

NOBEL PRIZE MUSEUM

FORSKARHJÄLPEN 2020

Stjärnjakten



© Nobel Prize Museum 2020

Box 2245, 103 16 Stockholm

forskarhjalpen@nobelprize.org

www.forskarhjalpen.se

Image credits: Omslag, denna sid och baksidan: NASA, ESA

Innehåll

Välkomna till Forskarhjälp 2020! 5

Viktiga datum, arbetsflöde 8

Bakgrundsinformation till Stjärnjakten 10

Astronomins historia och kartan över himlen 10

Allt som krävs är ljus 12

Olika slags ljus 13

Hur ljus används för att undersöka ett föremål 15

Bygg ditt eget spektroskop 17

Varje slags ljus behöver sitt eget teleskop 17

Vikten av att studera stjärnor och hur de bildas 20

Stjärnbildning och stjärnornas livscykel 22

Vad vi astronomer vill ha din hjälp med 27

Forskningsprojektet Stjärnjakten 28

The World Wide Telescope 28

Vad är WWT? 29

Hur ska WWT användas? 29

Hur Stjärnjakten går till 34

Att dela med sig är att bry sig om 34

Hur du skickar oss de ifyllda tabellerna 35

Del 1:

Miljön i molekyln där stjärnor föds 37

Varför gör vi detta? 37

Uppgift A: Leta efter filament 39

A:1 Hitta filament 40

Din vetenskapliga åsikt. 43

A:2 Räkna filament 45

A:3 Hur långa är filamenten? 46

Vad kan vi astronomer lära oss av din analys i Uppgift A? 48

Extrauppgift: Bubbeljakten 49

Din vetenskapliga åsikt. 50

Vad kan vi astronomer lära oss av din analys i Extrauppgiften? 52

Slut på Del 1 52

Del 2:**Tunga stjärnors födelse 53**

Varför gör vi detta? 53

Uppgift B: Leta efter stjärnor 54

B:1 Räkna stjärnor i varje cirkel 56

Extrauppgift: Felberäkning och felstaplar 60

Vad kan vi astronomer lära oss av din analys? 61

Extraaktiviteter för Stjärnjakten 61

Vill du kanske utforska mer? 61

Forskningsmetodik 62**Att rapportera forskningsresultat 68****Ordlista 71****Bilaga 1:**

Molekylmoln = Infrared Dark Clouds (IRDCs) 78

Bilaga 2:

Tunga Protostjärnor = SOMA Källor 79

Tidigare projekt 80

Välkomna till Forskarhjälpen 2020!

Vi är mitt uppe i en tid av förändring. Förändringarna medför i många fall förbättringar, men det innebär också att vi står inför en rad utmaningar. Vad behövs för att vi alla ska kunna leva på ett bra sätt i vår värld? Forskning är ett redskap. För att vi skall kunna hitta nya lösningar behövs människor som är kreativa, uthålliga och som älskar att lösa problem! Vi behöver dem som vågar tänka tankar ingen tidigare tänkt, går dit ingen tidigare gått, enträget söker vidare där andra har gett upp, och med fast beslutsamhet står fast vid sin övertygelse. Dessa människor är vår framtids hjältar – Forskarna!

I Forskarhjälpen vill vi inspirera skolelever till att bli intresserade av forskning och vetenskap genom att vi ger dem möjlighet att själva prova på riktig forskning. Eleverna får en djupare förståelse för vad ett forskningsprojekt kan innebära, och forskarna får samtidigt hjälp med sin forskning. Förhoppningen är att vi tillsammans kan bidra med en liten men betydelsefull pusselbit i ett större forskningsprojekt. Forskarhjälpen leds av Nobel Prize Museum och är finansierat av Stiftelsen för strategisk forskning.

Forskarhjälpen 2020 – Stjärnjakten

Vad?

I årets projekt, Stjärnjakten, behöver forskarna som är astronomer hjälp med att hitta och identifiera stjärnor som föds ur dammiga interstellära moln i vår galax. Detta för att kunna besvara frågor så som: Formas dessa stjärnor, särskilt de massiva, ensamma, som tvillingar eller kanske tillsammans i stora kluster?

Hur?

Eleverna kommer att använda verktyget WorldWide Telescope (WWT) för att studera astronomiska bilder på rymdmoln med gaser och damm (små partiklar), där nya stjärnor formas i vår galax. Genom att överlagra bilder tagna med olika våglängder kommer eleverna att kunna hjälpa oss att identifiera antalet nybildade stjärnor och eventuella supernovaexplosioner. Forskarna kommer ge en bakgrund till forskningen och instruktioner för analys av bilderna. Elevernas analys sker med stöd från forskarna, och med egna uppslag. Eleverna arbetar två och två och mot slutet av projektet tillverkar de vetenskapliga postrar där de beskriver sitt arbete och sina resultat.

Varför?

Genom att studera bilder som visar ljusstrålning med olika våglängder kommer vi att kunna förstå den kemiska miljön runt stjärnor som föds i vår galax. Med hjälp av denna information kan vi studera olika fenomen runt stjärnors födsel, t.ex. rymddamm och supernovaexplosioner.

Undersökningarna kommer att kunna tillföra viktig information om miljön och kompositionen i stjärnbildande rymdmoln i Vintergatan och därmed den övergripande livscykeln för stjärnor. Forskare har ännu inte en komplett

förståelse av detta. Eleverna kommer att kunna bidra med viktig grundläggande information, som också kommer hjälpa oss att bättre förstå ursprunget till vår egen sol och dess planeter.

Postertävling – mer info kommer att finnas på hemsidan!

Av alla klassens postrar (ca 15 i en klass på 30 elever) så väljer klassen själva ut EN poster som representerar skolan och som är med i Forskarhjälpens postertävling

Man kan ha med flera klasser på samma skola som medverkar i projektet, men tänk då på att man bara kan skicka in EN poster per skola till postertävlingen.

Tre juryer kommer att välja ut vinnarposters i tre olika kategorier:

- Jury nr 1 bestående av tre populärvetenskapliga journalister väljer ut en vinnare utifrån ett helhetsperspektiv (vetenskapligt innehåll, grafisk form samt presentationsteknik). Vinnarpostern får 5000 kr till klasskassan, samt vinner ytterligare ett pris som meddelas senare.
- Jury nr 2 består av forskarna som kommer att välja ut den bästa postern ur ett vetenskapligt perspektiv. Vinnarpostern får göra ett studiebesök hos forskarna på Chalmers samt får 2000kr till klasskassan.
- Jury nr 3 – är eleverna själva! De röstar fram vinnaren av Skolornas pris. Vinnarpostern får göra ett studiebesök hos vår sakkunniga rådgivare, Pernilla Wittung Stafshede på Chalmers samt får 2000 kr till klasskassan.

Avslutskonferens

Den 12 februari 2021 kommer det att bli en avslutningskonferens på Nobel Prize Museum dit en lärare och två elever per skola är välkomna. Konferensen kommer att bestå av föreläsningar och resultatrapportering från forskarna. Alla postrarna som har varit med i postertävlingen (en per skola) kommer att visas här på museet och eleverna får kort presentera sin poster.

Arbetsgruppen för Stjärnjakten består av:

- *Jonathan Tan*, professor vid institutionen för rymd-, geo- och miljövetenskap, astronomi och plasmafysik, galaktisk astronomi.
- *Giuliana Cosentino*, doktor vid Galaktisk astrofysik/Astronomi och plasmafysik/Rymd-, geo- och miljövetenskap.
- *Rubén Fedriani*, doktor vid Galaktisk astrofysik/Astronomi och plasmafysik/Rymd-, geo- och miljövetenskap
- *Pernilla Wittung Stafshede*, professor vid avdelningen för Kemisk Biologi vid Chalmers Tekniska Högskola, vetenskapligt sakkunnig i Forskarhjälpen,
- *Paulina Wittung Åman*, museilektor på Nobel Prize Museum, och pedagogiskt ansvarig,
- *Ragnhild Glimregn*, ansvarig för kommunikation om Forskarhjälpen
- *Pia Johansson*, eventansvarig,
- *Anna Johanna Lindqvist Forsberg*, Nobel Prize Museum, projektledare.

Tack till *Peter Williams* (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics and American Astronomical Society) som arbetar med forskarna för att anpassa WorldWide-Teleskopet för det här projektet.

Vi har även startat en sluten Facebookgrupp för lärare som heter Stjärnjakten – gå gärna med i den! Där är det meningen att ni som lärare skall kunna utbyta erfarenheter med varandra, nå oss med frågor och kommentarer, och gärna lägga upp bilder från klassens arbete.

Forskarhjälpens är finansierad av Stiftelsen för Strategisk Forskning. Är du nyfiken på andra projekt som de finansierar, titta in på www.stratresearch.se

Med hopp om en stimulerande tid i Stjärnjakten, och än en gång:

Varmt välkommen!

Projektgruppen för Forskarhjälpens

Viktiga datum, arbetsflöde

September

Vecka 37

10:e september - Test inför uppstarten Kl. 16-16.45

11:e september – Uppstarten (digitalt) Kl. 13-17

Vecka 38–40

14:e september – 2 oktober - Bakgrundsteori

25/9 – Stardate 1 (Del 1)

Oktober

Vecka 41–43

Arbete med Del 1

Deadline: Del 1 **23 oktober**

November

Vecka 45–47

2 november - Stardate 2 (uppgift 2)

Arbete med forskningsuppgift 2

Deadline: Del 2 **20 november**

November/December

Vecka 48–51

Arbeta med postrarna

Deadline: Skicka in färdig poster **18 december**

Januari

Vecka 2

Deadline: Skicka in rättad poster **15 januari**

Januari/februari

Vecka 4–5

Klasserna röstar på inskickade postrar (**20–29 januari**)

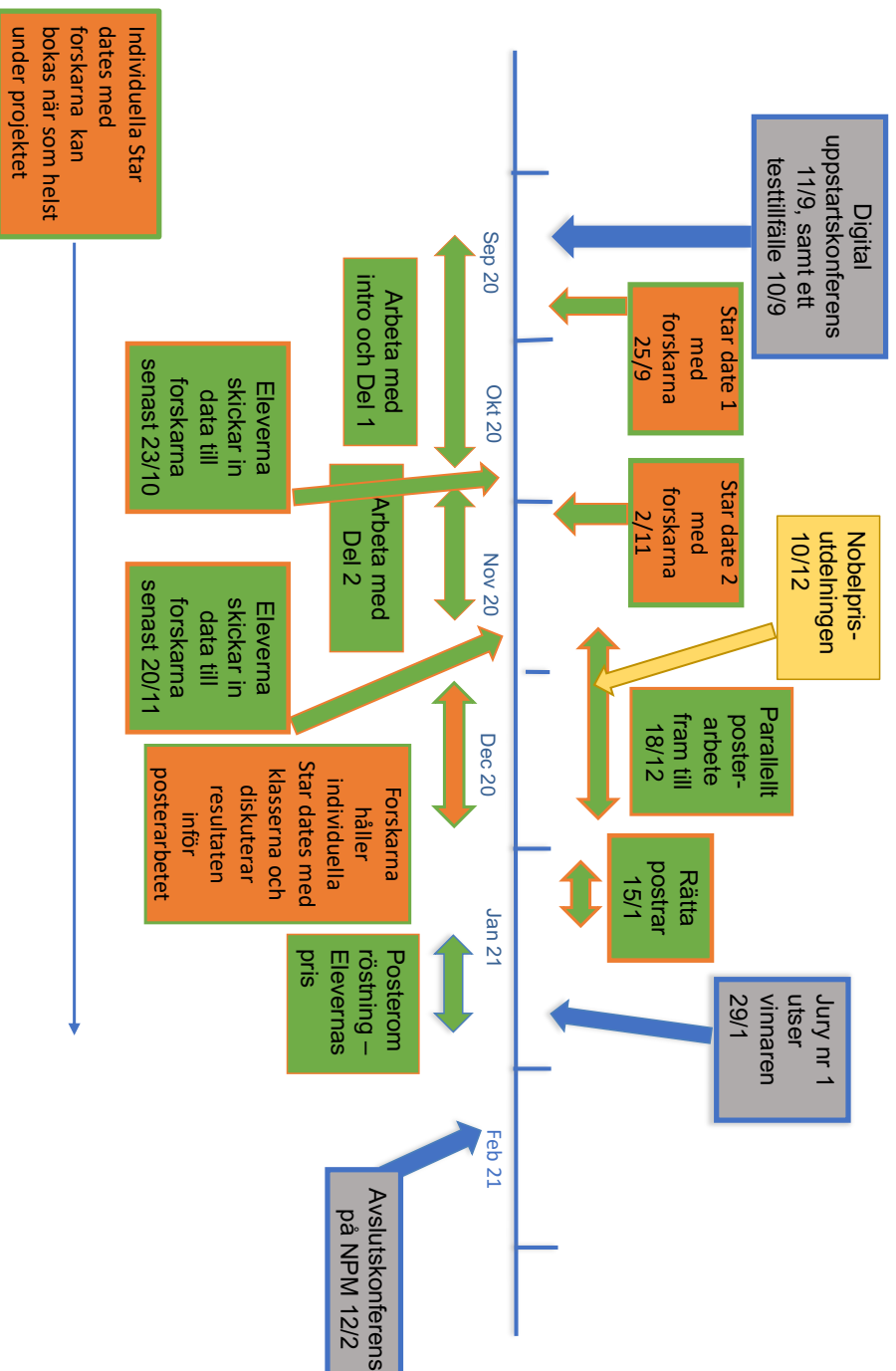
Februari

Vecka 10

12 februari - Avslutningskonferens

Blå/grå = Nobel Prize Museum
Orange = Chalmers
Grön = Skolor

Tidsplan för Stjärnjakten



Bakgrundsinformation till Stjärnjakten

Under Stjärnjakten ska vi genomföra astronomisk forskning för att utforska hur nya stjärnor föds i vår galax Vintergatan. Först ska vi lära oss lite om astronomins historia, hur vi studerar universum med teleskop för att analysera det ljus vi tar emot från rymden och hur bildandet av stjärnor är viktigt för Vintergatans utveckling och för att åstadkomma förhållanden på andra planeter som kan vara lämpliga för liv.

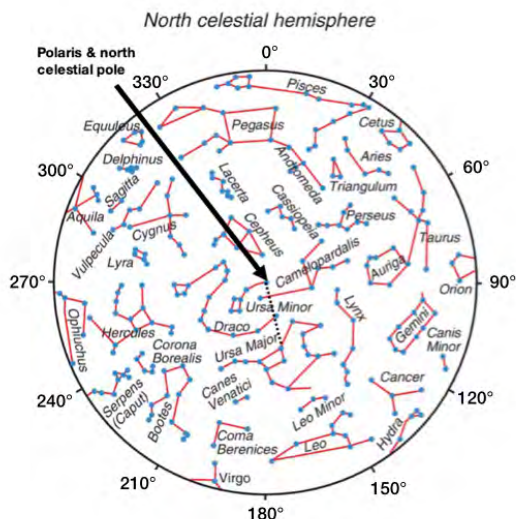
Astronomins historia och kartan över himlen

Sedan urminnes tider har människorna tittat på himlen och funderat över [himlakropparnas](#) egenskaper, från de ljusaste som vår [sol](#) och vår [måne](#) till de tusentals stjärnor som är synliga på natthimlen. Studiet av alla dessa himlakroppar kallas [astronomi](#). Till en början tillades himlakropparna särskilda krafter och de dyrkades som gudar och gudinnor. Så identifierade till exempel de gamla grekerna figurer hos de till synes fixa stjärnorna som de hänförde till hjältar och gestalter i deras mytologi. Ett exempel är jägaren Orion. Många av de stjärnbilder som vi använder för att hitta på natthimlen har vi ärvt från dessa gångna tider. Fast vi nu vet att stjärnorna i verkligheten kretsar runt i Vintergatan, så tycks de inte flytta sig mycket från ett år till nästa, eller från sekel till sekel. Alltså tycks de bilda fasta mönster utspridda åt alla håll runt oss. Detta stjärnmönster definierar [himmelssfären](#), som i grunden är vår "himmelskarta" (se [figur 1.1a](#)). Himmelssfären delas in i 88 stjärnbilder, så att varje ställe på himlen ingår i en stjärnbild.

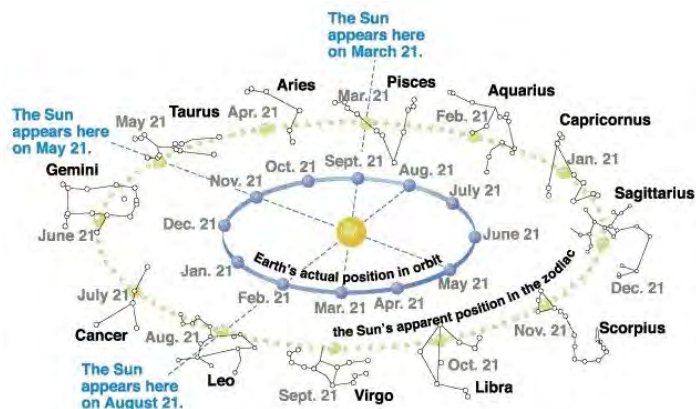
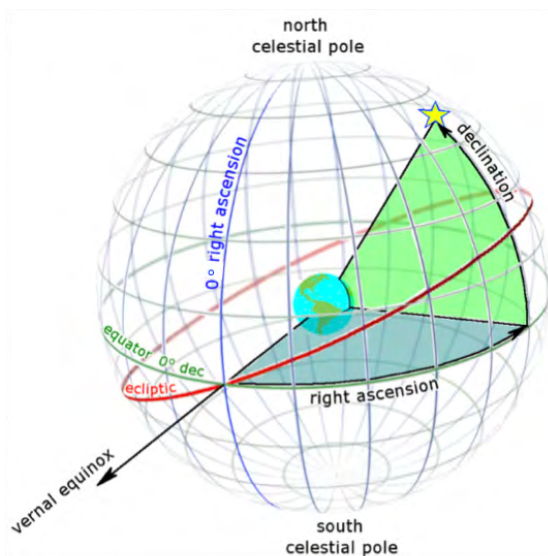
Inom astronomin är det av största vikt att veta var på himmelssfären något finns, så nu har astronomerna enats om det [ekvatoriella koordinatsystemet](#) (se [figur 1.1b](#)). Två koordinater ger platsen på himlen, [rektascension](#) (RA) och [deklinationsvinkel](#) (DEC), på samma sätt som longitud och latitud används för att ange en plats på jordens yta. För att mäta upp RA och DEC delar astronomerna in himmelssfären, lodrätt genom halvcirklar mellan himmelspolerna och vågrätt genom [parallellcirklar](#), liksom det görs på jordytan. Den parallellcirkel som motsvarar deklinationsvinkeln 0 grader kallas [himmelsekvatorn](#), medan den halvcirkel som har RA-vinkeln 0 grader skär himmelsekvatorn i [vårdagjämningspunkten](#). RA mäts mot öster från vårdagjämningspunkten och motsvarar [longituden](#) på jorden. DEC mäts norrut och söderut på himmelssfären från ekvatorn och motsvarar [latituden](#) på jorden. Här mäter vi RA och DEC i [grader](#), [bågminuter](#) (60 bågminuter på en grad) och [bågsekunder](#) (60 bågsekunder på en bågminut). Kom ihåg att det går 360 grader på ett helt varv!

En viktig och användbar stjärna att känna till är Polstjärnan, som ligger mycket nära den [norra himmelspolen](#) (se [figur 1.1a](#)). Så om du står på nordpolen på jorden har du Polstjärnan rakt ovanför dig. Vad har Polstjärnan för DEC? Förstår du varför? Att hitta Polstjärnan på himlen är riktigt användbart, för då

vet du varåt norr ligger. Ett sätt att hitta Polstjärnan är att följa linjen mellan två stjärnor i Karlavagnen (den prickade linjen i [figur 1.1a](#)).



Figur 1.1: (a) **Till vänster:** Stjärnbilderna på den norra himmelshalvan (tack till A Question & Answer Guide to Astronomy, CUP, Christian % Roy). Pilen pekar på Polstjärnan. Polstjärnan ligger nära den norra himmelspolen, dvs. i riktning rakt upp över jordens nordpol. (b) **Nere till vänster:** Denna figur sammanfattar himmelssfärens indelning. Två vinklar, rektascension (RA) och deklination (DEC), används för att ange ett läge på himmelssfären, vilket ger oss riktningen till var vi hittar en himlakropp. Eftersom jorden snurrar runt sin axel från väster mot öster, så ser det ut som om hela himmelssfären roterar runt oss åt motsatt håll. Det får himlakropparna, inklusive solen, att tyckas stiga upp i öster och gå ned i väster. Tänk på att även stjärnorna går upp och ned! Vid en given tid på året befinner solen sig på en bestämd plats på himmelssfären. Men då jorden kretsar runt solen ändras riktningen dit under ett år och sveper runt längs en hel cirkel som kallas ekliptikan. c) **Nere till höger:** En bild av hur jorden löper runt solen och hur solens läge på himmelssfären ändras under ett år sett från jorden. Solen tycks röra sig längs en storcirkel kallad ekliptikan, vilken löper genom de tolv urgamla stjärntecknen (tack till Addison Wesley).



