

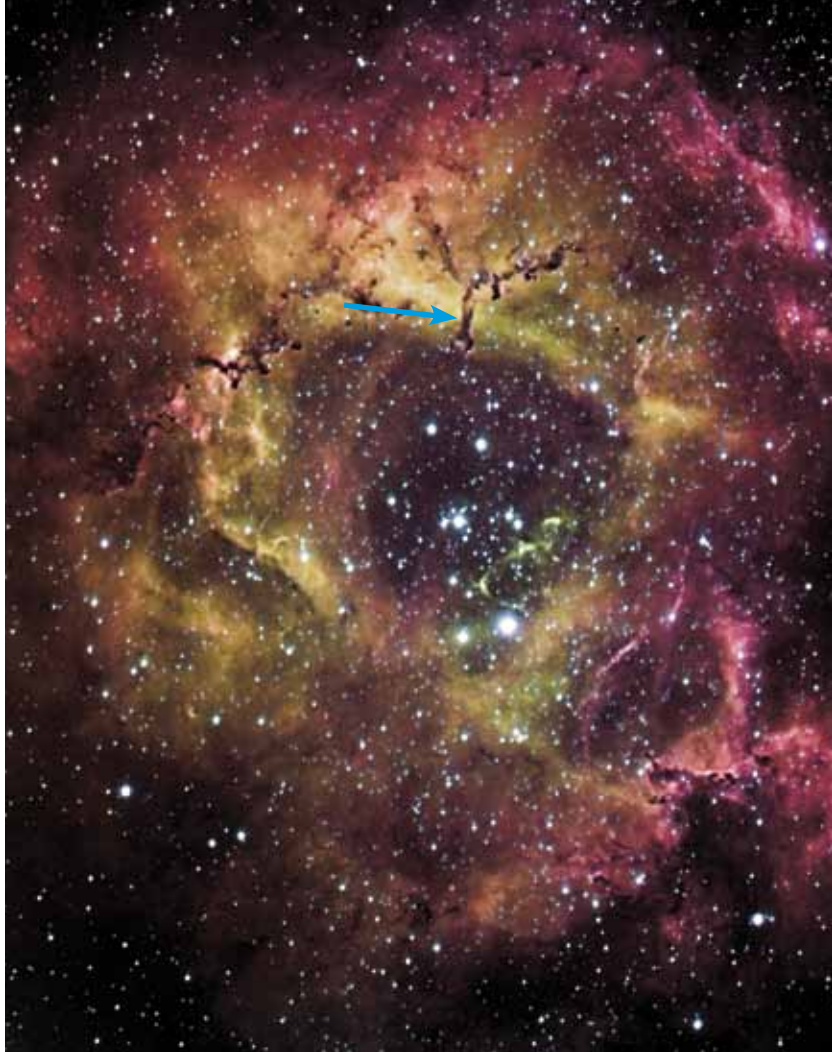


ELEFANTSNABLAR, TÅRAR, ÄGG OCH GLOBULETTER

– NEBULOSORNAS SKÖTEBARN

av Gösta Gahm

Motstående sida: Nebulosan NGC 602 står i full blom. Längst in en nybildad stjärnhop där de ljusa, tunga stjärnorna lyser blå. En expanderande bubbla av lysande gas omger hopen, och längre ut ligger ett kallt skal av rök och gas, som skjuts utåt av trycket från bubblan. Märkliga formationer skulpteras i skalet, t.ex. elefantsnablarna som ses i mörk siluett mot den ljusa bakgrunden. Dessa pelare av kall gas och skymmande stoff har tänjts ut i den expanderande bubblan och pekar in mot nebulosans centrum.



Rosettnebulosan, ca tre miljoner år gammal, i en bild tagen från Skåne av Mikael Skafar. Den expanderande gasen har svept upp ett hålrum i mitten. Här har tunn gas hettats upp till miljonen grader och strålar i röntgenområdet. Vi kartlägger de mörka strukturerna längre ut i optiskt och infrarött ljus och i radioområdet, och en NOT-bild av området vid pilen ses på nästa uppslag.

