i ett alldeles för tidigt skede. Men om det finns molekyler i molnet så kan de omvandla värme till strålning så att temperaturen hålls nere och stjärnbildningen kan fortsätta.

SYRE ÄR DET tredje mest förekommande grundämnet i universum och ingår i många molekyler. Två av dessa molekyler har dessutom förutspått vara mycket viktiga kylagenter i stjärnbildningens tidiga stadier: vatten (H_2O) och molekyllärt syre (O_2). Syrekemin påverkar alltså det interstellära mediet och stjärnbildning och är därför viktig att studera. Vattenmolekylen är även mycket känslig för skillnader i täthet och temperatur och spårar därför stjärnbildande områden mycket bra.

Kemimodeller har förutspått att en mycket stor del av syret i det interstellära mediet borde finnas i form av molekyllärt syre och vatten. I många år var detta dock bara teorier eftersom få observationer var gjorda. Information saknades även om i vilka sorts områden dessa molekyler fanns: utbredd och tunn gas, tät och kompakt gas, kalla eller varma källor? En annan viktig relaterad fråga rörde deras tillstånd: existerar de som gas eller som is på ytan av de solida små stoftkorn som finns i gasen?

Tyvärr är det svårt, nästan omöjligt, att observera vatten och molekyllärt syre med markbaserade teleskop eftersom jordens atmosfär effektivt absorberar strålningen. Lösningen blir att sända upp satelliter. En av dessa är Odinsatelliten, som är specialdesignad för att observera vatten och molekyllärt syre vid våglängderna 0,5 respektive 2,5 millimeter.

I MIN AVHANDLING har jag använt data från Odinsatelliten för att undersöka stjärnbildande områden med fokus på vattenmolekylen. Ett av mina största projekt var en spektrallinjensökning mot Orionnebulosan – den första som någonsin utförts från rymden.

I ett sådant arbete observeras ett mycket brett våglängdsband för att undersöka vilka molekyler som finns i detta



Odinsatelliten sköts upp 2001 och är ett samarbete mellan Sverige, Frankrike, Kanada och Finland.

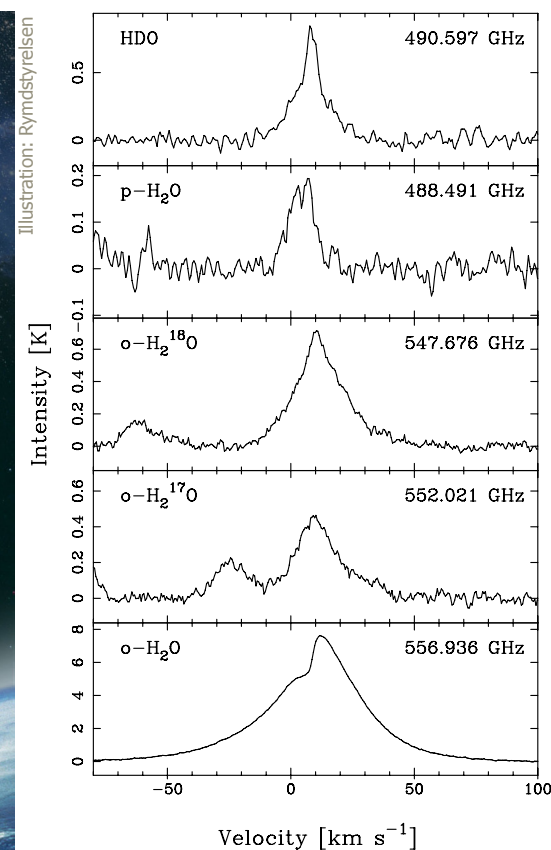
område. Det är ett välbeprövat sätt att få mycket väskalibrerade data och ger också möjlighet att hitta helt nya molekyler.