Vinterns natthimmel ser annorlunda ut än sommarens natthimmel eftersom jordens nattsida, dvs. den som är vänd från solen, vetter åt motsatt sida av himmelssfären än sex månader tidigare (se [figur 1.1c](#)). Se upp mot himlen under dagtid. Du kan inte se några stjärnor eftersom solen gör himlen ljus, men det finns stjärnor där på den delen av himmelssfären! Om sex månader från nu, om du tittar en klar natt, kan du se dessa stjärnor. Vid varje given tidpunkt befinner solen sig på ett bestämt ställe på himmelssfären. Och under ett helt år tycks solen röra sig längs en "storcirkel" som vi kallar [ekliptikan](#) runt himmelssfären. Ekliptikan löper genom tolv "stjärntecken" i Djurkretsen, som du kanske känner till från astrologin.

Kul att veta: Den babyloniska kalendern grundades på rörelserna hos solen och månen över himlen. Kalendern hade tolv månader, precis som den vi använder i dag, men deras namn var ... något annorlunda! Men varje månad som grundas på månens föränderliga faser är 29,5 dygn lång, och så blir tolv månader kortare än ett helt år då jorden löper runt solen. Alltså behövde man ofta skjuta in "skottmånader", annars skulle en "sommarmånad" eller "såningsmånad" så småningom hamna i fel årstid! ☺

Himlakroppar i vårt solsystem, som solen, men också jordens måne och planeterna, tycks röra sig i förhållande till det fixa stjärnmönstret på himmelssfären. Antikens astronomer fann sju himlakroppar som rörde sig så: solen, månen, Merkurius, Venus, Mars, Jupiter och Saturnus. Det är först då vi har sju dagar i veckan! **(Ö.a.: månens faser spelar kanske också in.)** De andra planeterna, Uranus och Neptunus, är för ljussvaga för att kunna ses med blotta ögat och hade inte upptäckts ännu – annars kanske vi hade haft nio dagar i veckan! Många tidiga civilisationer, som babyloniernas, använde solens rörelse över himmelssfären för att förutse årstider och månens för att ställa upp kalendrar. Det var av största vikt för att planera de jordbruksverksamheter som deras civilisationer byggde på.

Genom hela historien har män och kvinnor ägnat sig åt att studera himlakropparna och gjort viktiga upptäckter så som att jorden är ett klot (och inte en platt skiva!), att alla planeter i vårt **solsystem** kretsar runt solen, hur andra stjärnor och galaxer är funtade och till sist **Big bang**-teorin om hur universum kom till. (För att se en tidslinje över observationella upptäckter inom astronomin, se https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_astronomy.) Genom att hitta och förklara mönster på himlen kunde astronomin faktiskt hjälpa till att utveckla den **vetenskapliga metodiken**, och den kan anses som den äldsta vetenskapen. Det är också värt att notera att de tidiga astronomerna inte hade tillgång till några teleskop för att göra sina upptäckter. Det var faktiskt först 1609 (som vi ska se senare) som det första teleskopet användes för att studera himlakroppar.

I dag har vi byggt ett otroligt antal teleskop och instrument som inte bara tillåter oss att undersöka planeterna i vårt solsystem, men att titta på andra solsystem i vår galax och observera ljuset från stjärnor i andra galaxer långt ute i rymden, ivägsant för länge sedan när universum var ungt. Här nedan ska vi lära oss hur astronomer sköter sitt dagliga arbete för att bättre förstå hur himlakropparna är funtade. Astronomerna försöker ge svar på stora frågor som: Varifrån kommer solen, jorden och alla andra solsystem? Hur föddes Vintergatan och hur kan den förändras ("utvecklas") med tiden? Är vi ensamma i universum?

Allt som krävs är ljus

Stjärnorna ligger mycket långt borta. Den stjärna som är närmast oss, **Proxima Centauri**, ligger på ett avstånd som är omkring 270 000 gånger större än

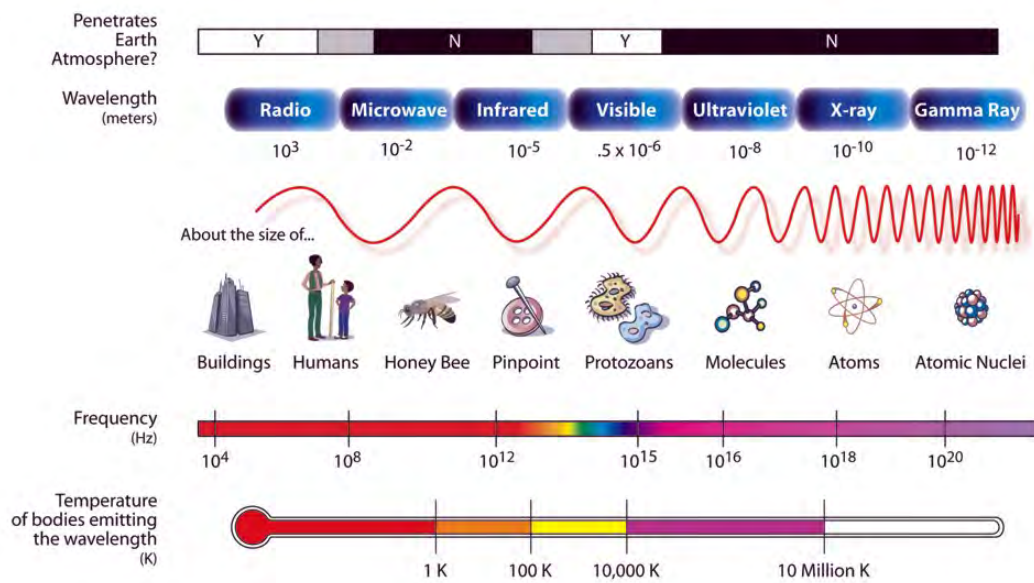
avståndet mellan jorden och solen. Det betyder att även om man färdas med den största möjliga farten, ljushastigheten $300\,000\text{ km s}^{-1}$, så skulle det ta lite över fyra år att resa till Proxima Centauri. Denna "ljusfartstid" används av astronomerna för att beskriva avståndet till en himlakropp; vi säger att Proxima Centauri ligger fyra ljusår bort. Tänk på att det tar ljuset från solen strax över åtta minuter för att nå oss (räkna ut hur många år $270\,000 \times 8$ minuter blir som kontroll). När vi ser på Proxima Centauri ser vi den som den var för mer än fyra år sedan. Ju längre bort vi tittar, desto längre bakåt i tiden blickar vi. Så astronomer är inte bara utforskare, de är också historiker!

Eftersom stjärnorna ligger så långt bort kan astronomerna inte utföra experiment på samma sätt som en kemist skulle undersöka ett nytt ämne i sitt laboratorium. Därför måste astronomerna hitta på sätt att undersöka saker på stora avstånd. Ljus är svaret! Ljuset från en himlakropp bär på information som kan säga oss vad den består av, hur tung och stor den är, vilken temperatur den har och mycket, mycket mer. För att studera ljuset som sänds ut från mycket avlägsna och ljussvaga himlakroppar (galaxer, stjärnor, planeter osv.) måste astronomerna tillverka speciella instrument, teleskop. I de följande avsnitten får vi lära oss hur astronomerna använder ljus för att studera föremål ute i rymden och vad de behöver för olika slags teleskop.

Olika slags ljus

Innan vi talar om teleskop är det viktigt att förklara att det finns olika slags ljus. Ljus kan betraktas antingen som en ström av små energipaket, fotoner, eller som en våg av elektromagnetiska kraftfält. Det är möjligt att beundra de olika färgerna hos blommor eller en vacker solnedgång genom att föremål sänder ut olika slags ljus som samlas in av våra ögon och analyseras av våra hjärnor. Om du tänker dig ljus som en vågrörelse, så motsvaras de olika färger vi ser av olika våglängder. Som exempel på ett annat slags vågrörelse kan du skaka ett rep så att det går i vågor, kortare om du skakar mycket fort och längre om du skakar sakta. Det är likadant med ljus; en kort våg skulle tyckas oss violett eller blå, medan en längre våg skulle tyckas oss orange eller röd. Men de olika synliga färgerna är inte de enda sorterna ljus som finns; det finns många fler som våra ögon inte är skapade för att se. Alla de olika slagen ljus utgör tillsammans det elektromagnetiska spektret (se figur 1.2).

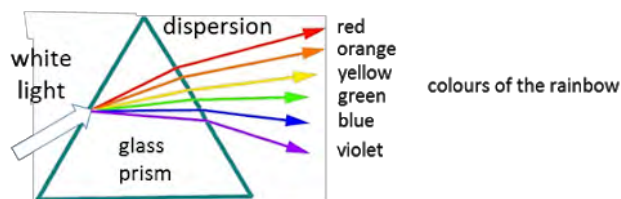
För att klassa alla sorters ljus mäter forskarna våglängden! Våglängden visar hur lång eller kort en våg är och definieras som avståndet mellan två närliggande vågtoppar (eller vågdalar). Astronomerna betecknar våglängden med den grekiska bokstaven λ . Vågor med kortare våglängd bär med sig mer energi. Gammastrålning är den mest energirika formen av ljus, och dess våglängder är kortare än en atoms utsträckning. Ute i rymden kan den uppkomma när en mycket tung stjärna exploderar. Röntgenstrålning, som den som används av läkare för att undersöka ben, är lite längre. Sedan kommer ultraviolett (UV) ljus, och därefter området med synligt ljus från violett till rött. Infraröda (IR) vågor är ännu längre, och följs av mikrovågor, som kan ha kokat din mat. Till sist har



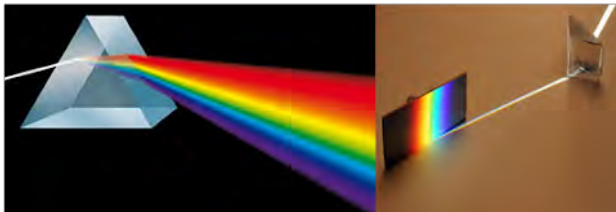
Figur 1.2: Det elektromagnetiska spektret (tack till NASA)

radiovågor de längsta våglängderna – de kan vara långa som en fotbollsplan, ett berg eller en planet ... det finns ingen övre gräns!

Våra ögon kan som sagt bara urskilja en liten del av det elektromagnetiska spektret, det så kallade **synliga ljuset**. Det synliga ljuset motsvarar färgerna från rött till violett som vi är så vana vid. Men ofta når dessa färger våra ögon hopblandade och tycks oss då vita, till exempel ljuset från lampan på ditt bord. Sådant vitt ljus kan delas upp i sina olika beståndsdelar. Om du ser ut genom fönstret efter en mycket regnig dag kan du kanske se den uppdelningen på himlen som en regnbåge. Den fysikaliska process som åstadkommer uppdelningen (eller dispersionen) av det synliga ljuset kallas **refraktion** (ljusbrytning, se figur 1.3).



Figur 1.3: Vitt ljus delas upp i sina beståndsdelar genom refractionen (brytningen) i en glasprisma (tack till PNGImage).

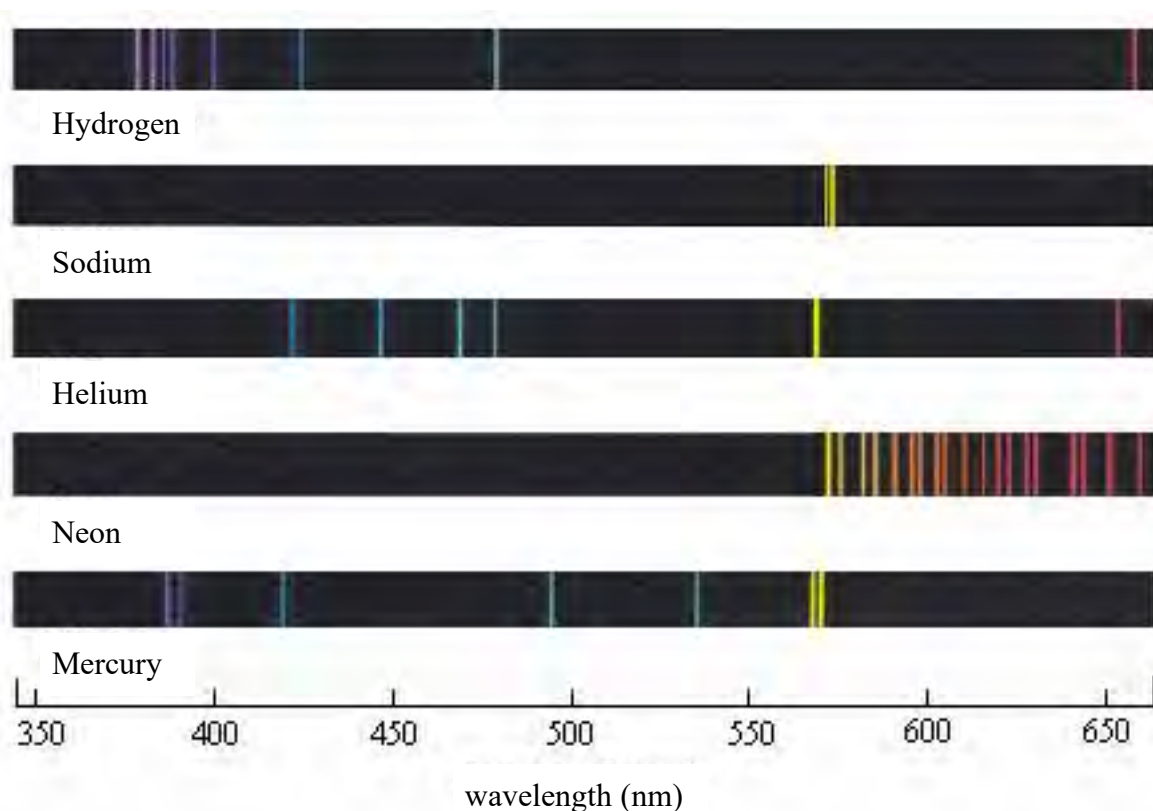


Låt oss nu följa resan hos vitt ljus genom ett stycke glas format som ett **prisma**. Det vita ljuset består av olika färger, som var och en har sin egen våglängd. När det kommer in i prismet färdas varje färg i sin egen riktning, så de sprids alltså ut från varandra. På så vis är ljuset inne i prismet inte längre vitt och alla de olika färgerna kan urskiljas! Den här effekten kan uppträda när ljus rör sig från ett slags medium (som luften) till ett annat (som glas eller vatten). Tänk på att ljusvågor i motsats till ljudvågor kan färdas genom rymdens vakuum, vilket är väsentligt för astronomin!

Hur ljus används för att undersöka ett föremål

Forskare använder ljus för att undersöka egenskaperna hos många slags föremål. Astronomerna använder ljuset som sänds ut av himlakroppar för att ta reda på deras avstånd, storlekar, temperaturer, kemiska sammansättningar med mera. Läkare använder ljus för att se in under huden på människor. Kemister undersöker ljus från kemiska blandningar för att fastställa vilka ämnen som ingår i blandningen. Hur kan allt detta vara möjligt? Om vitt ljus sänds in i ett grundämne, dvs. att ämnet belyses, kommer en del av färgerna att absorberas och hejdas av ämnet. Om till exempel **väte** (det enklaste grundämnet) belyses med vitt ljus, så kommer några bestämda indigo, blå, blågröna och röda våglängder att blockeras. När ljuset alltså kommer ut ur vätet och skickas genom ett prisma tycks det ha ett nästan komplett spektrum, men med några

Figur 1.4: Emissionslinjer från några olika grundämnen. Genom att observera vilka våglängder som emitteras (eller absorberas) i ljuset från himlakroppar kan astronomerna bestämma vad de består av. Helium upptäcktes faktiskt först i ljuset från solen, och därför fick det sitt namn (av grekiskans Helios för solen; tack till AS Chemistry Revision Guide).



mörka "absorptionslinjer". Det kallar forskarna ett **absorptionsspektrum**. På motsvarande sätt, om du hettar upp ett grundämne eller skickar en elektrisk gnista genom det, så kan det börja sända ut en del ljus. Med väte som exempel, om ljuset skickas genom ett prisma, så kommer bara några få olika färger att dyka upp, och de är desamma som absorberades i det förra exemplet! De färger som ett grundämne sänder ut utgör vad forskarna kallar ett **emissionsspektrum** (se [figur 1.4](#)).

Både absorptions- och emissionsspektret är unikt för varje grundämne. De är ett slags kemiska fingeravtryck, som kan användas för att få fram den kemiska sammansättningen hos ett föremål. Genom att undersöka emissions- och absorptionspektra kan astronomerna ta reda på vad en stjärna eller planet består av.

Kul att veta: Den energi som ljus bär med sig kan vara mycket skadlig för människans skinn. UV-ljuset som solen sänder ut orsakar solskador om du tillbringar för lång tid utomhus en riktigt solig dag. Men om du solar måttligt hjälper UV-ljuset till att bilda D-vitamin som gör dig glad. ☺

Färgen hos en stjärna ger också en bra fingervisning om dess temperatur; blåa föremål är vanligen varmare, röda svalare (se nedre raden i [figur 1.2](#)). Föremål som är kallare än stjärnor, som planeter, sänder mest ut infrarött ljus. Och de mycket kalla moln av gas och stoft som vi ska stöta på längre fram sänder mest på ännu längre våglängder i de infraröda eller till och med mikrovågsdelarna av spektrum.

Genom att analysera ljuset från en stjärna kan astronomerna också uppskatta dess storlek och dess massa, dvs. hur mycket materia den innehåller. Det visar sig att det finns många olika slags stjärnor, en del mycket större, tyngre och ljusstarkare än vår sol, och en del mycket mindre, lättare och ljussvagare. Varför skillnaderna är så stora är ännu inte riktigt avgjort. I vårt projekt ska vi titta på områden där några av de tyngsta, största och ljusstarkaste stjärnorna bildas för att försöka hjälpa till med att hitta svaret på den gåtan.

Kul att veta: När det handlar om en regnbåge, så kommer ljuset från luften in i regnets vattendroppar. Genom att komma in i och lämna dropparna bryts det vita ljuset och regnbågen framträder. Tyvärr kan refraktionen ändå inte åstadkomma en kruka med guld. ☺

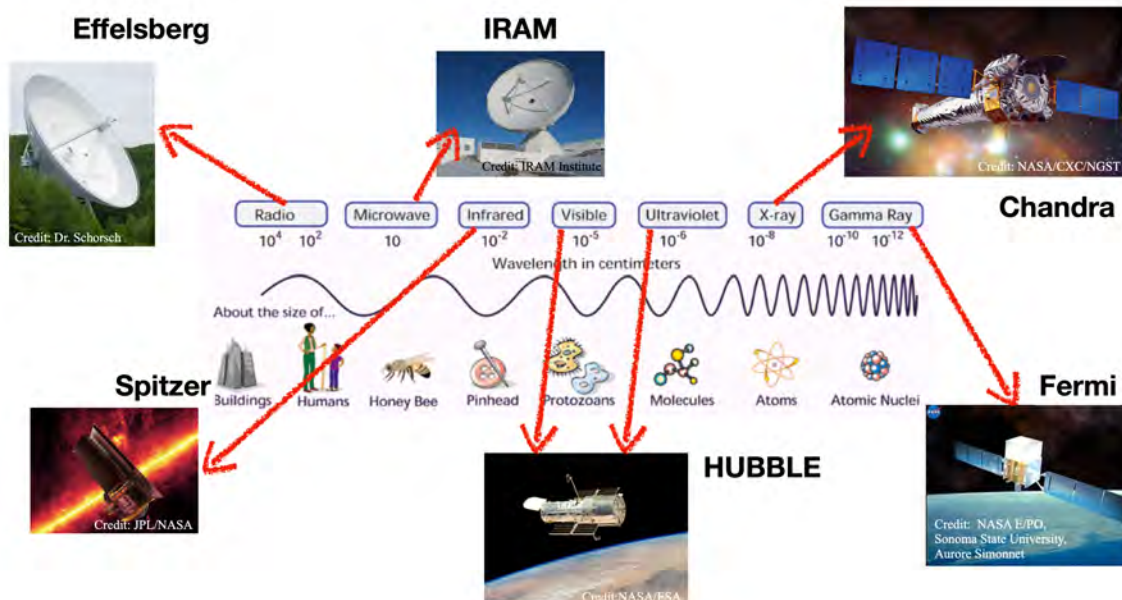
Bygg ditt eget spektroskop

Forskare som studerar det ljus som sänds ut eller skickas vidare av ett föremål (en stjärna, en planet, en lampa, en molekyl, en bakterie osv.) behöver bygga instrument som går det möjligt för dem att lätt dela upp ljuset i dess beståndsdelar. Ett sätt att göra det är med ett prisma. Ännu bättre är det att använda ett instrument som kallas spektroskop, och där skickas ljuset genom en smal spalt för att sedan delas upp i sina olika färger. Det är så enkelt att du kan bygga ett eget! Du hittar instruktioner på webbsidan <http://cosmicorigins.space/starhunt>

Varje slags ljus behöver sitt eget teleskop

Som vi har sett finns det olika slags ljus, och det vi kan se är bara en liten bit av det elektromagnetiska spektret (se [figur 1.2](#)). Andra slags ljus, som infrarött eller ultraviolett, sänds också ut av himlakroppar, men kan inte ses med våra ögon. En del objekt ute i rymden sänder inte ut något synligt ljus alls och kan bara undersökas i det ljus som de sänder ut i infrarött, ultraviolett eller andra våglängder, som röntgen. Alltså, hur kan astronomerna studera dessa himlakroppar utan att se dem? Svaret är att bygga speciella detektorer som kan känna av sådant "osynligt ljus" som himlakroppar sänder ut. Dessa detektorer placeras inne i teleskop som fokuserar ljuset på detektorn och på så vis förstärker och koncentrerar ljuset, vilket gör att ljussvaga himlakroppar kan ses i god detalj.