Med hjälp av observationer i många olika våglängdsområden lär vi oss allt mer om hur stjärnor – och kanske även planeter utan moderstjärnor – bildas i de vidsträckta molekylnolnen i Vintergatan.

Vi ser dem överallt – bilderna på färgsprakande nebulosor. I textböcker och teveprogram, på reklam, som skärmbakgrund och som konstverk på museer. De kosmiska blossen tilltalar fantasin och kanske kommer en stund av undran. Vad är det som får Vintergatan att blomma?

Dramatik och dynamik

Tänk om man kunde ställa samman en bild vart hundra år över en period på fem miljoner år och spela upp en film av en nebulosas födelse, liv och död. Informationen har vi tillgång till, eftersom Vintergatan bjuder på nebulosor i olika stadier av sin utveckling. Filmen börjar i ett omfångsrikt kallt moln av gas och rök (stoff), ett jättemolekylnoln. Lokala förtätningar bildas och förtätas ytterligare. Klumparna fragmenterar och enskilda fragment faller ihop, värms upp och bildar stjärnor. En nykläckt stjärnhop ligger nu inbäddad i ett hölje av gas och stoff. Stoffet skymmer sikten effektivt, men en sådan hop kan spåras i infrarött ljus, som lättare än synligt ljus slinker igenom röken.

De tunga stjärnorna är färdigbakade först och deras ljus aktiverar omgivningen. En liten, men snabbt växande bubbla av lysande gas bildas. Men det är inte bara värmen

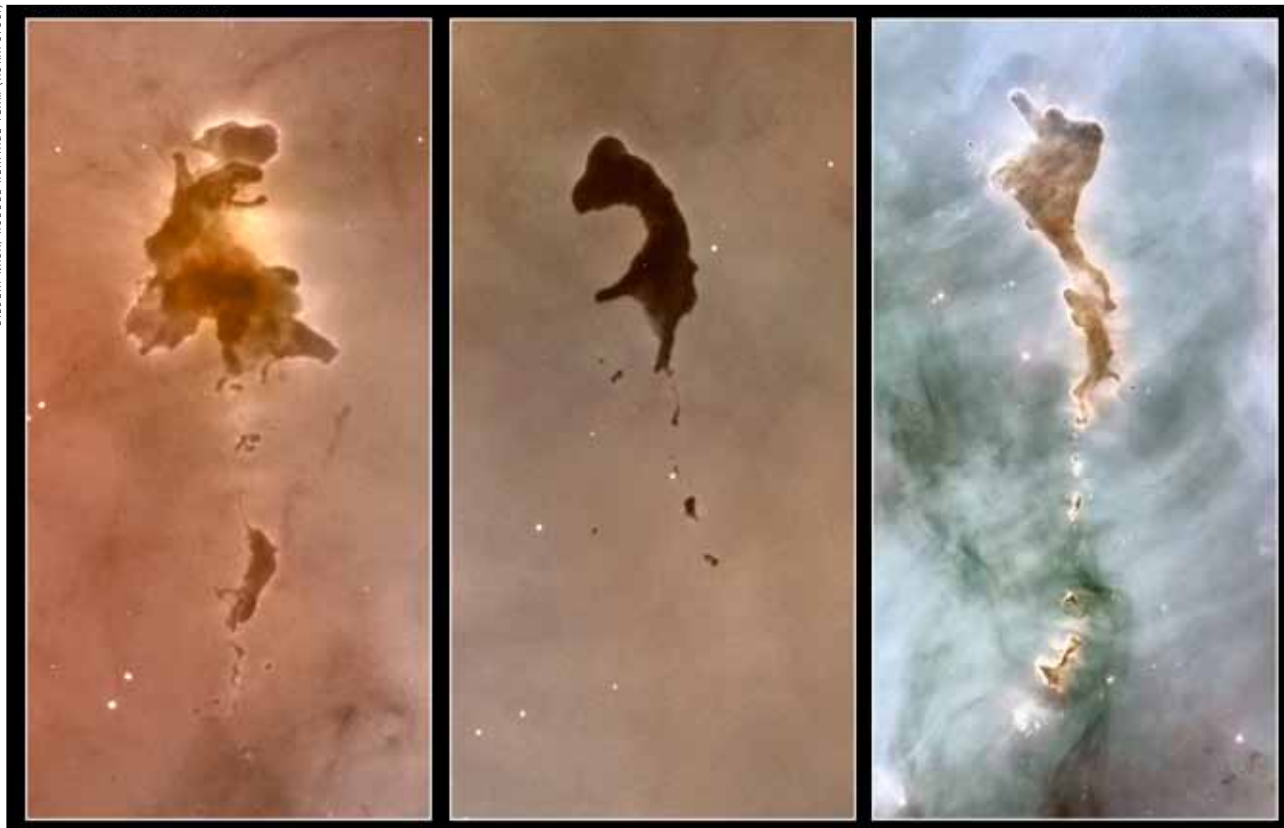
och trycket från ljuset som får detta embryo till nebulosa att expandera. De tunga stjärnorna utvecklar också kraftfulla stjärnvindar. Gasen i vinden är tunn, men hastigheten är hög, ett par tusen kilometer i sekunden. Vindar kolliderar, med varandra och med omgivningen. Energi levereras. Temperaturen stiger då till över miljonen grader i centrum av bubblan, som börjar avge röntgenstrålning.