Under 1100 timmar observerades Orionnebulosan och 344 möjliga signaler detekterades mellan 0,61–0,62 och 0,52–0,55 millimeter. Databearbetningen var omfattande och tog lång tid, liksom identifieringen av alla signaler. Efter flera års arbete var 280 linjer identifierade från 38 olika former av molekyler. Bland annat såg vi en mycket stark signal från vatten. Dessutom underlättades analysen av denna linje betydligt genom att vi även detekterade de mera sällsynta vattenmolekylerna HDO, $H_2^{18}O$ och för första gången i rymden, $H_2^{17}O$. Arbetet publicerades i två stora artiklar i *Astronomy & Astrophysics* under 2007.

En av fördelarna med en spektrallinje-

avsökning är att man oftast kan observera många linjer från ett flertal molekyler med samma teleskop och instrument. Detta är till stor hjälp vid analysen av data eftersom de olika molekylerna kan ge kompletterande information av området. Förutom vattenmolekylerna observerade vi till exempel inte mindre än fyra CO-molekyler: $^{12}C^{16}O$, $^{13}C^{16}O$, $^{12}C^{17}O$ och $^{12}C^{18}O$. Dessa är viktiga när man ska bestämma vattenhalten i gasen.

Våra resultat har bidragit till att visa att syret till stor del är bundet på ytan av stoftkorn genom effektiv bildning av vattenis. I gasfas bildas vatten mycket långsamt och ineffektivt vid låga temperaturer. När temperaturen stiger så sublimerar dock vattnet från stoftkornens is och dessutom kan kemiska reaktioner snabbt omvandla allt tillgängligt syre till



Fem olika signaler från vatten observerades i Orionnebulosan under vår spektrallinjensökning med Odinsatelliten.

vattenånga i gasen. Höga temperaturer finns ofta i anslutning till stjärnbildande områden.

I ETT ANNAT av mina projekt är vi på jakt efter mer kunskap om hur de allra första stjärnorna i universum bildades.

Några hundra tusen år efter Big Bang blev universum mörkt och de kosmiska mörka åren började. Under denna tid bestod hela universum av en tunn och oerhört jämn gas med mycket små förtätningar här och var. Dessa förtätningar

växte under hundratals miljoner år innan de första stjärnorna tändes och spred ljus i den mörka rymden.

De första stjärnorna var enormt mycket större än stjärnorna idag. Orsaken var att i tidiga universum fanns bara väte, deuterium, helium, helium-3 och litium, som producerades strax efter Big Bang. Alla andra grundämnen har stjärnorna bildat långt senare i sina heta kärnor. Resultatet blev att det fanns oerhört lite molekyler som kunde kyla de stjärnbildande områdena, till exempel H_2 , H_2^+ , HD, HD^+ , HeH^+ , LiH, och LiH^+ .

Ingen har någonsin observerat något från denna mörka tid. Många frågor återstår därför om utvecklingen av universums struktur, de första stjärnorna och galaxerna.

Med Odin har vi därför genomfört spektrallinjensökningar mot flera positioner utan känd strålning för att leta efter signaler från de kosmiska mörka åren. Sökandet är oerhört svårt eftersom man i princip inte vet man inte vilka molekyler man letar efter, var på himlen man ska titta, eller på vilka våglängder man ska observera. De primordiala "gasmolnen" är dessutom i okänt evolutionärt tillstånd, vilket betyder att det är omöjligt att förutsäga styrkan eller signalernas bredd och form.

Ingen detektion har ännu gjorts, men vi fortsätter sökningarna med Onsala rymdobservatoriums 20-meters teleskop liksom med rymdteleskopet Herschel under 2010. En signal från denna tid skulle innebära att någon för första gången fått en direkt signal från det tidiga universum.

CARINA PERSSON

Läs en intervju med Carina Persson på s 16

Carina Persson har doktorerat i astronomi vid Chalmers tekniska högskola. Hon försvarade sin avhandling den 16 januari 2009 med Emmanuel Caux från Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements i Frankrike som opponent.

Läs mer:

Hela Carina Perssons avhandling "Molecular observations at high and low redshifts with the Odin satellite" finns på www.chalmers.se/rss/oso-sv/kontakt/personal/persson-carina.