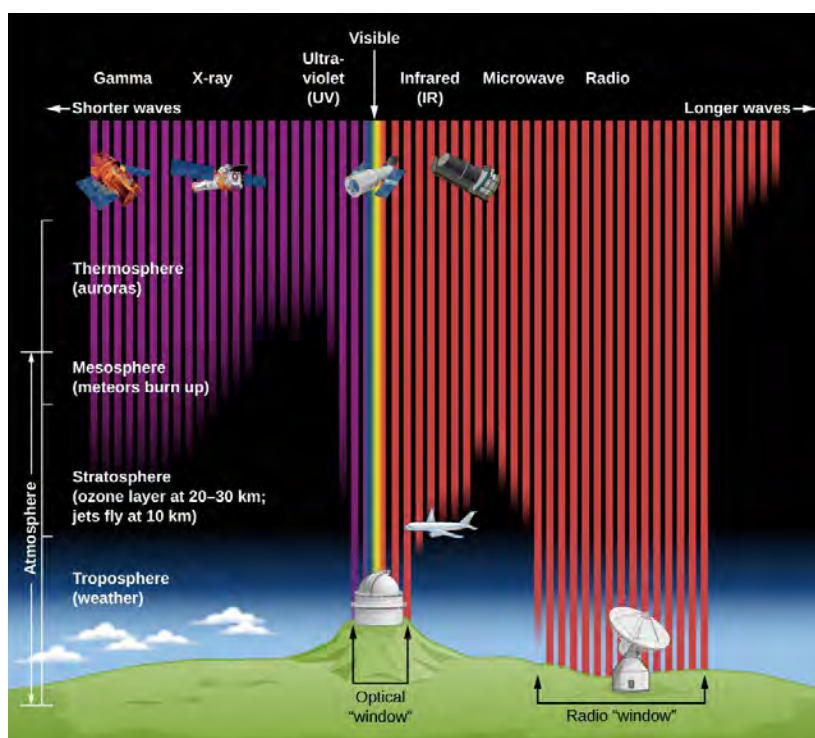
År 1609 var Galileo Galilei, den italienske astronomen och fysikern, den förste som använde ett teleskop för att studera himlakroppar. Ett teleskop samlar ihop ljuset från ett föremål och fokuserar det i en punkt för att ge en större och ljusstarkare bild av det. Det viktigaste syftet med ett teleskop är att få avlägsna föremål att tyckas större och ljusare så att det blir lättare att undersöka dem, eftersom fler detaljer kan ses. Hur bra ett teleskop fokuserar och detekterar ljus beror på vilket slags ljus som observeras. De teleskop som samlar in radiovågor arbetar till exempel på ungefär samma sätt som moderna optiska teleskop genom att spegla vågorna i en konkav spegel så att de koncentreras mot en detektor. Men materialet i speglarna är högst olika. I röntgenteleskop är det väldigt svårt, eftersom röntgenstrålar är så genomträngande, att få dem att studsa mot speglar, så det krävs särskilda material (däribland bladguld!) och



Figur 1.5: Exempel på olika teleskop och de våglängder de observerar (tack till The Electromagnetic Spectrum Google Sites).

spegelkonstruktioner. Alltså behöver varje slags ljus sitt eget teleskop! Några olika exempel på teleskop och de våglängder de observerar i visas i [figur 1.5](#).

Som du kanske såg i [figur 1.5](#) är en del teleskop placerade på jorden, medan andra har sänts upp i rymden och kretsar runt vår planet. Anledningen till att inte alla teleskop kan ställas på jorden är vår planets [atmosfär](#). Atmosfären är en uppsättning gasskikt runt vår planet. De [molekyler](#) som bygger upp atmosfären hejdar många slags ljus, som gammastrålar, röntgen, ultraviolett och de flesta infraröda våglängderna (se [figur 1.6](#)). I synnerhet gammastrålar, röntgen och ultraviolett hejdas av den övre atmosfären, så teleskop måste vara ute i rymden. Ett av de mest berömda röntgenteleskopen heter [Chandra](#). Det teleskopet



Figur 1.6: Hur olika ljusvåglängder tränger igenom jordens atmosfär. Bara synligt ljus och radiovåglängder kommer lätt hela vägen ned till marken! (Tack till Chandra Mission and Space Telescope Science Institute.)

sändes upp i rymden i juli 1999 (så det fyllde 20 år i fjol!) med syftet att observera de mest energirika områdena på himlen, som rester efter stjärnor som har exploderat.

Infrarött ljus hejdas mycket närmare jorden (omkring 5 till 30 km över planetarytan, däribland av moln av vattenånga), och därför kan det observeras antingen från rymden eller med teleskop byggda på höga berg eller rent av burna av flygplan som flyger omkring 10 km över jordytan. Ett berömt teleskop som observerar infraröd strålning från rymden heter [Spitzer](#), efter astronomen [Lyman Spitzer](#) som var den förste att föreslå att man skulle skicka upp teleskop i rymden. Spitzerteleskopet sändes upp år 2003 och slutade först nyligen, i januari 2020, att skicka ned infraröda bilder av himlen till oss.

Slutligen hejdas synligt ljus och radiovågor inte särskilt mycket av atmosfären, och därför kan teleskop som är avsedda att upptäcka de sorterna ljus bli kvar på marken. Det är förstås mycket lättare att bygga större teleskop som samlar in mer ljus om de är placerade på jorden. Men vattenångan i atmosfären och [ljusföroreningar](#) och radiostörningar från stora städer kan störa de teleskopens funktion. Du kan till exempel komma att observera ljuset från din grannes hus i stället för ljus från en stjärna! Därför byggs dessa teleskop vanligen på mycket avskilda platser, i synnerhet på höga bergstoppar för att försöka komma ovanför de flesta molnen.

Här följer några exempel på teleskop: Det största radioteleskop som hittills byggts kallas [ALMA](#) och består av mer än 60 mindre teleskop som alla står på en plattform högt uppe i Atacamaöknen i Chile på en höjd av 5 000 m. Ett av de största optiska teleskopen finns också i bergen i Chile och kallas the Very Large Telescope (VLT), vilket drivs av Europeiska sydobservatoriet (ESO) som Sverige är medlem i, så att forskare som arbetar i Sverige har tillgång till det. Ett av de mest välkända **//iconic//** teleskopen är rymdteleskopet Hubble (HST), som har åstadkommit några av de mest häpnadsväckande bilderna inom snart sagt varje gren av astronomin. Som exempel visar [figur 1.7](#) stjärnbildningsområdet i stjärnbilden Kölen (Carinanebulosan), där många tusen stjärnor håller på att födas.

Kul att veta: Galileo uppfann inte teleskopet. Hans geniala drag var att rikta ett sådant instrument mot himlen och systematiskt notera vad han såg! Bland de olika upptäckter som Galileo gjorde med sitt teleskop var de första observationerna av Venus' faser (dvs. att den kan visa sig som en skära, halv eller full precis som månen) och de första observationerna av Jupiters fyra största månar (Io, Europa, Ganymedes och Callisto).



Figur 1.7: Carinanebulosan observerad av rymdteleskopet Hubble (HST) i synligt ljus. Täta moln av gas och stoff kan ses i dessa våglängder, som inte kan tränga igenom molnen. Bild ESA/NASA.

Vikten av att studera stjärnor och hur de bildas

Som vi sade förut använder astronomerna det ljus som sänds ut av stjärnor och andra himlakroppar för att undersöka deras sammansättning, storlek, massa, temperatur och, mer allmänt, vilka av fysikens lagar som de följer. Men varför är det viktigt? Vad är det som astronomerna försöker få reda på? En del av de stora frågor som vi försöker svara på är: **Hur bildas och utvecklas galaxer, stjärnor och planeter? Hur bildades vår egen galax (Vintergatan), vår egen stjärna (solen) och vår egen planet (jorden), och hur utvecklas de? Är det något särskilt med dem jämfört med andra galaxer, stjärnor eller planeter? Vilka kemiska ämnen är väsentligast för uppkomsten av liv? Hur hamnade de på vår planet? Vad mer behövdes för att livet skulle uppkomma på jorden? Hur vanligt är liv i vår galax och i andra galaxer?**

Kul att veta: ALMA-teleskopet ligger så högt att astronomer måste genomgå en medicinsk undersökning om höjdsjuka innan de tillåts åka upp dit, och hur som helst får de inte tillbringa mer än två veckor på teleskopplatsen. På en sådan höjd gör din kropp av med så mycket energi bara för att hålla dig vid normaltemperaturen 37 grader att du kan äta all choklad du villutan att behöva skämmas!

På jorden är vår sol den viktigaste källan till den energi som uppehåller de flesta slagen av liv. Astronomer och biologer tror att liv rent allmänt behöver en planetmiljö lik den på jorden, dvs. med en fast ytskorpa snarare än en gasjätte som Jupiter eller Saturnus. Allt liv på jorden använder flytande vatten (H_2O), så vatten måste finnas att tillgå på planeten och temperaturen måste vara sådan att vattnet kan finnas i flytande form, snarare än som is eller ånga. (Det temperaturintervallet är på jordytan mellan $0^{\circ}C$ och $100^{\circ}C$ på celsiusskalan eller 273 K till 373 K på kelvinskalen. Planeten behöver också en skyddande atmosfär av gaser. Planetens yttemperatur bestäms av det ljus den tar emot från sin värdstjärna, vilket innebär att den varken kan ligga för långt ifrån eller för nära sin stjärna. Det definierar en "beboelig zon" runt stjärnan, där planeter måste ligga för att kunna härbärgera liv. Stjärnor som är tyngre än vår sol är också ljusstarkare (de sänder ut mer energi i form av ljus), så deras beboeliga zoner är större. Stjärnor som är lättare än vår sol är ljussvagare (de sänder ut mindre energi i form av ljus), så deras beboeliga zoner är mindre. En stjärna bör också kunna lysa tillräckligt länge för att liv ska kunna uppstå och utvecklas. Det tog omkring fyra miljarder år för livet på jorden att nå fram till mer komplicerade flercelliga organismer. Så komplexa, intelligenta livsformer kan behöva en värdstjärna som finns i minst en miljard år. Som vi ska se nedan lever inte alla stjärnor så länge.

Under det senaste decenniet har man upptäckt ett otroligt stort antal planeter (fler än 4 000!) som kretsar runt stjärnor liknande vår sol. Dessa planeter kallas **exoplaneter** och ligger utanför vårt solsystem. En del exoplaneter är steniga och liknar vår jord, medan andra liknar Jupiter och består huvudsakligen av gas. Dessa exoplaneter kretsar runt sina värdstjärnor, och en del av dem ligger på rätt avstånd för att befinna sig i stjärnans beboeliga zon.

Vi kan alltså förstå att förekomsten av liv beror på stjärnor och planetsystem. Vi tror att planeter bildas nästan samtidigt som deras värdstjärna. Så för att förstå uppkomsten av beboeliga planetmiljöer och hur vanliga de kan vara i universum behöver vi förstå hur stjärnor och planeter över huvud taget uppkommer och hur de utvecklas sedan de bildats.

För att på bästa sätt begripa sig på stjärnbildning försöker astronomerna observera stjärnor i Vintergatan som håller på att födas (vi kallar dem **protostjärnor**) eller nyss har bildats (dem kallar vi **nyfödda stjärnor**, på engelska **young stellar objects – YSOs**). Som vi ska se i nästa avsnitt vet vi nu att stjärnbildning uppkommer när gravitationen pressar ihop moln av gas och stoft som finns i den interstellära rymden. Men det kan vara väldigt svårt att direkt se ljuset från en stjärna under bildande. Det beror på att de vanligen ligger mycket långt bort eller på att de bildas i grupper, stjärnhopar, vilket gör det knepigt att urskilja de enskilda protostjärnorna eller YSOs. Närvaron av gas och stoft kan blockera det synliga ljuset från de stjärnor som bildas, så vanligen krävs andra våglängdsområden, som infrarött eller radio, för att tränga igenom molnen.

Astronomerna behöver inte bara studera protostjärnor och YSOs, utan också de moln av **interstellär gas och stoft** som dessa stjärnor föds ur. Denna interstellära gas består huvudsakligen av det enklaste och lättaste grundämnet, **väte**, som betecknas H. Näst vanligast är **helium** (betecknas He), som är det näst lättaste grundämnet, men det finns bara en He på tio H. Sedan är alla de andra "tunga

grundämnena”, som kol (C), syre (O), kisel (Si) och järn (Fe), mycket ovanligare. Som mest finns det ungefär en atom på 10 000 väteatomer! Om man lägger ihop massan hos alla dessa tyngre grundämnen blir det ungefär 2 % av den totala massan, som domineras av H. Av dessa 2 % är omkring hälften i gasform, medan den andra hälften består av små stoftkorn som innehåller C, Fe och ”silikater” av Si och O. Solen och andra stjärnor har en liknande sammansättning som den interstellära gasen, och även Jupiter består mest av H.

De särskilda moln som bildar stjärnor kallas molekylmoln. Namnet kommer av att det väte de innehåller är i form av molekyler där två väteatomer håller ihop (vi skriver det som H_2). De tunga grundämnena i gasen kan också vara i form av molekyler. En del av dessa är enkla som kolmonoxid (CO) och vatten (H_2O), medan andra är mer komplicerade som metanol (CH_3OH) eller C_{60} (60 kolatomer som sitter ihop!). Ett viktigt rön är upptäckten att många av de molekyler som vi tror är viktiga och nödvändiga för livet på jorden, däribland byggstenar av aminosyror som proteiner görs av, har observerats i molekylmoln och alltså finns till hands för andra planetsystem under bildande. Många aminosyror har också hittats i kometer, asteroider och meteoriter, som tros vara restmaterial från solens och planeternas bildande. Alltså kan studier av stjärnor och de molekylmoln som de föds ur hjälpa oss att förstå vår egen historia och de processer som gjorde liv möjligt på jorden.

I nästa avsnitt ska vi se vad astronomerna hittills har lärt sig om stjärnornas ”liv”, däribland hur vi tror att de föds och hur de till sist dör.

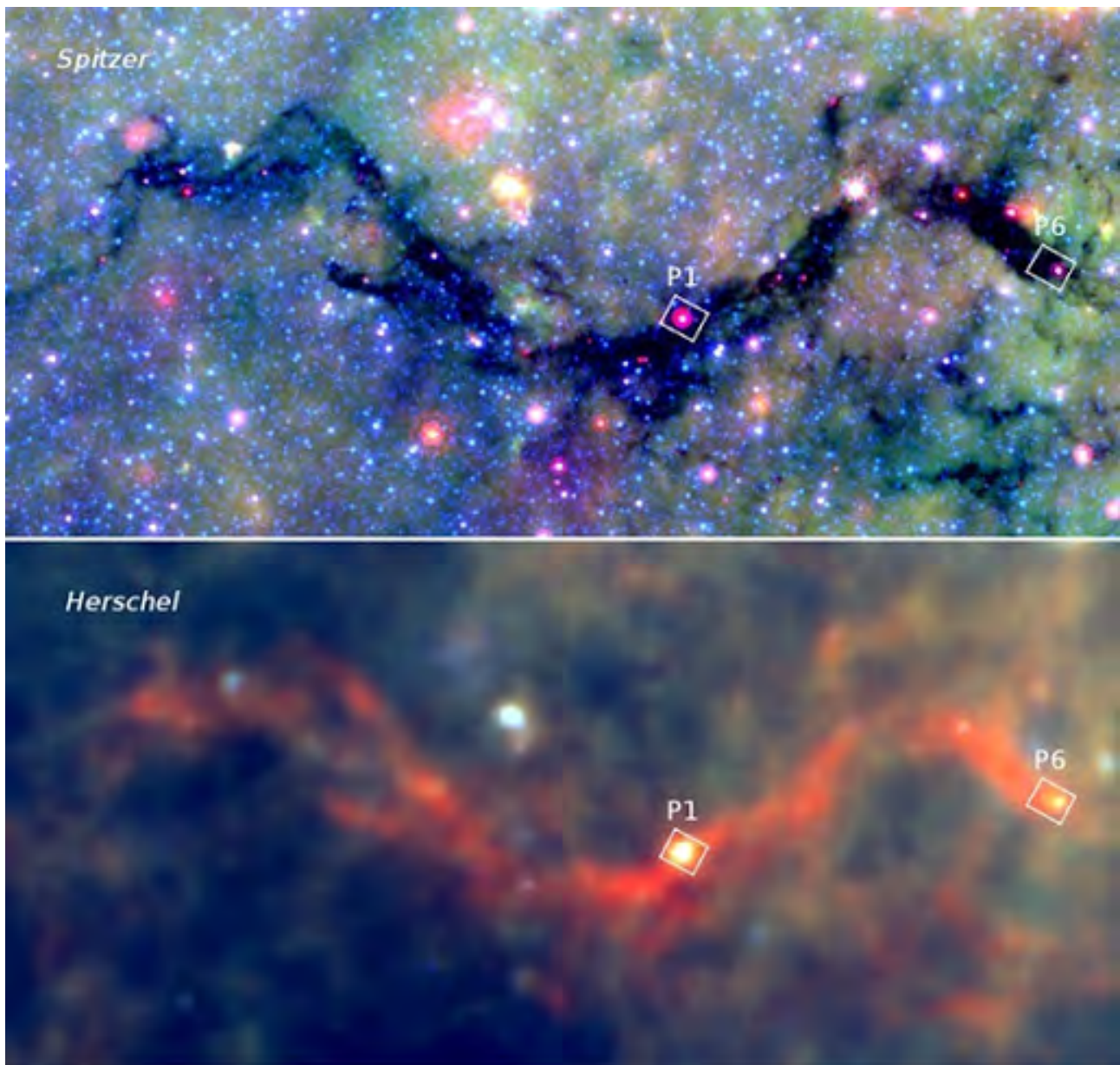
Kul att veta: Mer än 150 olika slags molekyler har upptäckts i rymden. En komplett lista kan du se på den här webbsidan: <https://cdms.astro.uni-koeln.de/classic/molecules>. Märkte du att salt (NaCl) är med på listan?

Stjärnbildning och stjärnornas livscykel

Stjärnor vara inte för evigt. De föds vid en viss tid och genomgår sedan flera faser under sina liv och dör sedan till sist på olika sätt beroende på stjärnans massa från början. Astronomerna kallar denna utvecklingsgång **stjärnornas livscykel**.

Även om stjärnor är väldigt heta och ljusstarka himlakroppar (i synnerhet i jämförelse med planeter), så föds de i de kallaste och mörkaste områdena i Vintergatan: de molekylmoln som presenterades i förra avsnittet. De kan vara kallare än $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tänk på att det kallaste det kan bli är $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, den **absoluta nollpunkten** eller 0 K på **kelvinskalan** för temperatur). Eftersom temperaturen är så låg har en del molekyler i molnet frusit och skapat ett lager is på de **interstellära stoftkornen** som är uppblandade i molnet.

Molekylmoln är ordentligt täta jämfört med andra områden av rymden (det interstellära mediet – ISM) i Vintergatan: en volym på 1 cm^3 i ett molekylmoln innehåller ofta mer än 1 000 H_2 -molekyler. Det betyder att det också finns en tämligen stor koncentration av stoftkorn i molekylmoln, och dessa korn



Figur 1.8: Ett exempel på ett tätt interstellärt molekylnmoln, kallat "Ormen". Den övre bilden är tagen med rymdteleskopet Spitzer vid rätt korta infraröda våglängder. Ormen är så tät och innehåller så mycket stoff att dessa infraröda våglängder absorberas av molnet, och vi ser det som en mörk skugga. Sådana ting som Ormen kallas "**infraröda mörka moln**" (på engelska Infrared Dark Clouds, **IRDCs**), och vi ska studera dem som exempel på moln i vilka stjärnor just har börjat bildas, såsom objekten "P1" och "P6" som har markerats. Den nedre bilden visar samma område på himlen, men nu sett i längre infraröda våglängder med rymdteleskopet Herschel. Se hur Ormen nu glöder kraftigt eftersom dess kalla stoff strålar starkt i dessa våglängder (tack till Jean-Charles Cuillandre).

absorberar gärna synligt ljus, i synnerhet kortare, "blåare" våglängder (av samma skäl ser en solnedgång röd ut, då det blåa ljuset har absorberats och spritts mer av partiklar i vår atmosfär). Därför ser molekylnmoln ofta ut som mörka hål på natthimlen, eftersom de blockerar ljuset från bakomliggande stjärnor (se [figur 1.8](#)).