Det yttre höljet av gas och rök är dock fortfarande kallt, ett tiotal grader över absoluta nollpunkten. Det trycks ihop till ett skal som accelererar i riktning ut från stjärnhopen. Klumpar i skalet bildas och nya stjärnor kan tändas allt längre ut från centrum. Dessa andra generationens stjärnor rör sig redan från starten utåt. Dessutom förekommer störningar mellan stjärnorna inne i den täta hopen, som leder till att stjärnor kickas ut, t ex då en komponent i en dubbelstjärna frigörs helt.

Den dramatiska växelverkan mellan varm expanderande gas och kallare omgivning i rörelse skulpterar skalet och märkliga formationer uppstår. Vi ska granska några av dessa närmare, men noterar först att när vår film rullat några miljoner år har följande hänt – en nebulosa står i full blom inför våra ögon.

* I centrum en stjärnhop innehållande åtskilliga tusen stjärnor; men bara de tyngsta är färdigbakade.

* En lysande expanderande bubbla av nära tiotusen gra-



der varm gas omger hopen, och längst in har gasen hettats upp till över en miljon grader.

* Ett skal av kall molekyllär gas och stoft föses utåt av den varma expanderande bubblan, som snö framför en plog.

* Hundratals stjärnor skjuts ut som kulor i Vintergattans djup.

De mörka siluetterna

– Oj, vilka häftiga formationer, utbrast vi i kontrollrummet till Nordiska teleskopet (NOT) på La Palma när jag med Helmuth Kristen från Lund just laddat ner de första bilderna av områden kring det expanderande skalet i Rosettnebulosan. Bilderna är tagna genom ett filter som avgränsar vävetets röda spektrallinje, som lyser starkt i nebulosan. Vi hade fångat in kalla molnstrukturer som avtecknar sig i siluett mot den ljusa bakgrunden. Detta var början till en omfattande genomgång av ett tiotal nebulosor där vi letade efter småskaliga strukturer.

Vi avbildade åtskilliga så kallade elefantsnablar, pelare av gas och rök som alla pekar in mot stjärnhopen. Vi noterade att många snablar är uppbyggda av extremt komplicerade nätverk av tunna trådar, som förbinder en massiv klump längst ner med det expanderande skalet längre ut. Sådana filament tycks ibland vara virade längs snabelns axel, ibland i formationer som liknar en helix. Några av trådarna är så tunna att de inte ens är upplösta på bilderna, men ”något” håller dem samman och de bevarar sin identitet över ljusårslånga sträckor.