Men molekylnmolnen sänder också ut sitt eget ljus. Eftersom deras temperatur är så låg kan de bara skicka ut ljusvågor med mycket lång våglängd och som bär

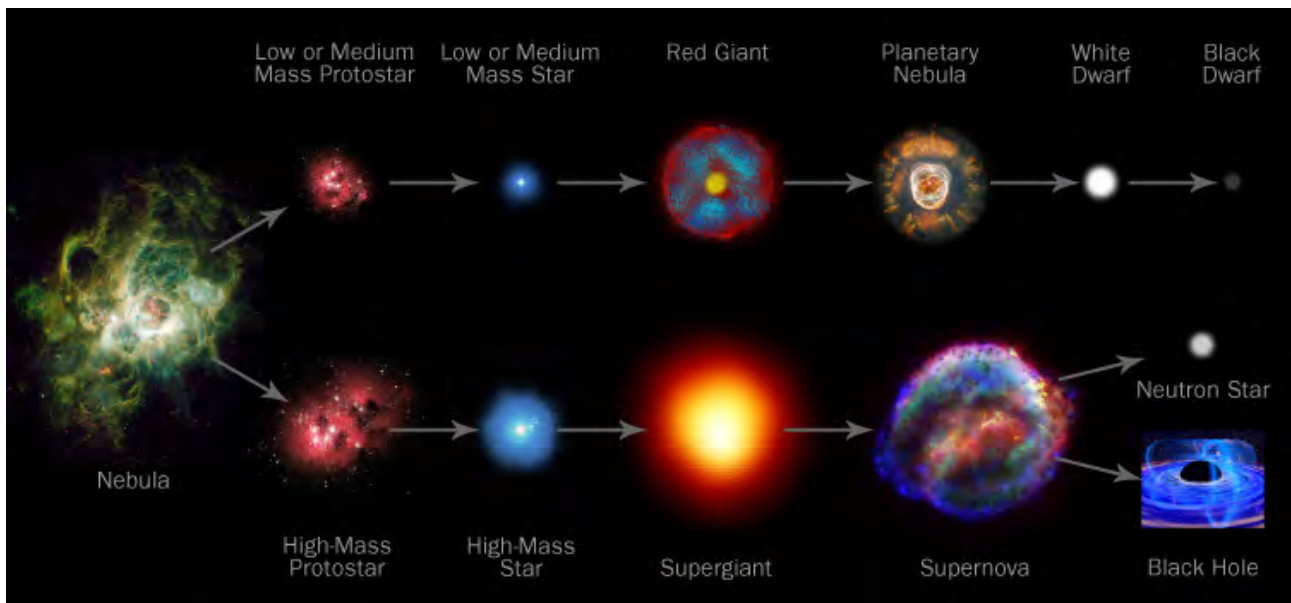
med sig mycket små energimängder. Alltså skickar molekyln ut radiovågor, mikrovågor och mycket långvågig infraröd strålning. När teleskop observerar vid dessa våglängder ser de molnen glöda av sådan strålning (se [figur 1.8](#)).

Vid något tillfälle börjar vissa delar av molekyln bli tätare och tätare. I [figur 1.8](#) markeras exempel på sådana områden som P1 och P6. Den materia som ansamlas i sådana fläckar börjar falla ihop under sin egen tyngd. Astronomerna kallar dessa kondensationer av gas och stoft [protostellära kärnor](#). Tyngdkraftsenergi frigörs och värmer upp gasen och stoftet, och den protostellära kärnan börjar lysa allt starkare vid allt kortare våglängder.

I centrum av en protostellär kärna finns en protostjärna. Det är en himlakropp som inte längre drar ihop sig särskilt snabbt eftersom den har blivit mycket het och fått ett högt inre tryck, och det trycket håller emot tyngdkraften. Sett på det viset liknar protostjärnor vanliga stjärnor som vår sol. Men det finns viktiga skillnader. Protostjärnor omges fortfarande av mängder av tät gas och stoft som faller ned på protostjärnan; vi säger att protostjärnan ["samlar in"](#) massa. Hur denna insamling går till är fortfarande mycket osäkert. En anledning till det är att protostjärnorna har så mycket gas och stoft omkring sig att det ljus de sänder ut nästan helt blockeras, och vi ser mestadels bara ljuset med längre våglängder från det omgivande stoftet. Så det är svårt att se vad som verkligen händer inne i en protostellär kärna.

Astronomerna tror (dvs. de ställer upp en [hypotes](#)) att den gas och det stoft som faller ned på protostjärnan först börjar snurra omkring snabbt och hopas i en skiva som snurrar runt protostjärnan, en [insamlingsskiva](#). Anledningen till det är en fysikalisk lag som heter [rörelsemängdsmomentets bevarande](#). Rörelsemängdsmomentet hos en kropp beror på dess storlek och dess rotationshastighet. Om en kropp redan roterar och drar ihop sig och blir mindre, så måste den rotera snabbare. Du kan uppleva rörelsemängdsmomentets bevarande om du börjar snurra runt själv (det är lättare på is!) med armarna utsträckta och sedan raskt drar in armarna tätt mot kroppen ... du börjar snurra fortare! Till sist blir rotationen så snabb att materia runt en protostjärna intar närmast cirkelformade banor. Ett tecken på att vår sol bildades i en insamlingsskiva är att alla planeterna kretsar i nästan cirkelformade banor som ligger i nästan samma plan och alla rör sig åt samma håll runt solen. Vi tänker oss att solsystemets planeter bildades ur solens kvarvarande insamlingsskiva av gas och stoft.

När materia väl har hamnat i cirkulär bana i en insamlingsskiva, hur når den till sist in till protostjärnan i mitten? Det vet vi inte svaret på ännu! En möjlighet är att gasen som når in till protostjärnan måste förlora sitt rörelsemängdsmoment genom att överföra det till annan materia, som sedan kastas ut till stora avstånd från insamlingsskivans övre och nedre ytor. Processen kan kräva [magnetiska fält](#), som också snurrar med skivan, och dessa kan sedan orsaka att ["protostellära utflöden"](#) kollimeras till två kraftiga [jetstrålar](#). Om du tittar noga på [figur 1.7](#), så finns där åtminstone ett tydligt exempel på kollimerade jetstrålar som kommer ut från motsatta sidor av en protostellär källa. Kan du se dem?



Figur 1.9: Livscyklerna för en stjärna med liten massa (övre raden) och en med stor massa (nedre raden). (Tack till American Board Website.)

Även om astronomerna har en idé om hur protostjärnor bildas ur molekylnmoln, så finns det fortfarande många obesvarade frågor. Vi vet inte varför stjärnor föds med de massor de har, vilka kan vara från tio gånger mindre till mer än hundra gånger större än solens massa. Omkring hälften av de stjärnor vi ser på himlen är faktiskt **dubbelstjärnor**, dvs. par av stjärnor som kretsar runt varandra, i motsats till vår sol som är en ensam stjärna. Vi vet inte varför det är så. Medan solen nu är ensam tror vi att den från början bildades i en stor hop med många andra stjärnsyskon. Vi kan se unga hopar bildas i Vintergatan, men vi vet inte varför det är så eller varför de flesta av dessa stjärnor till sist smiter iväg, så som vår sol gjorde, för att gå i en fri bana i Vintergatan. Genom att studera protostjärnor och nybildade, unga stjärnor vill vi kunna svara på dessa och andra frågor. I Stjärnjakten hoppas vi att du kan hjälpa oss i den forskningen!

På något sätt leder stjärnbildning ur molekylnmoln, sannolikt innefattande insamlingsskivor, utströmmande jetstrålar, uppvärmt stoft och stjärnhopar, till unga stjärnor med stor spännvidd av massor och med många i dubbelstjärnsystem. Stjärnorna själva genomgår sedan en process av **stjärnutveckling** för att fullborda sin livscykel och till sist dö på olika sätt, en del riktigt våldsamma.

Grundtanken är att stjärnor måste hålla sig själva uppe mot gravitationen, så de måste hålla trycket i sitt inre högt. Men det kräver energi. Till en början kommer den energin från gravitationen när protostjärnorna och de flesta unga stjärnor sakta drar ihop sig. Temperaturen i centrum når till sist så högt som till 10 000 000 K, vilket är hett nog för att **kärnfusion** av väte till helium ska kunna ske. Tänk på att temperaturen på stjärnytan är mycket lägre; för solen är den "bara" 6 000 K, medan den för tyngre stjärnor kan vara 30 000 K. Det är mycket höga temperaturer jämfört med planeter, men alldeles för låga för fusion, som bara kan ske djupt inne i stjärnorna

Väte i en stjärnas kärna är det bränsle som ger den energi och som stjärnorna behöver för att stå emot gravitationen, och medan de slår ihop detta H säger vi

att stjärnorna befinner sig i **huvudseriefasen** av deras livscyklar. Det är det längsta skedet i en stjärnas liv och varar omkring 90 % av hela livstiden. Men den totala livstiden beror starkt på stjärnans massa. För en stjärna som vår sol, som befinner sig i mitten av sin huvudseriefas, är livstiden omkring tio miljarder år. Forskarna uppskattas att solen föddes för 4,6 miljarder år sedan. Men en stjärna med tio gånger solens massa har mycket starkare gravitation och behöver därför slå ihop sitt väte mycket snabbare. Det innebär att den har gjort av med H efter bara ungefär tio miljoner år. Däremot gör en stjärna tio gånger lättare än solen av med sitt väte mycket långsammare och blir därför kvar i huvudseriefasen i omkring tusen miljarder = en biljon år!

"Kul" att veta: Just nu är solen vid mitten av sin huvudseriefas. Om ungefär fem miljarder år från nu kommer den att bli en röd jätte och svälla upp så att den sväljer Merkurius och Venus. Jordens oceaner kommer att koka och vi måste flytta!

När en stjärna väl har gjort av med H i sin kärna börjar denna att dra sig samman och nå ännu högre temperaturer på 100 000 000 K, vilket är hett nog för att slå ihop He till tyngre grundämnen som kol och syre. Under den fasen sväller både lätta och tunga stjärnor upp och blir mycket stora. Vår sol blir vad som kallas en **"röd jätte"**, medan tunga stjärnor, t.ex. de som har mer än åtta gånger solens massa, blir **"superjättar"**. För lätta stjärnor kastas till sist de yttre lagren av den röda jätten ut i rymden och skapar ett objekt som kallas en **"planetarisk nebulosa"** (obs., namnet är missvisande, eftersom det inte har något med planeter att göra!). Den täta, heta kärnan hos den lätta stjärnan, som mest består av C, O och lite He, blir kvar som en **"vit dvärg"**. Denna vita dvärg strålar sakta ut sin energi i rymden och svalnar så att dess färg ändras till röd och senare infraröd så att den blir osynlig för våra ögon. Den kallas då **"svart dvärg"**. Denna "utvecklingsföljd" för lätta stjärnor visas på övre raden i **figur 1.9**.

Stjärnor med mer än åtta gånger solens massa, kallade **"tunga stjärnor"**, har mycket stora ljusstyrkor och temperaturer. På deras yta uppkommer en mängd ultraviolett ljus och stjärnvindar, vilka sveper upp den interstellära gasen i ett omgivande skal eller **"vindbubbla"**. Temperaturerna i kärnorna är också mycket höga och gör det möjligt att fusionera element upp till järn, som är det stabilaste grundämnet. Mer energi kan inte frigöras, så järnkärnan byggs upp tills den till sist kollapsar mycket fort (på en bråkdel sekund!) till ett mycket kompakt objekt. Det resulterar typiskt i en extremt tät **"neutronstjärna"**, som har mer än en solmassa koncentrerad inom en radie på 10 km (stort som en storstad!) Men ibland, i kärnorna hos de allra tyngsta stjärnorna, bildas ett ännu tätare objekt. Det har så stark gravitation att ingenting, inte ens ljus, kan slippa ut därifrån. Sådana objekt kallas **"svarta hål"**. Så mycket energi frigörs när en neutronstjärna eller ett svart hål bildas att resten av den tunga stjärnan kastas ut i rymden i en **"supernovaexplosion"**. Den materia som kastas ut av en supernova innehåller en massa tunga grundämnen, som kol, syre, järn osv., som sveper upp och blandas med den interstellära gasen och också kan forma ett skal, som en bubbla, som vi kallar en **"supernovarest"**. Det är möjligt att vindbubblor och supernovarester till och med sätter fart på bildandet av nya

stjärnor i sina täta skal och skapar en ”[stjärnbildningscykel](#)”. Till sist, betänk detta: större delen av materian i jorden, inklusive kalciumet i dina ben och järnet i ditt blod, uppkom en gång i centrum av en stjärna och kastades sedan ut i rymden i en supernovaexplosion. Det är en häpnadsväckande tanke!

Kul att veta: Den tyngsta stjärnan vi nu känner till är RMC136a1, med en massa som är omkring 300 gånger större än vår sols. RMC136a1 ligger inte i vår galax, utan i Stora magellanska molnet, en liten galax som är en satellit till Vintergatan.

Vad vi astronomer vill ha din hjälp med

Den stora fråga som vi forskar kring är: [hur bildas stjärnor](#)? För att samla in mer information om den processen behöver vi förstå den miljö som stjärnor som föds finns i. I projektet [Stjärnjakten](#) behöver vi din hjälp med att hitta nya stjärnor som föds ur stofrika interstellära moln i Vintergatan. Vi vill ha din hjälp för att förstå om dessa stjärnor föds ensamma, som tvillingar eller hopade i stora klungor. Vi vill veta mer om omgivningarna i molnen och upptäcka om det finns stjärnhopar som redan bildats men är dolda i molnens stofrika innersta. I de följande avsnitten ska vi tillsammans upptäcka hur astronomerna undersöker stjärnbildningsprocesserna och hur du kan hjälpa oss att lära oss mer om dem.



Forskningsprojektet Stjärnjakten



The World Wide Telescope

The World Wide Telescope (hädanefter **WWT**¹) är ett exempel på de verktyg som astronomer använder sig av för att lokalisera och studera himlakroppar på himlen. I detta avsnitt ska vi få förstå hur WWT arbetar och hur vi kan använda det för att få fram all den information vi behöver. I slutet av avsnittet ska vi kunna:

- Starta och utforska WWTs webbsajt: få igång verktyget och använda alla dess funktioner som *StarHunt Targets*, *Explore*, *Search*, *Imagery*, *View* and *Look at*.
- Hitta på himlen: leta upp stjärnbilder, planeter och stjärnor, men också bestämda objekt genom att skriva in deras himmelskoordinater. Denna övning kan också utvidgas till verkliga observationer av himlen, där du bör kunna hitta norra himmelspolen (Polstjärnan) och ljusa stjärnbilder. Om du söker efter himlakroppar som är synliga ovanför horisonten kan du också försöka lokalisera dem (men de kommer i allmänhet att vara osynliga för blotta ögat).
- Resa genom tiden! Se hur himlen förändras när tiden går framåt ... eller bakåt!
- Utforska himlen vid olika våglängder: hur natthimlen förändras när du ser på olika slags ljus som sänds ut.
- Mäta avstånd: använd vetenskapliga verktyg såsom *Bullseye* ("Femettan") och *Distance from Target*-panelen ("Avstånd från målet").

Tack till *Peter Williams* (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics and American Astronomical Society) som arbetar med forskarna för att anpassa WorldWide-Teleskopet för det här projektet.

Vid slutet av avsnittet kommer du att vara WWT-mästare, klara ... färdiga ... gå!

¹ www.worldwidetelescope.org/home

Vad är WWT?

WWT är ett projekt som utvecklats av the American Astronomical Society (AAS²) för att möjliggöra ett sammanhängande synliggörande och delande av vetenskapliga data till forskare och allmänhet. För projektet *Stjärnjakten (Star Hunt)* har vi lagt till några få extra funktioner för att genomföra den spännande uppgiften att *jaga stjärnor* som vi nu ska förklara!

Hur ska WWT användas?

WWT kan användas via nätet på varje slags apparat, fast vi rekommenderar att använda det på en laptop eller surfplatta med Google Chrome. Vi har testat en MacBook Pro och en iPad med **Google Chrome**. Du kan nå det genom att bara skriva följande url i webbläsaren:

<http://starhunt.worldwidetelescope.org/>

Det har aldrig varit så lätt att färdas genom universum! För att förflytta dig klickar du bara och drar med musen eller drar med fingret på surfplattan. Att zooma in eller ut är också lätt genom att skrolla med mushjulet eller använda fingrarna på plattan så som du gör på en telefon.

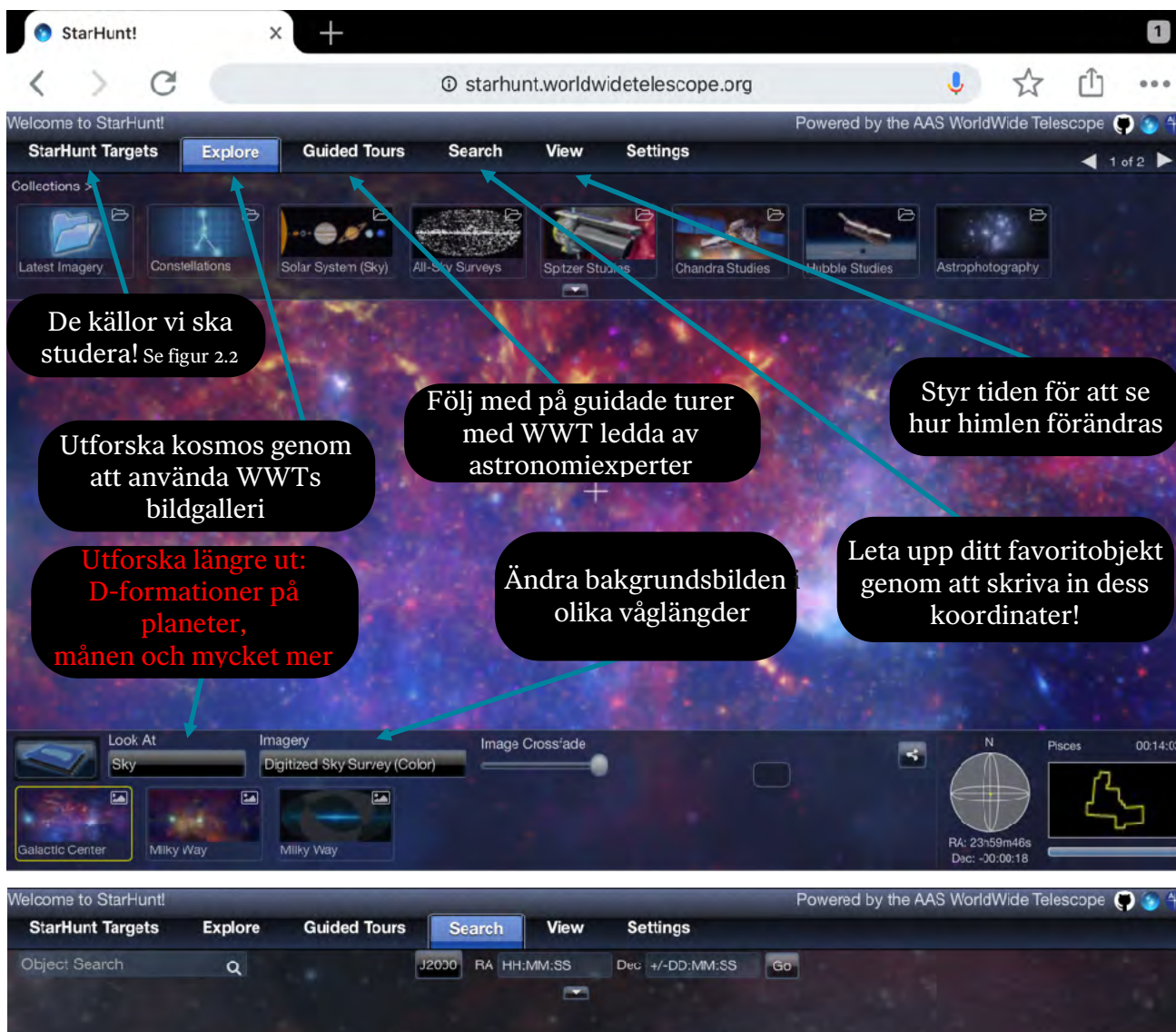
Det finns åtskilliga verktyg som du kan använda för att utforska universum i WWT. Att använda det är mycket intuitivt, och du kan utforska så mycket du vill! Det finns många flikar i fönstrets övre och nedre delar, vilka förklaras nedan (se figur 2.1):

- **StarHunt Targets:** En lista på de källor vi ska studera.
- **Explore:** Bilder av kosmos, från vårt eget solsystem till stjärnbildningsområden I Vintergatan till galaxer långt, långt borta.
- **Guided Tours:** Följ med på guidade turer ledda av expertastronomer som avslöjar universums hemligheter.
- **Search:** Skriv in koordinaterna för ditt astronomiska favoritobjekt och tryck på Go för att utforska dess omgivning (se nedre delen av figur 2.1).
- **View:** Res in I framtiden eller det förgångna! I fliken View kan du styra tiden för att undersöka hur natthimlen förändras.
- **Look at:** 3D-formationer på planeter, månen och mer!
- **Imagery:** Observera Vintergatan vid olika våglängder för att visa dess olika komponenter!

De verktyg som utvecklats särskilt för detta projekt hittar du i fliken StarHunt och lagerhanteraren för StarHunt (se figur 2.2):

- **Targets:** Här visas de *molekylmoln* och de *tunga protostjärnor* som ska användas I Stjärnjakten. Du kan gå direkt till platsen för målet bara genom att klicka på det.
- **StarHunt:** Här finns alla de viktiga hjälpmedlen:

² <https://aas.org/>



Figur 2.1: Överst: Hemsidan för *Stjärnjaktens* (Star Hunt) webbklientapp som den ser ut på en iPad som använder Google Chrome. Nedtill: Sökfliken där koordinaterna för objekten kan skrivas in.

1. *Crosshairs* (Hårkors): Hårkorset används för att markera den del av himlen som är av intresse. Du skapar en markering genom att klicka på **Create Marker Here** för att framhäva någon särskild formation du hittar eller för att märka upp en stjärna i omgivningen, när ett mål (Target) väl har valts ut (se ovan).

I denna del av fönstret finns användbar information som 'Distance from target: value arcsec' (avstånd från målet i bågsekunder) och 'Angle from target: value deg' (vinkel till målet i grader). Det ger avståndet och vinkeln från centrum av Bullseye till platsen för Crosshairs, vilket leder oss till nästa steg. Du kan också skapa en koordinatmarkering genom att klicka på **Create Coordinate Marker**. Sedan kan du hämta koordinaterna för koordinatmarkeringen genom att klicka på **Report Coordinates**.

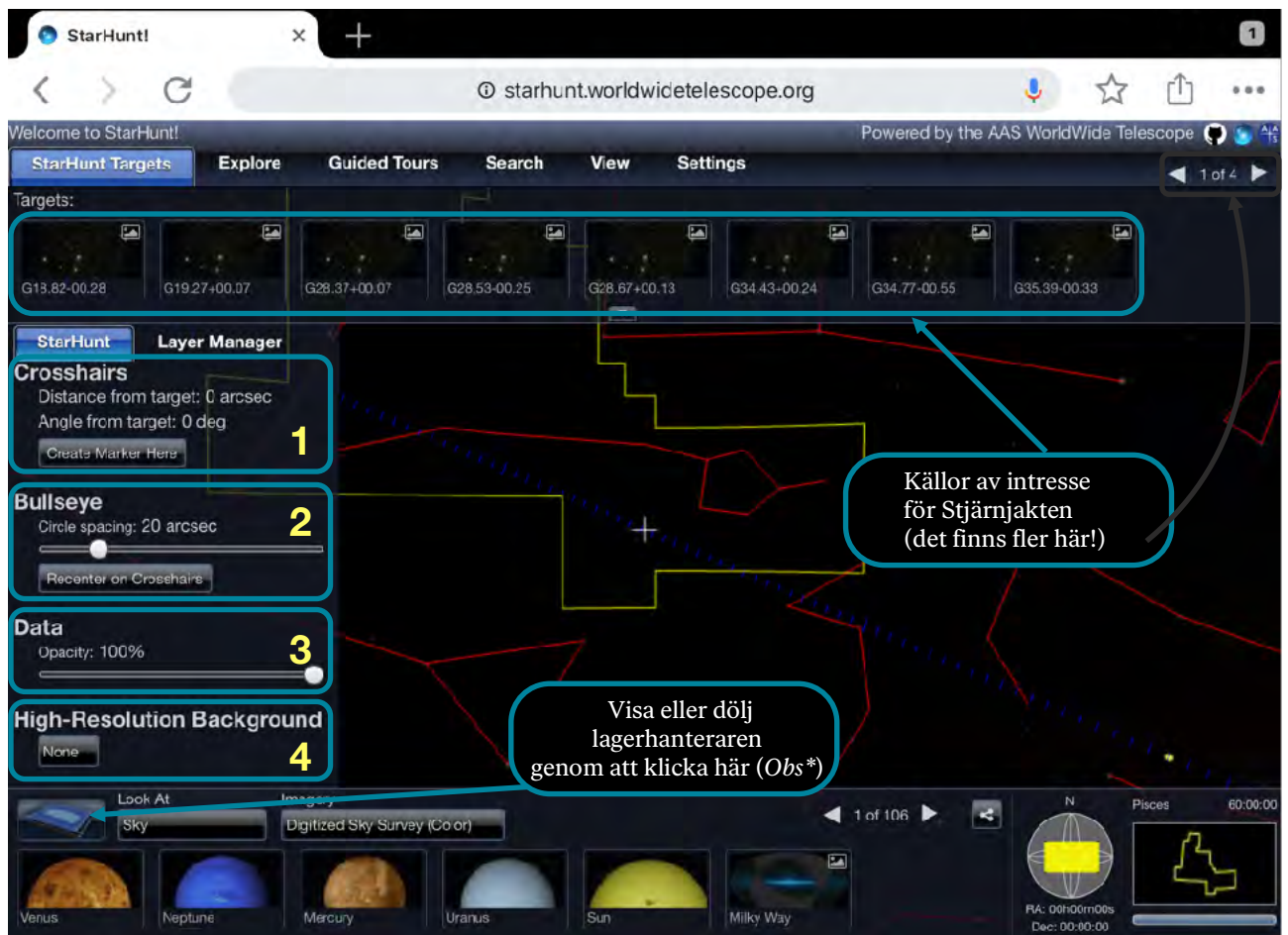
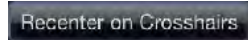


Figure 2.2: Stjärnjaktsfliken (Star Hunt) och lagerhanteraren som de ser ut på en iPad som använder Google Chrome. De olika komponenterna är markerade (se texten för en förklaring). Obs*: i figur 2.1 är lagerhanteraren dold för att visa hela fönstret.

2. Bullseye (Femettan): Med detta verktyg kan du mäta avstånd till intressanta formationer eller andra stjärnor. Du kan också mäta upp vinkeln mellan två källor (se figur 2.3). Du kan också mäta upp avståndet mellan cirkelarna från 1 bågsekund till 100 bågsekunder, med ett förvalt värde av 20 bågsekunder. Som hjälp för mätningarna har du tio koncentriska cirklar såväl som tolv sektorer som delar cirkeln i 30 graders tårtbitar! Det betyder att varje cirkel i ursprungsläget ligger 20 bågsekunder utanför den närmast innanför; den minsta cirkeln har alltså radien 20 bågsekunder och den största har radien 200 bågsekunder (=20

bågsekunder x 10 cirklar i rullningslistan  kan man välja avståndet mellan cirkelarna. Det är användbart om du håller på i stor eller liten skala.

Med knappen  kan du återföra Bullseye till Crosshairs aktuella position.

3. *Data*: Här kan du kontrollera de vetenskapliga data som har laddats in i fliken Targets. I rullningslisten  kan du styra bildens genomskinlighet för att utforska området och upptäcka egenskaper som du tycker är intressanta.

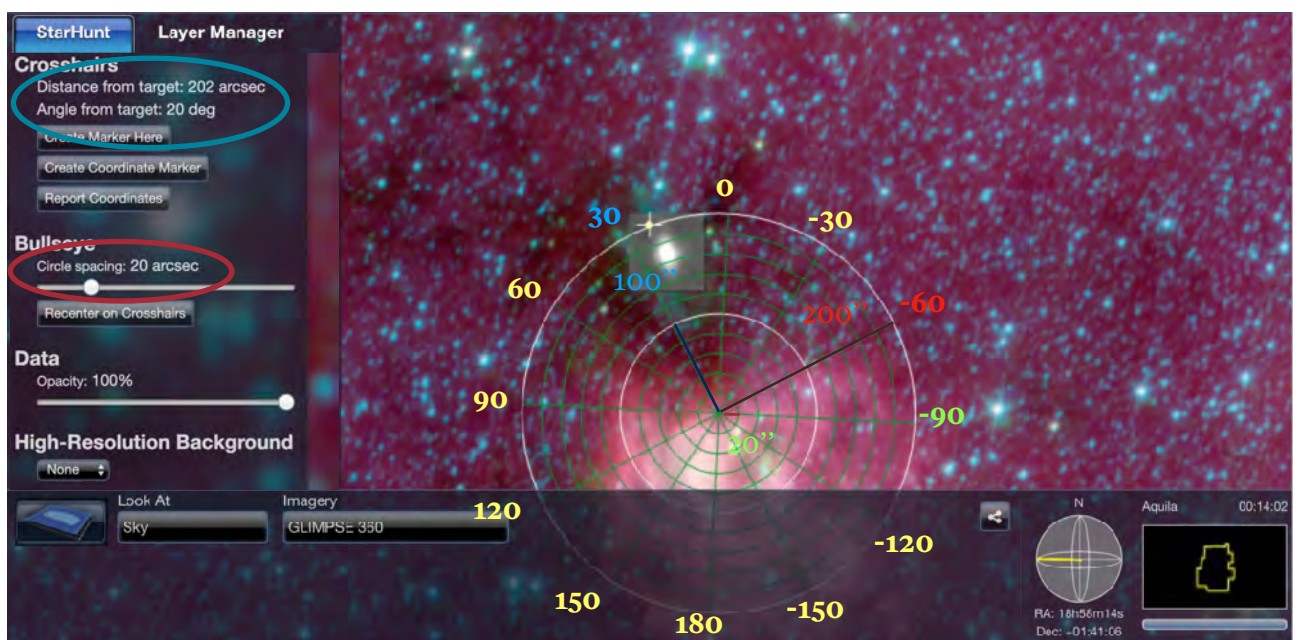
4. *High-Resolution Background (högupplöst bakgrund)*: Du kan välja mellan  och  för att ladda ned en högupplöst bild i infraröda våglängder, eller inte, av det område som du arbetar med. Som i Data kommer en genomskinlighetsrullningslist att dyka upp där du kan ställa in genomskinligheten hos den högupplösta bilden.

I figur 2.3 visas två skärmdumpar som illustrerar verktyget Bullseye (femettan). Inom astronomin mäter vi de s.k. [positionsvinklarna](#) (position angle, PA) uppifrån och åt vänster, dvs. moturs (inom matematiken går man åt andra hållet, från toppen åt höger, dvs. medurs). Som du kanske sett har vi skrivit hälften av vinklarna med positiva tal (från 1 till 180 grader) och hälften med negativa tal (från -179 till 0 grader). Det är viktigt att komma ihåg att det är precis samma sak att skriva t.ex. PA = -120 grader som PA = 240 grader.

I figur 2.3 visas två olika skalor för samma område, G35.2-0.74N. I den övre bilden har vi valt avståndet 7 bågsekunder mellan cirkarna. Det vill säga att den första cirkeln har en storlek på 7 bågsekunder, den andra på 14, den tredje på 21 osv. Vi har markerat den minsta (7 bågsek, grön), den femte (35 bågsek, blå) och den tionde cirkeln (70 bågsek, röd). På samma vis har vi markerat vinklarna för utvalda linjer, dvs. 30 grader (blå), -60 grader (röd) och -90 grader (grön). Vi har placerat en markör som sammanfaller med det blåa avståndet och den blåa vinkeln, dvs. 35 bågsekunder och 30 grader mätt från mitten av femettan.

I den nedre bilden har vi flyttat femettan till en annan position och ökat cirkelavståndet till 20 bågsekunder för att visa olika scenarier. I det här fallet motsvarar den minsta (gröna), den femte (blåa) och den tionde (röda) cirkeln respektive 20, 100 och 200 bågsekunder. Nu ligger markören vid 202 bågsekunder vid vinkeln 20 grader. (Varning! Vi har inte flyttat markören, utan femettan, avståndet och vinkeln mäts från mitten av femettan.)

När vi nu känner till det grundläggande om WWT är vi redo att gå ombord på rymdskeppet *Stjärnjakten*



Figur 2.3: Demonstration av markör och bullseye-verktyget (femettan). Lägg märke till att vi har ändrat bakgrunds bilden (2MASS och GLIMPSE). Markören visas som en gul prick. Dess avstånd och vinkel från femettans mitt är inringade i båda bildernas övre vänstra hörn.

Hur Stjärnjakten går till

Två huvudsakliga forskningsdelar och två extra uppgifter ska genomföras i projektet Stjärnjakten. Dessa uppgifter handlar om å ena sidan molekyln (särskilt infraröda mörka moln, eng. Infrared Dark Clouds – IRDCs) och å andra sidan tunga protostjärnor ("SOMA-källor"). Eftersom de rumsliga skalorna är olika för dessa astronomiska objekt kommer vi att fokusera på att undersöka olika formationer runt varje slag av objekt.

Varje elevpar tilldelas två objekt, ett molekyln (IRDC) och en tung protostjärna (SOMA), se Bilaga 1 och 2. De ska arbeta tillsammans för att genomföra de två övningar som följer. Vi har lagt upp ett mycket enkelt sätt att fördela molekyln och de tunga protostjärnorna. Anta att det är en klass med 30 elever; paren får nummer från 1 till 15. Par nr 1 får då IRDC#1 och SOMA#1, par nr 2 får IRDC#2 och SOMA#2 och så vidare tills par nr 15 får IRDC#15 och SOMA#15. Tabellerna 1 och 2 ger en lista på parnummer och de tillhörande IRDC- och SOMA-målen. I det osannolika fallet att din klass har mer än 17 par får ni fria händer att tilldela par nr 18 samma källor som par 1. Eller så bildar ni färre grupper med tre elever.

Vägledning till de olika delarna och uppgifterna ges nedan med de förväntade förutsättningarna, men du är fri att forska vidare utanför dessa.

Att dela med sig är att bry sig om

Innan vi börjar förklara hur forskningsuppgifterna går till är det viktigt att förklara hur vi ska samla in våra data. För det har vi skapat ett kalkylark som finns på nätet med denna länk:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wE6QcB2EISp097ephO4ow4Dri2VUJz9BIPz6FiRjhl/edit?usp=sharing>

När du klickar på länken ovan hittar du ett Google Sheets som heter **The Star Hunt Tables**. Du kan inte ändra något i den tabellen (den har bara visningstillstånd), men du kan kopiera den till ditt lokala Googlekonto. Det är lätt gjort genom att klicka på **File – Make a Copy** (se till att du är inloggad på ditt Googlekonto!). Nu bör du ha full tillgång till tabellerna med alla flikar, och du kan skriva i cellerna.

Om du **inte** har något Googlekonto skapar du ett mycket lätt via denna länk:

<https://accounts.google.com/signup/v2/webcreateaccount?flowName=GlifWebSignIn&flowEntry=SignUp>.

Annars kan du fråga din lärare om det finns tillfälliga konton (eller kanske skolan har ett?) som du kan använda. Det är viktigt att du har tillgång till ett Googlekonto!

Låt oss förklara vad som finns i denna tabell. Början på den visas i figur 3.1. Tabellen består av fem olika flikar som heter filaments, bubbles, stars/circles,

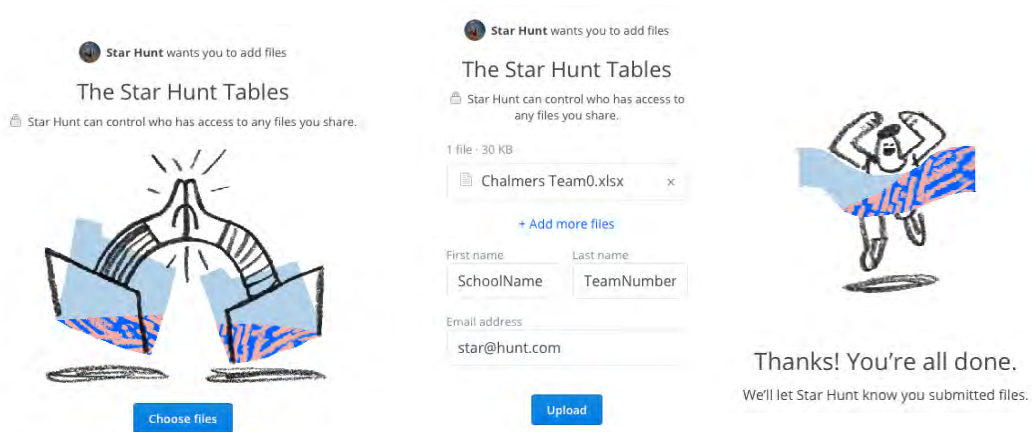
stars/sectors och screenshots (skärmdumpar). Var och en av dessa flikar motsvarar de Uppgifter som förklaras nedan (lägg märke till att de ställts upp i samma ordning som uppgifterna kommer). I varje flik har vi lagt till beskrivningar av vad som förväntas skrivas in i varje tabell. I kalkylbladstabellen kan du föra in de data vi frågar efter mycket fort och göra beräkningar med de formler som ges. Det är också en mycket viktig aspekt på användandet av dessa tabeller att du mycket enkelt kan göra grafer genom att använda de verktyg som kalkylbladet erbjuder. Utöver det kan du ladda upp de skärmdumpar du gör under uppgifternas gång till fliken skärmdumpar. **Du kan använda all denna information för att skapa din poster som ska delta i tävlingen om den bästa, med spännande priser!**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SCHOOL NAME	TEAM NUMBER	SOMA NAME	Distance to source (ly)			Notes:	
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15	Circle Sector	#stars						
16	1							
17	2							
18	3							

Figur 3.1: Ett exempel på den första fliken i de tabeller som gjorts för projektet Stjärnjakten.

Hur du skickar oss de ifyllda tabellerna

Som rubriken på detta avsnitt säger är det att dela med sig också att bry sig om, vilket är särskilt viktigt när det gäller vetenskap. Efter att ha genomfört de två delarna i Stjärnjakten, som förklaras nedan, kommer du att ha några fina tabeller, grafer och skärmdumpar som vi ser fram emot att analysera för vår forskning. Bara genom att dela med dig av dina resultat med andra forskare kan vi alla arbeta tillsammans för att tränga in i universums mysterier.



Figur 3.2: Till vänster: En länk till filförfrågan (File Request) för att skicka in insamlade data. I mitten: Ett formulär att fylla i för att skicka filer till astronomerna. Till höger: En bekräftelse på att du lyckats sända data.

För att göra saker enkla har vi skapat en *file request*-länk där du kan skicka oss all den informationen:

<https://www.dropbox.com/request/LmJ7VMOahJ6J6LORQKyX>

När du klickar på den länken bör du se det som ses i figur 3.2.

Efter de två delarna i Stjärnjakten kommer du att ha en tabell på nätet med flera flikar som innehåller mycket viktig information för oss. För att skicka dina resultat till oss måste du ladda ned den slutliga filen med din uppgift gjord genom att klicka på **File -> Download -> Microsoft Excel (.xlsx)** och sedan ladda upp den genom att använda Dropbox-länken. För att hjälpa oss organisera alla filerna ber vi dig ge namn åt filen med din skolas namn och ditt lagnummer. Om till exempel min skola är Chalmers och mitt lagnummer är 0, så ska filen kallas Chalmers Team0.xlsx, som du kan se i figur 3.2, bilden i mitten. I formuläret frågas du om Förnamn, Efternamn och mejladress; var snäll och skriv skolans namn i den första namnboxen, lagnumret i den sista namnboxen och star@hunt.com i mejladressboxen. Slutligen ska du se något liknande den **högra** bilden i figur 3.2. Vi fick dina filer, låt oss göra vetenskap tillsammans!

Om det verkar knepigt, så simma lugnt. Vi kommer att upprepa och specificera denna information i varje forskningsdel; det här var bara en inledning till hur vi ska gå till väga med datainsamlingen.

Del 1: Miljön i molekylmoln där stjärnor föds

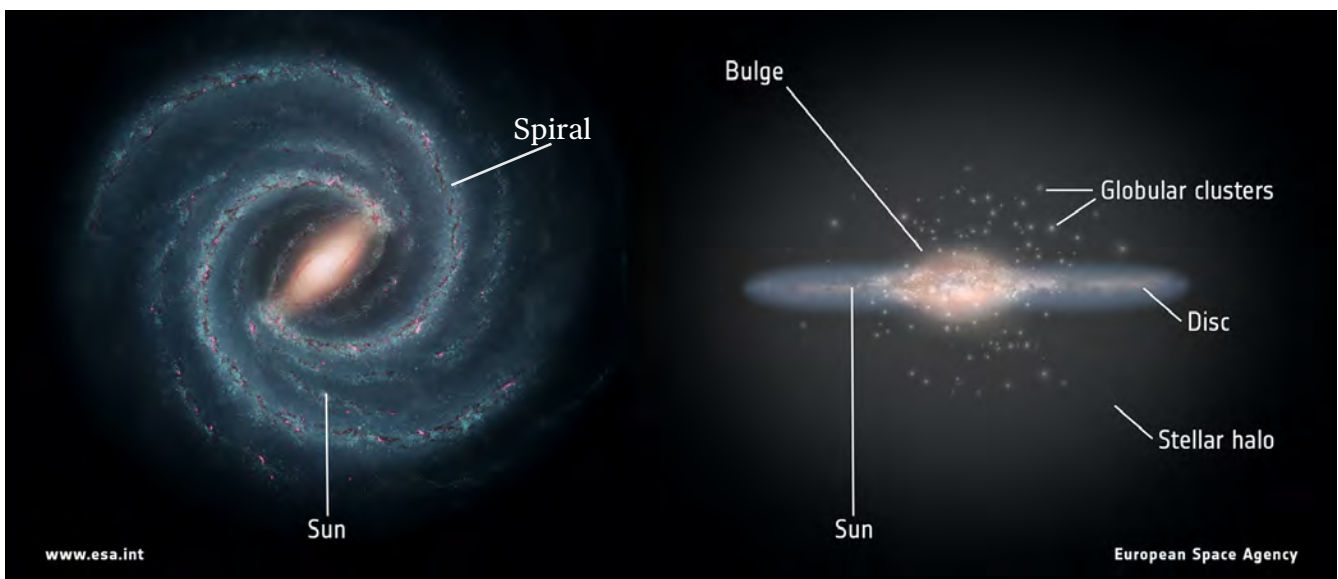
När nu WWT inte längre har några hemligheter för dig är vi klara att utforska, undersöka och klarlägga himlen! I Del 1 behöver vi astronomer *din* hjälp med att studera objekt på himlen som kallas som *molekylmoln* och deras omgivningar på himlen. I det avsnitt som följer ska vi:

- Lokalisera molekylmolnet.
- Undersöka molekylmolnet genom att se på den *infraröda* strålning som kommer från den del av himlen där objektet ligger.
- Undersöka omgivningarna till molnet. Särskilt ska vi i **Uppgift A** titta efter mörka filament i och runt molekylmolnet. I **Extrauppgiften** ska vi leta efter ljusa bubblor kring molekylmolnet. Vi ska använda WWT-verktygen *Markers* och *Bullseye* för att avgöra var de finns, hur stora de är och hur långt från molnet de ligger. Hur många formationer hittar du?