Detta blev mumma för Per Carlqvist på Alfvénlaboratoriet vid Kungl. tekniska högskolan, där man gärna associerar till magnetfält och elektriska strömmar för att hitta förklaringar till hur filament kan bestå och formera sig i virvlar. En ny teori, baserad på elektromagnetiska krafter, tog form för att förklara snablarnas märkliga struktur, och Maarit Mantere och Miikka Väisälä i Helsingfors har följt upp med numeriska modeller. Magnetfält kan mätas direkt genom observationer, men inte elektriska strömmar. Våra observationer antyder indirekt deras existens.

Själv fascinerades jag tidigt av små svarta bollar som tycks simma för sig själva i den varma nebulosan ett stycke ut från skalens och snablarna. De minsta är bara någon bågsekund tvärs över och på gränsen att kunna upplösas med NOT. Flera påträffades också mycket nära snablarna, och det förefaller som snablarna eroderar under påverkan av strålning och gasrörelser och kalvar ungefär som isblock, som bryter upp från smältande glaciärer. De små klumparna frigör sig och börjar leva ett eget liv i den ogästvänliga miljön. Observera att det är tack vare den ljusa bakgrunden som vi överhuvudtaget kan se sådana objekt.

Massor och rörelsemönster

Ett sätt att bestämma massan hos olika mörka strukturer är att mäta hur mycket ljus som absorberas och sprids av stoftkorn i siktlinjen till nebulosan. Väl beprövade metoder ger då ett mått på totala massan av allt stoft i objektet. Men det är gasen som dominerar, och den måste också vägas

Motstående sida: Några stoffkoncentrationer, däribland globuletter, i Carinanebulosan i sydliga stjärnbilden Kölen.

”Skiftnyckeln” (eng. The Wrench) i Rosettnebulosan är en praktfull elefantsnabel. Den hästskoformade klumpen längst ner förbinds med skalet ovan i ett komplicerat nätverk av virade trådar (filament), som vi förmodar skapas av elektriska och magnetiska krafter. Med radioteleskop har vi mätt gasens hastighet i synlinjen. Vi konstaterar att snabeln kontinuerligt tänjs ut med tiden och dessutom att den roterar, ett varv på 1,5 miljoner år. Hela komplexet av kall gas har accelererats till 20 km/sek i riktning ut från stjärnhopen.

Litet varstans simmar små skymmande bollar för sig i nebulosans varma hav (vid de röda pilarna t.ex.). Dessa globuletter är av planetmassa. Den infällda bilden visar en kraftigt uppförstorad globulett. Objektets radie är bara 2 bågsekunder, vilket motsvarar 3 000 astronomiska enheter på avståndet 4 500 ljusår. Till vänster om den övre hästskoformationen på bilden finns en sträng av globuletter, som just har knoppats av från ett eroderande filament.