Varför gör vi detta?

Vi ska börja vårt sökande med att titta på en mycket stor del av himlen, där vi kan se de största objekten. Som du antagligen redan vet ingår vår jord och solen i ett mycket större system, vår galax Vintergatan (se figur 3.3).

Astronomerna uppskattar att Vintergatan innehåller omkring hundra miljarder stjärnor och att det också finns stora mängder gas (mest väte och helium) mellan stjärnorna – dvs. det ”interstellära mediet”. Blandat med denna gas finns stoft, dvs. mycket små partiklar bestående av kol och kisel som också kan



Figur 3.3: Till vänster: Vintergatan sedd uppifrån, där vi ser galaxens plan med dess spiralarmar. Till höger: Vintergatan sedd från sidan, där vi ser hur tunn skivan är, den centrala förtätningen och var de klotformiga stjärnhoparna ligger. I båda bilderna är solens plats markerad, en bra bit ut mot skivans kant.

vara täckta av ett lager vatten is blandad med andra molekyler som CO och CO₂. Gasen och stoftet är den materiareseervoar som nya stjärnor bildas ur.

Om vi kunde titta på vår galax utifrån skulle den se ut som på bilderna i figur 3.3, som till vänster visar hur den ser ut uppifrån och till höger från sidan. Som figur 3.3 visar har Vintergatan formen av en skiva, *Vintergatsskivan*, som är omkring 2 000 ljusår tjock och 200 000 ljusår tvärs över. Skivans plan kallas *Vintergatsplanet*.

Vintergatsskivan snurrar runt sitt centrum, där astronomerna tror att ett svart hål som är fyra miljoner gånger tyngre än solen ligger. Den centrala delen av Vintergatan är formad som en tjock, stav med en *central förtätning*. Allt omges av en halo av stjärnor, där också stora *klotformiga stjärnhopar* ingår.

Som vi ser i figur 3.3 ligger solen i Vintergatsskivan, omkring 27 000 ljusår från centrum. Det tar omkring 200 miljoner år för solen att göra ett helt varv! Tittar vi närmare på figur 3.3 ser vi att Vintergatsplanet inte är alldeles jämnt. Där finns mer koncentrerade områden i form av spiraler, kallade *spiralarmar*.

Gasen och stoftet i Vintergatan är inte jämnt fördelade. I en del områden av galaxen finns det mindre än ett par atomer per kubikcentimeter (cm³); de områdena kallas det *diffusa interstellära mediet*. I andra områden bildar gasen och stoftet mycket tätare samlingar där antalet molekyler per cm³ är stort nog för stjärnbildning. Astronomerna kallar dessa områden *molekylmoln*.

Molekylmoln tillhör de tätaste områdena i Vintergatan, och de är vanligen mycket kalla, med temperaturer som kan gå ned till -260 °C. Astronomerna brukar kalla molekylmolnen stjärnornas barnkammare, eftersom det är i de områdena som stjärnor bildas. Man har sett stjärnor i mycket tidiga utvecklingsstadier i molekylmoln, vilket tyder på att det är just där de bildas. Men astronomerna har ingen bestämd uppfattning om hur stjärnbildningen kommer igång i sådana moln. **Om vi vill förstå hur stjärnor bildas måste vi undersöka molekylmoln och deras omgivning.**

Problemet stjärnbildning har undersökts av astronomer under lång tid, och många idéer har lagts fram och testas för närvarande genom observationer av protostjärnor, unga stjärnor och molekylmoln. Något som astronomerna är ense om är att du för att bilda en stjärna måste trycka ihop gasen och stoftet i Vintergatan; molekylmoln är områden där den hoptryckningen redan har ägt rum. Men hur kan detta gå till, hur går det till? En möjlighet är att när gas kretsar runt i skivan, så pressas den ihop när den kommer in i en spiralarm eller när moln krockar. Om de teorierna är riktiga borde vi se något tecken på hoptryckandet i formen och riktningen hos molekylmoln som ligger i Vintergatsskivan. I **Uppgift A** ska du testa den idén genom att analysera strukturer hos molekylmoln i och kring ett mycket tätt och hoptryckt område, kallat ett infrarött mörkt moln.

Den naturliga banrörelsen hos moln runt Vintergatan är inte det enda sättet att pressa ihop gas och stoft. Till exempel, när en mycket tung stjärna dör exploderar den våldsamt som en supernova och ger upphov till en bubbla av materia som rör sig väldigt fort. Om denna supernovabubbla stöter på ett

molekylmoln, så trycker den ihop det ännu mer och möjliggör bildandet av nya stjärnor. Det finns också en annan sorts bubbla runt en tung stjärna innan den dör som supernova. Medan den ännu lyser skapar stjärnan en bubbla av mycket het gas, ett HII-område, som också kan trycka ihop omgivande gas och sätta igång ny stjärnbildning. Slutligen finns det starka vindar ut från tunga stjärnor som också kan svepa ihop omgivande gas i skal som liknar bubblor. **Det är alltså viktigt att leta efter bubblor nära molekylmoln för att förstå om de kan vara orsaken till att gasen tryckts ihop och molnet kom till.** Vad ännu egenskaperna hos en bubbla är, så ser de vanligen ut som ljusstarka objekt när vi ser på dem i infrarött ljus. I **Extrauppgiften** i Del 1 ska du söka efter bubblor runt de molekylmoln du har tilldelats. Genom att göra det hjälper du oss att testa idén att bubblor är viktiga ingredienser i receptet för nybildning av stjärnor.

Men först och främst ... låt oss se hur våra molekylmoln ser ut!

Uppgift A: Leta efter filament

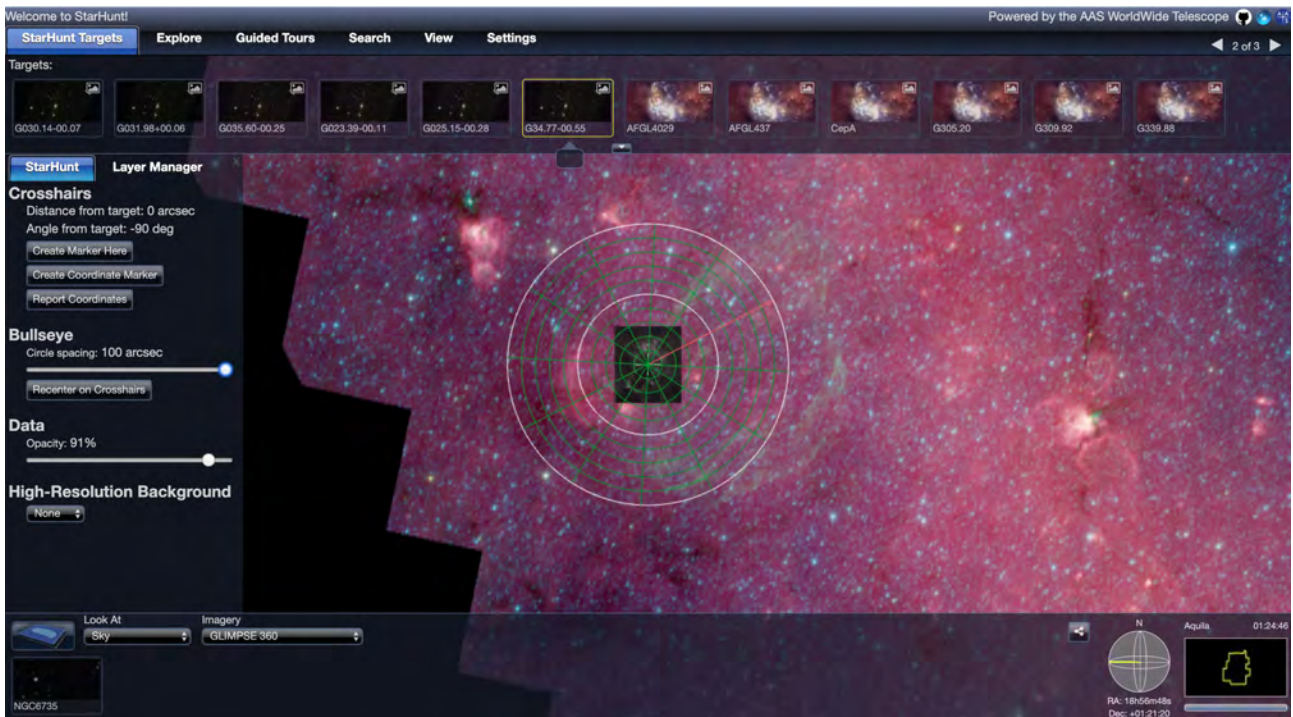
Först måste vi lokalisera våra molekylmoln på himlen. Vi guidar dig steg för steg, och för att göra det har vi valt molekylmolnet G34.77–0.55 som exempel.

För att lokalisera molnet på himlen gör vi så här:

1. Öppna webbklienten genom att skriva <http://starhunt.worldwidetelescope.org/> i **Google Chrome-webbläsaren** på din laptop eller surfplatta.
2. Förvissa dig om att den förvalda bakgrundsbilden har valts, dvs. *Digitized Sky Survey (Color)*.
3. Gå till **StarHunt Targets**-fliken och ladda upp *ditt lags molekylmoln* genom att klicka på dess namn. För vårt exempel alltså G34.77–0.55 (figur 2.4).
4. Utforska området; ser du något på platsen för ditt moln? Zooma in. Nu då?
5. I fliken **Imagery** väljer du *GLIMPSE 360*-bilden av himlen.
6. Utforska igen; vad ser du nu? Zooma in och ut. Kan du säga var din källa finns och hur den ser ut?
7. Gå till **Data** och ändra **Opacity** (genomskinlighet) genom att använda rullningslistan. Kan du avgöra om din källa motsvaras av någon mörk formation på himlen?
8. Justera **Opacity** som du tycker lämpligt så att både ditt moln och *GLIMPSE 360*-bilden blir synliga.

Sedan du följt dessa steg bör du kunna se något som i figur 3.4.

När vi nu vet hur ett tätt molekylmoln ser ut ... låt oss titta mer i detalj på filamentstrukturerna runt molnet; de kan ge oss ledtrådar till varifrån molnet har kommit!



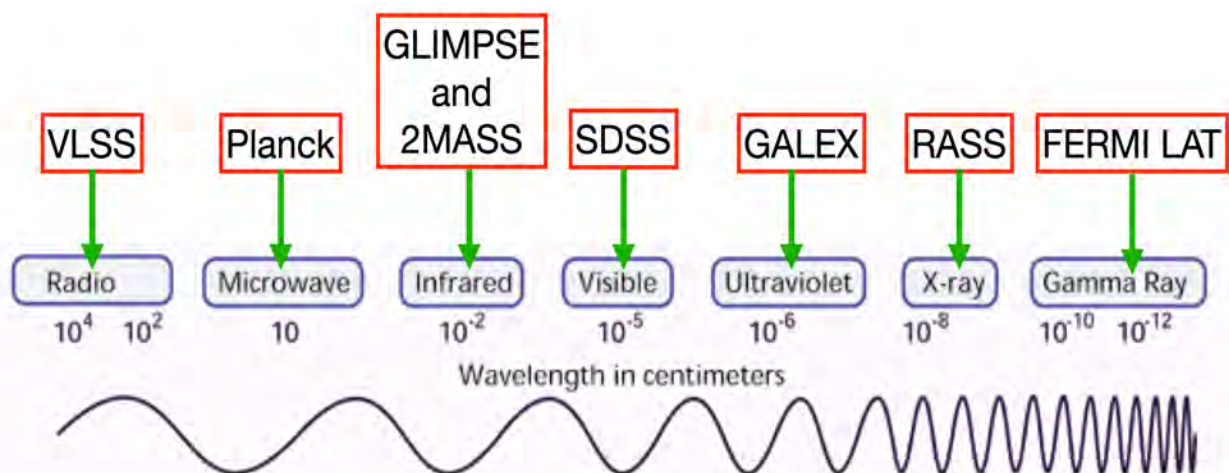
Figur 3.4: Molekylmolnet G034.77–00.55 överlagrat GLIMPSE-bilden i WWT. Femettan (Bullseye) är centrerad på molnets position och gjord så stor som möjligt.

En av de första astronomer som noterade ett molekylmoln på himlen var sir William Herschel tillsammans med hans syster Caroline på 1700-talet. När han tittade på natthimlen insåg han att vissa delar av himlen var fulla av stjärnor, medan andra tycktes nästan tomma, som "hål" på himlen. Molekylmoln är faktiskt så täta att de kan blockera allt synligt ljus från stjärnor bakom dem, vilket ger intrycket att det finns mycket få stjärnor åt det hållet. Tittar vi på himlen i en annan, infraröd våglängd kan vi fortfarande se samma effekt, men mindre uttalad eftersom infrarött ljus kan tränga djupare genom molnen. Men de tätaste delarna av molekylmoln framträder fortfarande som mörka områden på himlen. Många molekylmoln ser långsträckta och tunna ut, och dem talar vi om som *mörka filament*. ***Ett filament är något som är rejält långt jämfört med dess bredd. När vi letar efter mörka filament ska vi se att vi betraktar deras form som enkla rätta linjer.***

A:1 Hitta filament

Som en del i denna uppgift ber vi dig att i GLIMPSE-bilden leta upp mörka filament som kan finnas i området nära ditt molekylmoln.

GLIMPSE-bilden är gjord i infrarött ljus som sänts ut i rymden. Astronomerna har samlat in en serie sådana bilder också i många andra våglängdsområden: i synligt ljus t.ex. DSS-bilden, i röntgen t.ex. RASS-bilden osv. Dessa olika bilder är användbara eftersom objekt i allmänhet inte alla sänder ut samma slags ljus! Alltså kan ett visst objekt vara synligt i ett våglängdsområde, men inte i ett annat. Tänk till exempel på det molekylmoln du arbetar med. På den infraröda



Figur 3.5: Namnen på de bilder som laddats in i WWT för varje våglängdsområde.

GLIMPSE-bilden ser det mörkt ut, men om du tittar på samma molekyln på RASS-bilden i röntgen ... så dyker det inte alls upp! I figur 3.5 visar vi en sammanfattning av bilderna i WWT och deras våglängdsområden.

Mörka filament ses som skuggor i GLIMPSE-bilden, eftersom den täta materian i molnet hejdar det infraröda ljuset som kommer från rymden. De kan antingen vara kopplade till eller isolerade från det molekyln du har tilldelats. Slutligen, fastän de kallas mörka filament kan de ha rätt olika nivåer av kontrast, dvs. de kan vara mycket mörka eller bara uppträda som en aning skugga.

Nu när du vet vad vi letar efter ... låt oss jaga filamenten!

Videon på länken <http://cosmicorigins.space/starhunt> visar dig ett exempel på hur man söker efter mörka filament runt molekyln G034.77–00.55.

Vad vi ber dig göra är att identifiera de mörka filamenten runt ditt moln och förse oss med information om dem, i synnerhet koordinaterna (RA och DEC) för deras båda ändar. Vi ber dig fylla i en tabell som ser ut som den nedan. Den och de andra tabellerna som vi använder i denna uppgift finns på arket "filaments".

Table 1				
RA (deg)	DEC (deg)	Angle to Galactic Plane(°)	Angular Size, α (")	Physical Size, s (light years)
284,5470	1,3987	122,8	24508,33	
284,8770	1,4123			

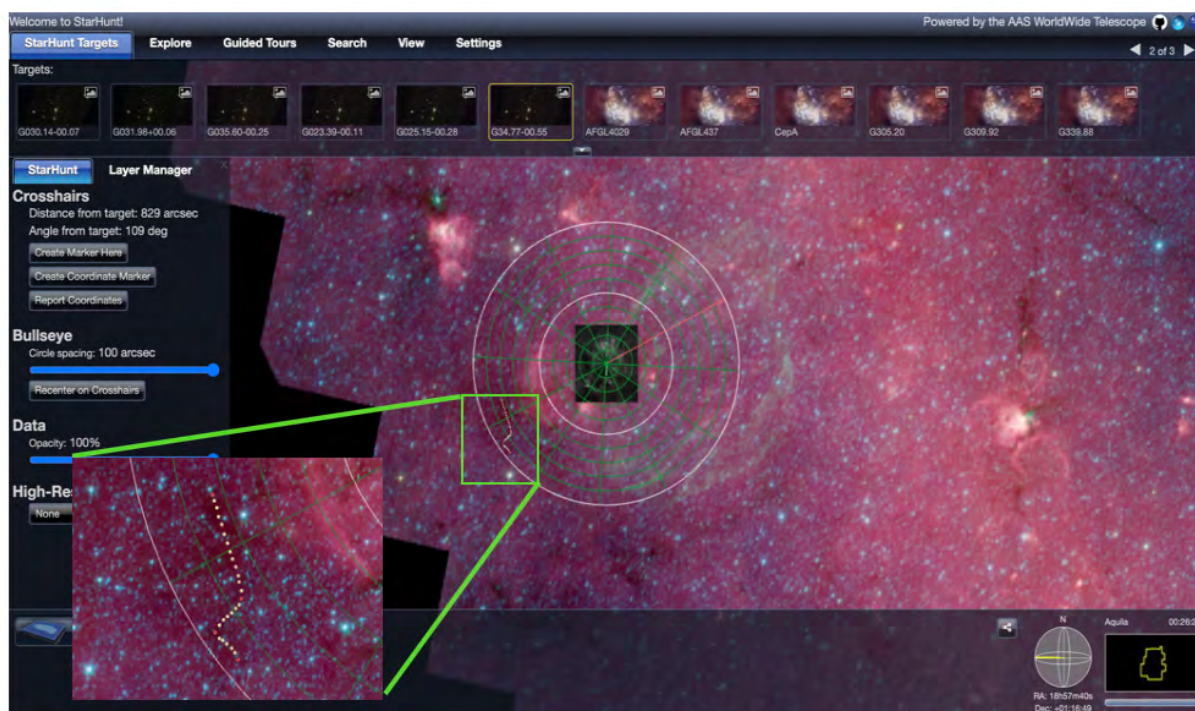
Hur många filaments kan du hitta?

För att fylla i tabellerna på nätet följer vi stegen nedan:

- Gör radien på femettan (bullseye) så stor som den kan bli.
- Kan du se någon mörk formation i området täckt av femettan?

11. För varje mörk formation som du ser placerar du *coordinate markers* som markerar början och slutet. **Här förenklar vi de olika mörka formationerna genom att beskriva dem som enkla filament, dvs. delar av linjer. Om du ser ett långt, krökt filament kan du beskriva det med en serie skilda linjedelar som räknas som olika filament i tabellen. Kom ihåg att en del filament bara ses som bleka skuggor, så se efter noga!**
12. Använd *Report Coordinates*-knappen för att kopiera och klistra in markörkoordinaterna i Tabell 1.
13. Använd knappen *Create Marker Here* för att rita upp filamentets form genom att förbinda de två röda koordinatmarkörerna (se figur 3.6).
14. Använd din laptop/surfplatta/iPad för att göra en skärmdump av din bästa skapelse! (Lägg till dessa skärmdumpar i fliken Skärmdump (screenshot) i din tabell.)

När du kopierar in filamentkoordinaterna i Tabell 1 i kolumn A och B kommer en del tal att dyka upp i kolumn C och D. Det är för att vi redan har stoppat in några formler i de kolumnerna. Vad dessa automatiskt beräknade tal har för fysikalisk mening ska vi diskutera senare.



Figur 3.6: Ett exempel på identifiering av en mörk formation runt molekylnolnet G034.77–00.55. De båda ändarna av filamentet ges av röda markörer, medan formen hos filamentet visas av gula markörer. Den komplicerade formen hos de mörka formationerna har förenklats med många räta linjer.

Om du har följt alla stegen bör du ha en massa strukturer som den som ges i figur 3.6 för G034.77–00.55. På länken <http://cosmicorigins.space/starhunt> hittar du videoexempel som kan hjälpa dig genom uppgifterna.

Din vetenskapliga åsikt.

När vi nu har hittat alla filamenten runt molekylnolnet, låt oss göra vetenskap!

Som vi sade tidigare är det viktigt att förstå hur mörka filament hänger ihop, om de alla är riktade likadant, hur de ser ut, om de är mycket mörka eller bara bleka skuggor. I den här uppgiften vill vi kunna svara på alla dessa frågor.

Som du såg i avsnittet *Forskningsmetodik* använder forskarna en *vetenskaplig metod* för att styrka eller tala emot deras teorier. Första steget för att använda den vetenskapliga metoden är att ställa upp en hypotes, dvs. att säga något som ska styrkas eller förkastas på grundval av den bevisning som data kan ge. I denna uppgift är vår hypotes:

Hypotes: Mörka filament är huvudsakligen riktade längs Vintergatsplanet.

Nu ska vi använda våra data för att se efter om hypotesen är sann eller falsk.

För att testa vår hypotes måste vi först lägga fast var Vintergatsplanet ligger. Om du inte har en aning om det kan du pröva att:

15. Zooma ut GLIMPSE-bilden så mycket du kan. Ser du strimman som GLIMPSE-bilden visar? Den längsta utsträckningen i GLIMPSE-bilden visar hur Vintergatsplanet ligger se figur 3.7.
16. **Vilken vinkel i femettan motsvarar Vintergatsplanets riktning?** För att svara på den frågan, zooma in lite grann i GLIMPSE-bilden, så som visas i figur 3.8.

Vintergatsplanets riktning motsvarar vinkeln 30° i femettan (bullseye). När vi nu har bestämt Vintergatsplanets riktning vill vi se hur många av de filament vi hittat som ligger ungefär likadant.

I Tabell 1 på kalkylarket "filaments" har du rapporterat koordinaterna för filamentens ändar. Som du kanske märkt så dök det upp ett tal i kolumn C i tabellen när du skrev in de två uppsättningarna koordinater. Det är för att vi har stoppat in en formel som använder ändkoordinaterna hos filamentet för att beräkna vilken vinkel det intar mot Vintergatsplanets riktning.

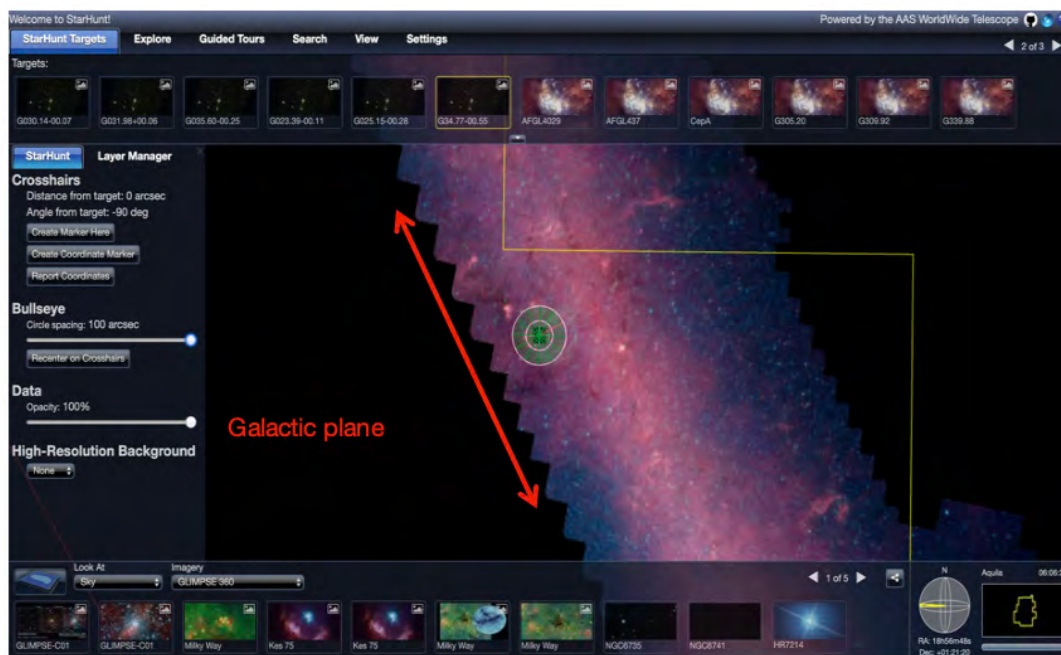
Vi har alltså för varje filament beräknat motsvarande vinkel. Nu ska vi dra några slutsatser genom att titta på dessa vinklar. Om ett filament har vinkeln 0° eller 180° , så betyder det att dess riktning är parallell med Vintergatsplanet. Men om filamentet har en vinkel på 90° så ligger det vinkelrätt mot Vintergatsplanet. Hur

många filaments har vinklar i intervallet 0° till 15° ? Hur många filament finns i intervallet 75° till 90° ?

17. För varje vinkelintervall som återfinns i Tabell 2 nedan, räkna antalet filament med positionsvinkeln θ i det intervallet. Den tabellen motsvarar Tabell 2 i kalkylarket "filaments".



Figur 3.7: GLIMPSE-bild i WWT utzoomad så långt det går. Den röda pilen visar Vintergatsplanets riktning, längs det ljusa i bilden.



Figur 3.8: Vintergatsplanets riktning framtagen med femettans vinkelmätare.

A:2 Räkna filament

Genom att sammanställa data så som vi har gjort det i Tabell 2 har vi framställt vad som kallas en fördelning. Tabell 2 berättar hur många av de filaments som vi har hittat som är riktade på ett bestämt sätt.

Men det kan vara svårt att hitta mönster eller egendomligheter i fördelningen bara genom att titta i tabellen. Alltså använder forskarna grafer för att bättre synliggöra sina resultat. Den graf vi ska framställa för att åskådliggöra vår fördelning kallas ett histogram. Du kan lätt göra ett histogram i kalkylarket på nätet genom att följa några få steg som dessa:

Table 2

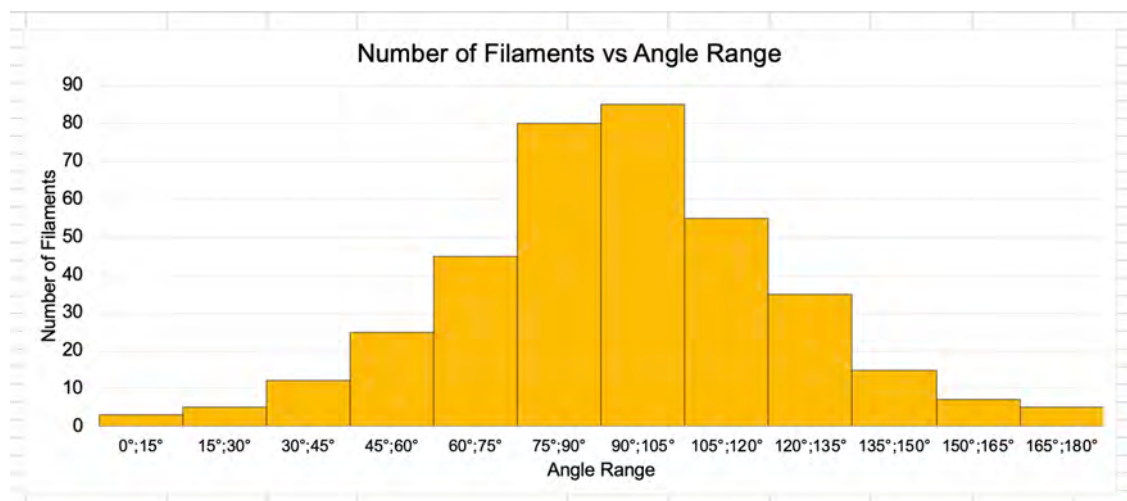
Angle Range	Number of Filaments
0°;15°	
15°;30°	
30°;45°	
45°;60°	
60°;75°	
75°;90°	
90°;105°	
105°;120°	
120°;135°	
135°;150°	
150°;165°	
165°;180°	

18. I kalkylarket väljer du kolumnerna G och H i Tabell 2.

19. Klicka på **Insert -> Chart**.

20. Se till att välja kolumnen **Chart**.

Ditt histogram bör se ut som något liknande det i figur 3.9 (men inte nödvändigtvis likadant format).



Figur 3.9: Ett histogram uppbyggt av datafördelningen i Tabell 2. Varje gul stapel visar antalet filament som finns i motsvarande vinkelintervall gentemot Vintergatans plan.

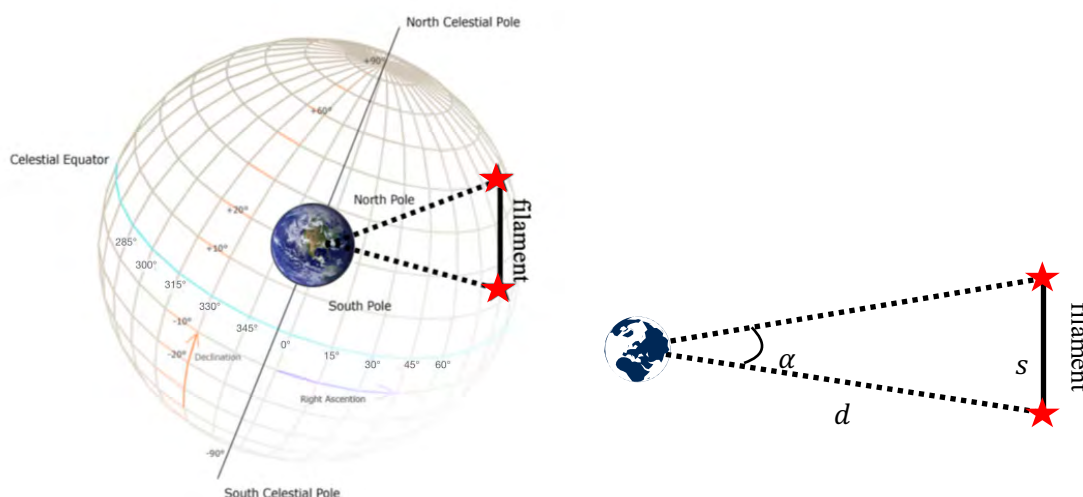
Om du tittar på det histogram du just har skapat, **tror du att den hypotes som vi formulerade tidigare i uppgiften är sann eller falsk? Finns det några föredragna vinklar för filamentens riktningar? Om det är så, hur är de vinklarna i jämförelse med riktningen hos Vintergatsplanet?**

Låt oss få veta vad du tänker om detta genom att skriva en notering i den ruta som avses för det i kalkylarket "filaments".

Det finns många fler frågor vi kan ställa oss rörande mörka filament. Till exempel, hur långa är filamenten? Låt oss nu försöka svara på den frågan. På samma sätt som vi gjorde för kolumn C i Tabell 1 har vi lagt in en formel i kolumn D för att beräkna storleken på ett filament genom att använda dess ändkoordinater. Talen i kolumn D ger längden av ett filament i bågsekunder, dvs. filamentets *vinkelavstånd*.

A:3 Hur långa är filamenten?

Vinkelavståndet (α) är något mycket viktigt för astronomer, eftersom det är vad vi kan mäta direkt på himlen. Men det är ännu viktigare att få veta den verkliga **fysiska storleken** (s) (i km eller ljusår) av ett objekt. För att omvandla från vinkelavstånd till fysisk storlek måste vi veta hur långt bort föremålet ligger.



Figur 3.10: Till vänster: Himmelssfären med jorden i mitten. Himmelsekvatorn och norra himmelspolen är angivna. De röda stjärnorna visar ändarna av ett filament på himmelssfären. Bild: Lone Wolf online. Till höger: En skiss av triangeln som bildas av filamentets ändar och jorden. Vinkelavståndet α , den fysiska storleken s och avståndet mellan filamentet och jorden, d , är angivna.

Om du tittar på fullmånen så ser du att den har en viss vinkeldiameter, omkring en halv grad (0,5 grader = 30 bågminuter = 1 800 bågsekunder). Solen har en vinkeldiameter som av en slump också råkar vara 0,5 grader (det är därför som månen nästan exakt täcker över solen vid en total solförmörkelse). Men solen är förstås mycket större än månen (faktiskt omkring 400 gånger större!). Skälet till att solen och månen kan ha samma vinkeldiameter är att solen ligger så mycket längre bort än månen ... solen ligger faktiskt 400 gånger längre bort!

Det finns en grundformel som sammanbinder vinkelavstånd, fysisk storlek och avstånd:

$$\alpha = \frac{s}{d}$$

Den kan vi skriva om till:

$$s = \alpha \times d$$

Nu kan vi förstå fallet med månen och solen. De har samma värde på vinkelavståndet, α . Så vi kan inse att om solens avstånd, d , är 400 gånger större så måste också dess storlek, s , vara 400 gånger större.

När vi använder den formeln för den sanna fysiska storleken, s , så måste vi vara försiktiga med enheterna för α och d . För avstånden ska vi använda ljusår som måttenhet, eftersom filamenten ligger mycket långt bort från jorden. Ett ljusår (ly) är den sträcka som ljuset tillryggalägger på ett år, vilket är 9 460 730 472 580 km, nästan 10 000 000 000 000 km, dvs. ungefär 1 följt av 13 nollor! Vi kan också skriva det som 1E13 km. Förresten, den stjärna som är närmast jorden, Proxima Centauri, ligger 4,3 ly bort. Avståndet till molnet G034.77–00.55 från jorden är 9 458 ljusår! Avstånden till alla moln som vi undersöker i Stjärnjakten ges i Tabell A1; så du bör leta reda på avståndet till just det moln som du undersöker.

Nu kanske du vet att enheterna på ena sidan av en ekvation måste vara desamma som de på den andra sidan – de måste väga jämnt! Vad gäller avstånd, så ska vi också använda ljusår som enhet för filamentens storlek. Det innebär att vinkelavståndet, α , inte behöver ha någon enhet! Det slags vinklar som inte har någon enhet kallas ”radianer”. Det går 2π radianer på ett helt varv. Så vi måste nu omvandla bågsekunder till radianer.

$$2\pi \text{ radianer} = 360^\circ = 360 \times 60 \times 60 \text{ bågsekunder} = 1,296 \times 10^6 \text{ bågsekunder}$$

Så

$$1 \text{ bågsekund} = (2\pi/1,296 \times 10^6) = 4,85 \times 10^{-6} \text{ radianer}$$

Så vår slutliga formel för den sanna fysiska storleken s mätt i ljusår är:

$$s = (4.85 \times 10^{-6}) \times \alpha \text{ (bågsekunder)} \times d \text{ (ljus år)} \quad (1)$$

Låt oss se på det största filamentet i molnet G034.77–00.55 som exempel. Det har vinkelavståndet α 170 bågsekunder. Och kom ihåg att molnet ligger 9 458 ljusår bort. Så hur stort är detta filament? Stoppar vi in talen i formeln får vi: $s = 4,85 \times 10^{-6} \times 170 \times 9\,458 = 7,8$ ljusår långt!

Skriv ned den här formeln. Du kommer att behöva den i den här och alla andra uppgifter i Del 1 och 2 för att göra om vilket vinkelavstånd som helst till fysisk storlek.

21. Beräkna den fysiska storleken för alla de filament du har letat upp genom att använda ekvation (1). Att göra beräkningarna en och en kan bli ganska tröttsamt. För att göra det enklare, varför stoppar du inte in formeln i kolumn E i Tabell 1 på kalkylarket? Det påminner om vad vi astronomer gjort för dig i kolumnerna C och D (ett tips: du ska använda cell D2 och ekvationen här ovan tillsammans med storlekarna givna i bågsekunder i kolumn D).

Vad kan vi astronomer lära oss av din analys i Uppgift A?

När man har hittat en ny mörk formation på himlen vill astronomerna veta så mycket som möjligt om den. Med din analys hjälper du oss att samla in viktig information om de filament du just har hittat. Genom att sammanställa data från alla lagen och alla skolorna ska vi studera hur filamenten är riktade, inte bara i en enda del av himlen, utan längs hela Vintergatsplanet. Vi ska ta reda på hur många filament det i genomsnitt finns runt ett molekylnmoln, och vi ska undersöka vilka olika storlekar filamenten kan ha. Det testar olika hypoteser om de processer som styr bildandet av molekylnmoln och på så vis till slut bildandet av alla stjärnor i universum!

Vi kommer att diskutera mer med dig och visa dig vad du har hjälpt oss med att få fram när vi ses ansikte mot ansikte under Stjärnjakten!

Extrauppgift: Bubbeljakten

Som vi har nämnt tidigare kan de omgivningar där molekyln moln finns vara tätt packade. Inte bara mörka filament, men också ljusa objekt, som ofta ter sig som runda bubblor eller delar av bubblor, kan lätt hittas nära molekyln moln. Vanligen utgör dessa ljusa objekt antingen ställen där stjärnor redan lyser eller rester av stjärnor som nyligen har dött och lämnat efter sig resterna av explosioner som kallas supernovor. Vi kallar alla dessa objekt *galaktiska bubblor*. Det är viktigt för oss astronomer att hitta dessa bubblor för att se om de påverkar molekyln molnen. Det finns till exempel en teori om *igångsatt stjärnbildning*, där nya molekyln moln bildas genom att svepas upp av expanderande bubblor. Och då bubblorna kan peka på förekomsten av redan bildade stjärnor är det ännu en anledning att leta efter dem, så att vi kan lära oss precis hur stjärnor bildas ur molnen. Ligger till exempel mitten av en bubbla på ett filament?

Om du har tid över, så hjälp oss hitta bubblor runt det molekyln moln du har tilldelats!

På länken <http://cosmicorigins.space/starhunt> ser du hur man letar efter bubblor runt exempel molekyln molnet G034.77-00.55. **Vad vi ber dig göra** är att leta efter ljusa formationer på himlen och förse oss med en lista över sådana objekt. Kom ihåg! "Bubblor" kanske inte nödvändigtvis uppträder som hela cirklar, utan också som bågar.

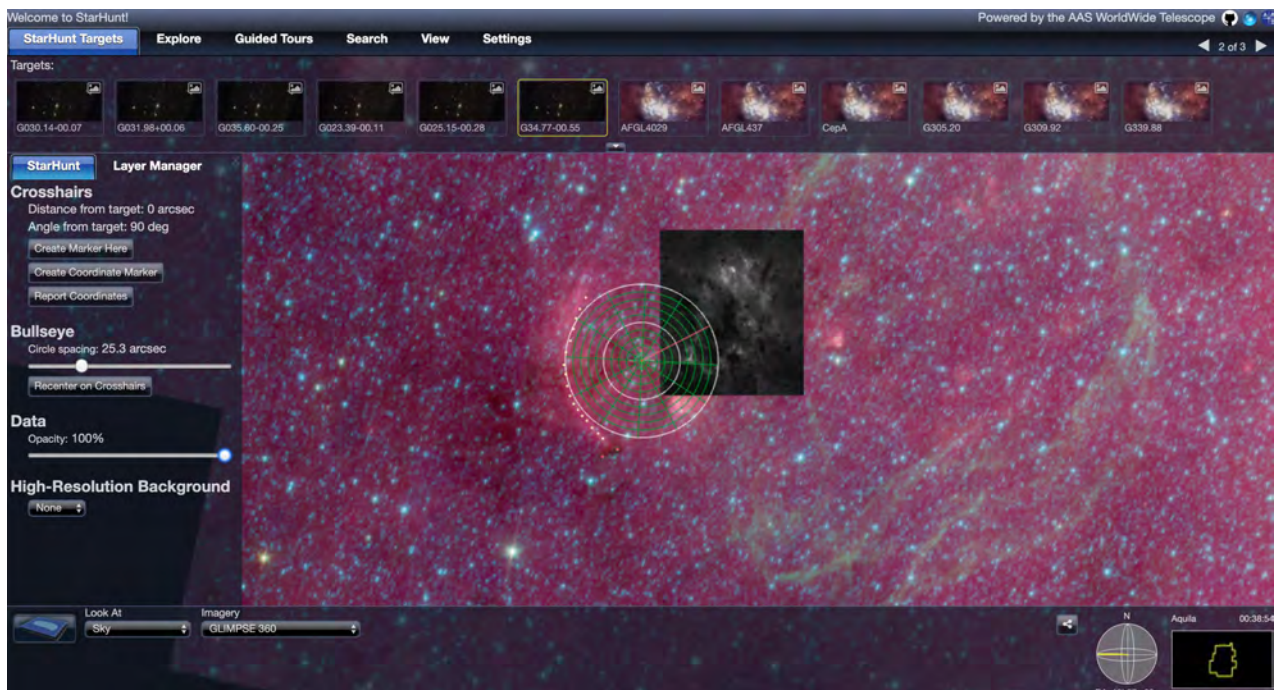
I den här uppgiften ska vi fylla i en tabell som ser ut så här:

Table 3			
RA (deg)	DEC (deg)	Angular Radius (arcsec)	Physical Radius (ly)

Du kan hitta den tabellen i kalkylarket "bubble".

I vår jakt på bubblor ska vi följa stegen nedan:

22. Öka femettans radie (bullseye) så långt det går.
23. Kan du se någon bubbla (eller en ljus bit av en cirkel) i området täckt av femettan (bullseye)?
24. För varje bubbla du ser placerar du en *koordinatmarkör* i dess mitt.



Figur 3.11: Ett exempel på bubbla som hittats runt molekylnmolnet G034.77-00.55. Femettan ligger på mitten av bubblan och har utvidgats till en radie motsvarande bubblans. Formen på bubblan visas av gula markörer.