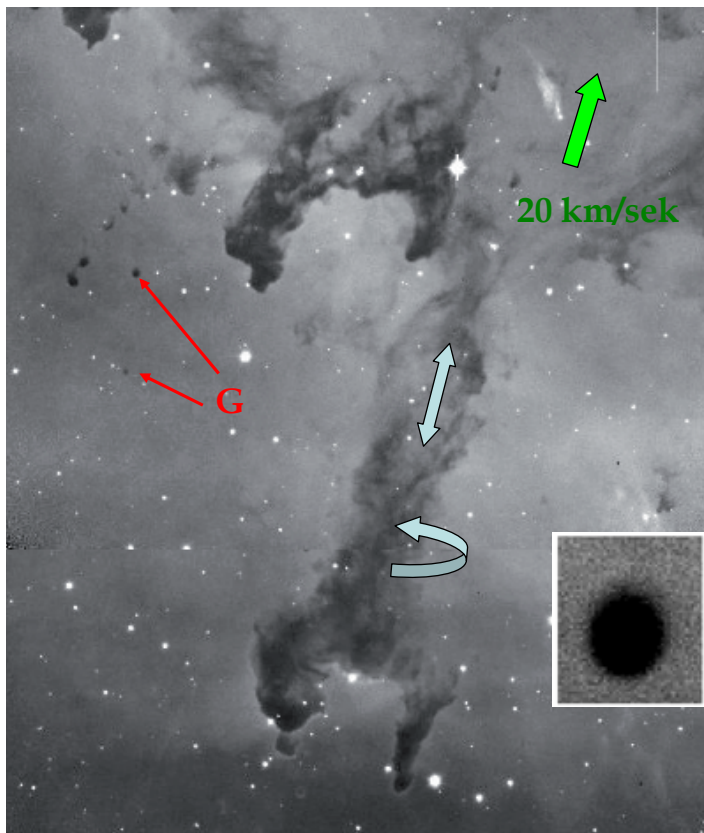


BILD: P. CARLQVIST, G. GAHM & H. KRISTEN, A&A, 403, 399 (2003)

in i totalmassan. Med sådana metoder fann vi att medan elefantsnablarnas vikt kan uppgå till tiotals gånger solens, så innehåller de flesta av de små bollarna inte mer än några gånger Jupiters massa. Lite varstans i galaxen finns kalla moln som bär på en eller flera solmassor, och som fått namnet globuler. Vi gav våra små klumpar namnet *globuletter*, (på engelska *globulettes*) eftersom vi fann att de bildar en klass för sig. De största har massor motsvarande de lättaste stjärnorna, bruna dvärgar.

Många före oss har funderat över liknande små molnfragment. De förekommer t ex på många nebulosabilder tagna med Hubbleteleskopet. Begreppet EGG (”Evaporating Gaseous Globules”) myntades tidigt och avsåg små klumpar som var utsatta för kraftig erosion genom att det infallande stjärnljuset aktiverar och förstör klumpen. En avsikt med namnet (på svenska ”ägg”) är förstås att antyda att de kanske är embryon till nya stjärnor. Det finns emellertid inga spår av stjärnbildning i majoriteten av ”äggen”. Det gör det däremot i de s.k. proplyderna, där ett embryo till planetsystem, en stoftig skiva runt en nybildad stjärna, disintegrerar i ljuset från en stjärnhop. Sådana träffar man på t.ex. i Orionnebulosan.

Men majoriteten av våra globuletter kan inte klassas vare sig som EGG eller proplyder. Några har dock tagit formen av tårar eller droppar, med en ljus rand vänd mot centrum, och i dessa pågår helt klart jonisation. Tiia Grenman och hennes handledare Sverker Fredriksson i Luleå tog sig an att bestämma massor och storlekar för 173 globuletter inom ramen för Tiias licentiatarbete. Senare kartlade hon ytterligare 220 globuletter från Hubblebil-

der av Carinanebulosan, som är enastående rik på dessa. Vi har hittills inte påträffat en enda som hårbärgerar en nyfödd stjärna. Det är dock inte otänkbart att de största kan utveckla kärnor som kollapsar till lågmassiva objekt, som bruna dvärgar eller kanske till och med fritt flygande planeter. Eftersom molnen redan accelererats ut från centrum skulle sådana utfrusna världar så småningom lämna nebulosorna liksom de stjärnor som spottas ut.

Vi har satt namn på elefantsnablarna efter deras utseende. En heter Ekoxen och finns i Perseus. En annan fick ABBA-namnet The Dancing Queen – och döm om vår förvåning när vi upptäckte att den verkligen dansar runt. Det händer ibland, men inte ofta, att fullständigt nya och överraskande resultat uppträder inför ens ögon. Så blev det i kontrollrummet till Onsala rymdobservatorium där vi med nu bortgångne Lars Johansson upptäckte att hastigheten förändras gradvis över snablarna, dels längs med axeln, dels tvärs över. Det betyder att snablarna tänjs ut med tiden samtidigt som de roterar runt sin axel. Här observerar vi således inte stoffet utan molekyler i gasen, och då erhåller vi molnens hastighet mot och från oss, radialhastigheten.

Den första upptäckten stämmer bra med vad man väntat sig, nämligen att den massiva klumpen blir efter i expansionen, den accelererar långsammare än skalet. Det filamentära materialet i snabelns axel är fäst i klumpen och i skalet och måste därför sträckas ut med tiden. Att snablarna roterar var till del förutsett i Carlqvists teori, men oklart är hur den enorma rotationsenergin injiceras i snablarna från början. En sak står klar: detta är ett sätt att transportera och göra sig av med rotationsenergi

AKTUELL FORSKNING

(impulsmoment) från områden med stjärnbildning.

I år har vi också med Carina Persson på Onsala detekterat molekylstrålningen från ett tiotal globuletter. En finess är att vi kan uppskatta massan hos gasen, som kan jämföras med den beräknad från mängden stoft. Dessutom kan vi mäta hur globulettorna rör sig i området och om det finns interna rörelser, t.ex. på grund av att det bildas kompaktare objekt i det inre. Vi jublade när den första signalen kom fram tydlig och distinkt på skärmen, för det var inte helt givet att vi skulle "se" något alls. Globulettorna är små jämfört med antennlobens utsträckning på himlen.

Frågan om huruvida globulettorna formar kompaktare objekt har undersökts av Garrelt Mellema och Andrej Kuutmann i Stockholm med numeriska simuleringar. Globulettorna lever enligt dem ett farligt liv och kan upplösas i stjärnluset innan de haft tid att kollapsa. Medarbetare i Helsingfors, Lauri Haikala och Minja Mäkelä, har avbildat flera områden i infrarött ljus vid Europeiska sydobservatoriet. Bilderna visar att de massivaste globulettorna hyser tätare

kärnor och således mycket väl kan kollapsa till lågmassiva objekt, kanske till och med planeter.

Jag har fått frågan: OK, anta att era små klumpar verkligen bildar planeter som kickas ut i galaxen, är det inte då en del av den mörka materien, som alla försöker finna en förklaring på? Visst, svarar jag, men även om galaxen genom åren producerat tiotusentals nebulosor som spottat ut miljontals globuletter, så blir det sammantaget bara en ynklig bråkdel av den mörka materien.

Dock vet vi bestämt att när en nebulosa skingrats efter kanske tio miljoner år lämnar den inte bara kvar en kompakt hop av stjärnor, utan också en svärm av stjärnor på väg allt längre ut i galaxen. Och för några år sedan påträffades de första fritt flygande planeterna i Vintergatan, men deras ursprung är ännu okänt. Observationerna vid Onsala fortsätter under hösten. ★

GÖSTA GAHM är professor emeritus i astronomi vid Stockholms universitet och tidigare ordförande i Svenska Astronomiska Sällskapet

Mest läst på www.popast.nu under sommaren

1. Perseiderna 2010: tips, trailer och länkskur (9 augusti). Populäraste meteorregnet.
2. Rosetta hos Lutetia: bästa asteroidbilderna någonsin (10 juli). Europas kometsond mötte en stor asteroid och skickade kort hem till jorden (se sidan 9).
3. Tyngsta stjärnan spränger viktrekord (21 juli). Superjättarnas superjätte R136a1 – se sidan 6 – slog ner som en bomb trots sommartorka.
4. Ulf Danielsson sommarpratar om slumpen och universum (8 juni). Uppsalafysikern debuterade i P1:s Sommar.
5. Spektakulärt solutbrott: nu kommer partikelströmmen hit (3 augusti). Solstorm orsakade norrsken över Sverige och så långt ner som Tyskland. Mer på sidan 4.



FOTO: ALEXIS BRANDEKER

Denna perseidmeteor, fotad av Alexis Brandeker, var med på popast.nu den 13 augusti



Ja tack, jag vill gärna prova Populär Astronomi till introduktionspriset 240 kr och får för detta fem nummer av Svenska Astronomiska Sällskapet kvartalstidskrift.

.....
Namn

.....
Gatuadress eller motsvarande

.....
Postnummer, ort

.....
Mejladress

.....
Telefon

Som bonus blir du medlem av Svenska Astronomiska Sällskapet!



Frankeras ej.
Mottagaren
betalar portot.

POPULÄR★
Astronomi

AlbaNova Universitetscentrum

SVARSPOST

200 064 900

110 50 STOCKHOLM