25. Klicka på *Report Coordinates*, kopiera markörens koordinater och klistra in dem i nättabellen.
26. Med knappen *Create Marker Here* följer du formen hos den bubbla du hittat.
27. Nu är det dags att ta ett bra snapshot! (Kom ihåg att lägga in det i fliken *screenshots*.)
28. Flytta hårkorsen till mitten av en av bubblorna.
29. Klicka på *Recenter on Crosshairs*, ändra storleken på femettan så att du kan mäta vinkelradien på bubblan i bågsekunder. Beräkna den fysiska radien ur vinkelradien med hjälp av samma ekvation (1) och metod som du använde i Uppgift A. Gör detta för alla de bubblor du hittat.

Genom att följa alla dessa steg bör du se något som ser ut som det som visas i figur 3.11.

Din vetenskapliga åsikt.

Som vi sagt tidigare behöver vi leta efter galaktiska bubblor runt molekylnmoln för att testa idén att dessa har hjälpt till med att forma molekylnmolnet (och alltså också bilda en ny generation stjärnor) genom att svepa upp materia under sin expansion. Återigen måste vi formulera en hypotes och genomföra någon vetenskaplig analys som kan stödja eller motbevisa den.

Hypotes: Galaktiska bubblor är ljusa formationer som byggts upp av ljusstarka stjärnor eller supernovaexplosioner i nyligen avlidna stjärnor, vilka kan hjälpt till med att forma molekylnmolnet och bilda nya generationer stjärnor.

Första steget i vår analys är att förstå arten av de bubblor du har hittat, dvs. vi vill förstå om det finns stjärnor i centrum av bubblan.

30. Ändra din bakgrund till 2 mikron-bilden genom att klicka på High-Resolution Background och välja 2MASS.
31. Finns det någon ljus punktformad källa nära bubblans mitt? Om ja är det troligt att sådana är ljusstarka stjärnor som kan ha gett upphov till bubblan genom sina vindar eller strålning. Om det finns en stjärnhop i mitten, så kan det också vara så att bubblan kom till genom en supernovaexplosion i en av hopens medlemmar, som nu har försvunnit. Om det inte finns några påtagliga punktkällor, så kan bubblan vara resten av en supernova i en ensam, tung stjärna som sedan förstörts.
32. För att se om bubblan är en supernova, undersök hur det ser ut i röntgen genom att använda RASS: ROSAT All Sky Survey (röntgen). Supernovarester brukar vara ljusa i röntgenvåglängder!
33. Lämna dina svar på dessa frågor och eventuella andra observationer du vill kommentera i den därför avsedda rutan i kalkylarket "bubbles".

Till sist vill vi förstå om bubblorna har hjälpt till att bilda nya stjärnor. För att göra det måste vi förstå hur bubblornas läge på himlen hör samman med lägena för de filament vi hittade i **Uppgift A**. Bästa sättet att göra det är att jämföra den bild du framställde i **Uppgift A** med den du just gjort i **extrauppgiften**.

34. Försök lägga dessa bilder bredvid varandra. Ligger bubblorna långt från filamenten? I så fall har bubblan antagligen inte haft något inflytande på filamentet. Ligger något filament längs kanten på bubblan? I så fall har filamentet kanske uppkommit genom bubblans expansion som svept upp gas i det interstellära mediet. Ligger bubblans mitt på linje med några filament? (Du kanske behöver titta i större skala runt bubblan, eftersom bubblan kan ha förstört närliggande delar av filamentet.) I så fall uppkom bubblan sannolikt genom en stjärna eller stjärnor som bildats i filamentet. Om ett sådant fall är en supernova, så är det högst intressant, eftersom vi vet att det tar minst tre miljoner år för en nyfödd tung stjärna att bli supernova ... det skulle tala om för oss att filamentet är minst tre miljoner år gammalt! Lämna dina anteckningar om dina observationer och slutsatser ur denna undersökning till oss i nättabellen.

Genom att titta på resultaten av din analys, **tror du att hypotesen är sann eller falsk?** Berätta om din åsikt i den för det avsedda rutan i kalkylarket "bubbles" och motivera ditt svar.

Vad kan vi astronomer lära oss av din analys i Extrauppgiften?

Med din analys hjälper du oss att bättre förstå miljön i molekyln moln längs Vintergatsplanet. Vi ska sammanställa de data du skickats oss med dem från andra skolor, och vi ska använda dem för att undersöka:

- ★ Hur många molekyln moln ligger nära en supernovarest? Finns det exempel där supernovaresten tycks ha gett form åt molekyln molnet? Eller finns det exempel på molekyln moln som har fött en stjärna som senare exploderade som supernova?
- ★ Hur många ställen med tunga stjärnor, unga eller under bildande, finns det runt ett molekyln moln?
- ★ Hur stort är i genomsnitt avståndet mellan en bubbla och ett molekyln moln?
- ★ Hur stora är galaktiska bubblor? Har de likartade storlekar, eller skiljer de sig mycket?

Vi ska diskutera dessa frågor och visa dig vad du har hjälpt oss med att få fram när vi ses ansikte mot ansikte under Stjärnjakten!

Slut på Del 1

När du nu har slutat Del 1 har du full frihet att skicka oss de resultat du hittills har fått fram. Om du gör det, var snäll och ge filen namn efter din skola följt av numret på ditt lag, och Exercise 1 i slutet av filnamnet.

Del 2: Tunga stjärnors födelse

När vi nu vet allt om molekyln och deras omgivning är vi färdiga för att ta en närmare titt. Det viktigaste med molekyln är att de är stjärnors barnkammare. Varje stjärna bildas inne i ett molekyln. I Del 1 tittade vi på molnen på stora skalor för att få en idé om villkoren för molnen och stjärnorna att komma till. Nu, i Del 2, ska vi se närmare på ställen inne i molekyln där mycket tunga stjärnor fortfarande bildas – vi kallar dem tunga ”protostjärnor”. Vi vill till exempel bättre förstå om dessa viktiga, kraftfulla tunga protostjärnor bildas ensamma eller i stjärnfamiljer, stjärnhopar.

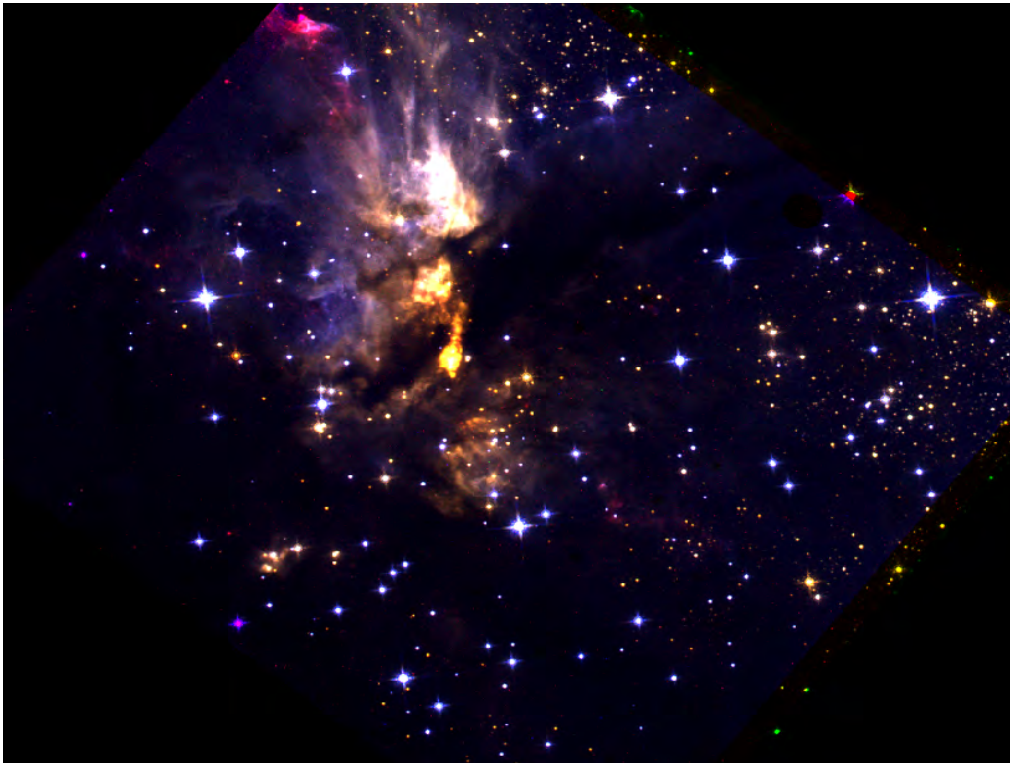
I detta avsnitt:

- Ska vi leta efter en stjärna som håller på att bildas (en ”protostjärna”) på himlen, och vi ska studera det objektet genom att se på de olika ljusvåglängder som det sänder ut.
- Genom att använda WWT-verktyg som *Bullseye* (femettan) och *Markers* (markörer) ska vi räkna hur många andra stjärnor som finns runt protostjärnan.
- Vi ska använda antalet och lägena för stjärnorna för att studera ”fördelningen av stjärnor” runt protostjärnan: Hur många stjärnor ligger mycket nära din tunga protostjärna? Är stjärnfördelningen koncentrerad runt den tunga protostjärnan? I så fall kan det ge oss en fingervisning om vilka villkor som krävs för att bilda tunga stjärnor.
- Till sist ska vi lära oss att uppskatta hur osäkra våra mätningar är; det kallas felanalys. Forskare använder det för att förstå hur pålitlig en mätning är.

Varför gör vi detta?

Som det sades i inledningen bildas stjärnor genom insamling av gas i en kollapsande gaskärna, via en snurrande insamlingsskiva, till en protostjärna i mitten. När protostjärnan samlar på sig materia från skivan ger den också upphov till våldsamma jetstrålar, dvs. utkastning av materia från skivans båda sidor som vi tror kollimeras av magnetfält till tunna strålar. I figur 3.12 kan vi se en av jetstrålarna från en protostjärna i rödaktiga färger, men skivan (och jetstrålen på den andra sidan) döljs av all gas och allt stoft i den kollapsande gaskärnan.

I den här forskningsdelen vill vi förstå hur miljön runt en protostjärna påverkar dess bildande. Speciellt vill vi förstå hur många stjärnor det finns runt tunga protostjärnor och hur de är fördelade. Den informationen låter oss testa olika idéer om hur tunga stjärnor bildas. Till exempel, kan tunga stjärnor bildas ensamma, eller behöver de alltid ha en omgivande hop av lättare stjärnor, som vår sol, som hjälper till att förse dem med gas ur molekylnet? Detta är viktigt för en allmän förståelse för utvecklingen hos vår galax och hela universum, eftersom tunga stjärnor producerar det mesta av de tunga grundämnena som krävs för liv! Vi vill också gärna veta hur vanligt det är för lättare stjärnor som vår sol att vara nära tunga stjärnor när de föds. Det finns en del tecken på att vår egen sol befann sig i ett sådant läge – hur speciell är solen?



Figur 3.12: Rymdteleskopet Hubbles (HST) bild av området G35.2-0.74N där tunga stjärnor bildas. Under stjärnbildningens gång pepprar protostjärnor sina omgivningar med kraftiga jetstrålar och utkastningar som kan ses i bilden i ljusa färger. Jetstrålarna färdas med mer än 500 km s^{-1} och är första steget för stjärnorna att förstöra det molekylnmoln som de fötts i.

Uppgift B: Leta efter stjärnor

Som exempel för denna uppgift använder vi den tunga protostjärnan G35.2-0.74N, som hittills har samlats på sig omkring tio gånger solens massa och som ligger på ett avstånd av 715 ljusår (ly). I figur 3.12 visar vi den stjärnbarnkammare där detta objekt håller på att bildas. I den här uppgiften ska vi också införa några enkla matematiska begrepp, som area, täthet, göra grafer och beräkna mätfel. Vi ska börja på ett liknande sätt som i Del 1 och utforska omgivningarna genom att följa dessa steg:

1. Öppna webbklienten genom att skriva in <http://starhunt.worldwidetelescope.org/> i **Google Chrome- webbläsaren** på din laptop eller surfplatta.
2. Se till att den förbestämda bakgrundsbilden är vald, dvs. *Digitized Sky Survey (Color)*.
3. Gå till **StarHunt Targets** och ladda upp din SOMA-källa genom att klicka på dess namn. Vårt exempel är G35.2-0.74N. Hur ser källan ut nu?
4. Utforska området: ser du något på platsen för din källa?

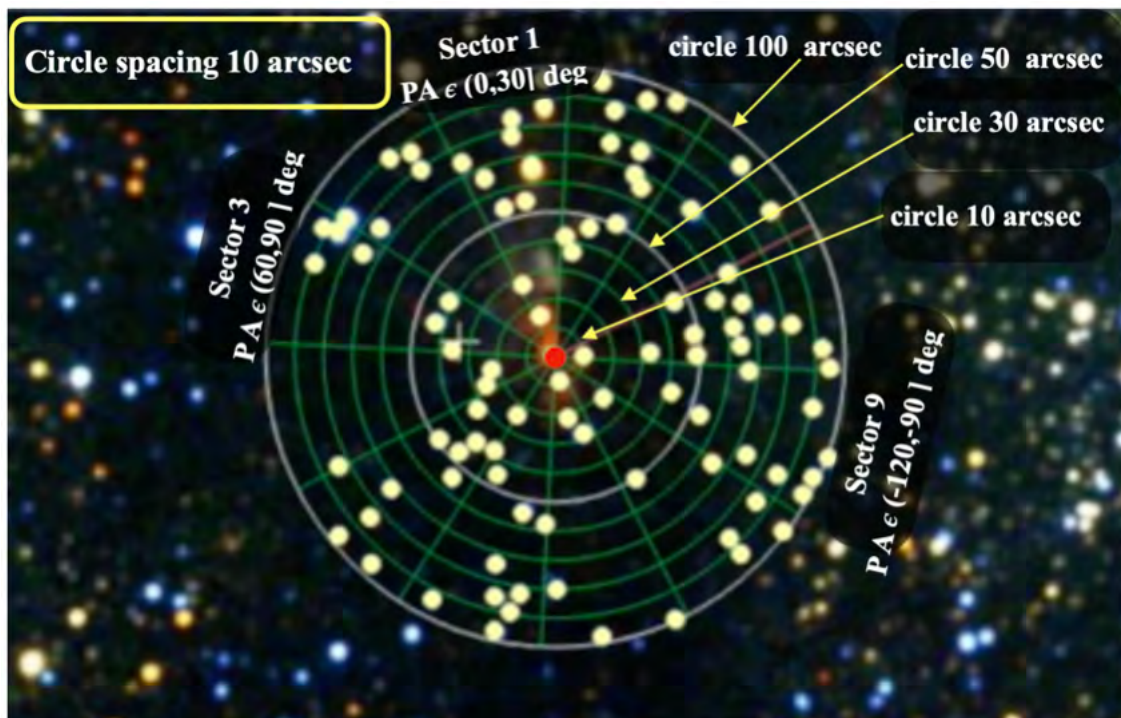
5. Välj i fliken **Imagery** *GLIMPSE 360*-bilden av himlen.
6. Utforska igen: vad ser du nu? Kan du säga var din källa finns och hur den ser ut?
7. Gå till **Data** och ändra genomskinligheten (**Opacity**) med hjälp av rullningslisten (opacity är raka motsatsen till genomskinlighet!).
8. Välj *2MASS* i fliken **High-Resolution Background**.
9. Justera genomskinligheten så att både din källa och *GLIMPSE 360*- eller *2MASS*-bilden kan ses. Beskriv vad du ser och gör en skärmdump av den bästa versionen! (*Kom ihåg att ladda upp skärmdumpar (screenshots) i fliken kalkylark (spreadsheet) så som det beskrevs på sidorna 6 och 7.*)

Om du minns från kompendiets inledning, så innebär att skifta bakgrundsbild från DSS (synligt ljus) till GLIMPS 360 (mitt i infrarött) att vad vi gör är titta på stjärnbildningsområdet vid allt längre våglängder. På så vis kan vi observera allt djupare in i molnet, som förmörkas av gas och stoft. Det du inte kan se vid en våglängd kan visa sig i en annan våglängd!

Tips: Om du ser att bilden ibland blir alldeles svart, zooma ut så kommer bilden tillbaka. Ibland samarbetar inte himlen och internet!

Den här forskningsdelen har en huvuduppgift och efterföljande analys.

10. Sök upp objektets centrum (WWT tar dig till centrum när du klickar på ditt objekt i fliken **StarHunt Targets**).
11. Sätt dit en röd markering på det centrala objektet genom att klicka på *Create Coordinate Marker*.
12. Ställ in cirkelavståndet på **10 bågsekunder** med rullningslisten *Circle spacing* (så får du totalt 100 bågsekunder att arbeta med).
13. I fliken **Data** för du rullningslisten *Opacity* till 0 %.
14. Sätt **High-Resolution Background** som *2MASS* med rullningslisten *Opacity* till 100 %.
15. Zooma in och börja räkna stjärnor! Se till att titta noga på bilderna för att kunna hitta också ljussvaga stjärnor.
16. Sätt en gul markör genom att klicka på *Create Marker here* för varje stjärna du ser på *2MASS*-bilden innanför cirkeln (se figur 3.13).
17. När du har gjort detta, ändra genomskinligheten i den högupplösta bakgrunden till ungefär 20 % (opacity). På så vis kan du jämföra med *GLIMPSE*-bilden. Sätt markörer på de stjärnor du missade! (Ibland syns stjärnor bättre i *GLIMPSE*-bildens längre våglängd.)



Figur 3.13: Femettan centrerad på stjärnbildningsområdet G35.2-0.74N. De olika sektorerna och cirkelarna är utmärkta. Gula markörer visar läget för stjärnor i bakgrundsbilden 2MASS (pricken i mitten är den tunga protostjärnan själv och ska inte räknas med).

När vi väl har jagat rätt på alla stjärnor i det utvalda området är vi färdiga att fylla i tabellerna och framställa graferna. Den här informationen är väsentlig för astronomerna då de behöver få veta stjärntätheten runt tunga protostjärnor för att testa teorier om bildningen. På länken <http://cosmicorigins.space/starhunt> hittar du videoexempel som kan hjälpa dig att genomföra uppgiften.

B:1 Räkna stjärnor i varje cirkel

Först och främst måste vi ta rätt på de olika cirkelradierna (vinkelradier från 10 till 100 bågsekunder) i det utvalda området. Titta på figur 3.13. Eftersom vi satte cirkelavstånden till tio bågsekunder vet vi att den minsta cirkeln motsvarar en vinkelradie på tio bågsekunder och den största 100 bågsekunder (se figur 2.3). De finns i kolumn A i Tabell 4.

Sedan måste vi göra om från vinkelradie till fysisk radie för varje cirkel. Till det använder vi ekvation (1) i Del 1, som för bekvämlighetens skull återges nedan (se sidan 18 för fler detaljer). För exemplet G35.2-0.74N, som ligger 715 ljusår bort har då den första cirkeln en vinkelradie på tio bågsekunder och en fysisk radie på 0,35 ljusår. Det ska du föra in i kolumn B i Tabell 4 för varje cirkel.

$$s = (4.85 \times 10^{-6}) \times \alpha \text{ (bågsekunder)} \times d \text{ (ljusår)} \quad (1)$$

Nu är det dags att testa den första hypotesen i denna uppgift:

Hypotes: Lätta stjärnor hopas runt tunga protostjärnor.

Enkelt uttryckt betyder det: finns det fler stjärnor per ytenhet eller volymenhet nära den tunga protostjärnan jämfört med typiska antal i området?

För att testa det räknar vi nu **antalet stjärnor i varje cirkel**. Om vi börjar i den minsta, så ser vi i vårt exempel att det finns två stjärnor där Fig. 3.13 (räkna inte den tunga protostjärnan i mitten!). Så räknar vi in en stjärna i den andra cirkeln. Vi fortsätter på samma sätt ut till den sista cirkeln, där vi räknar in 20 stjärnor. Detta skriver vi in i den kolumn C i Tabell 4. Så räknar vi fram summan innanför varje cirkel. Till exempel, om vi räknar två stjärnor i den första cirkeln och en i den andra, så vet vi att summan innanför den andra cirkeln är tre stjärnor. Det skriver vi in i Tabell 4 i kolumn D.

Tips: Om en stjärna ligger mitt på gränsen mellan två cirklar (ovanpå en linje), räkna den alltid som om den tillhör den mindre cirkeln.

Nu måste vi beräkna arean av varje cirkel, vilken ges av geometrins standardformel $\text{area} = \pi r^2$. I exemplet G35.2-0.74N har den innersta cirkeln med radien 0,35 ljusår arean 0,38 ly^2 . Se Tabell 4 för all information om G35.2-0.74N.

Nu beräknar vi "yttätheten av stjärnor" helt enkelt genom att dividera summan stjärnor innanför varje cirkel med dess area. Resultatet skriver vi in i tabellen i kolumn F. För G35.2-0.74N's första cirkel, där det var två stjärnor i en area på 0,38 ly^2 , är alltså stjärntätheten 5,26 stjärnor per ly^2 kolumn F. För G35.2-0.74N's första cirkel, där det var två stjärnor i en area på 0,38 ly^2 , är alltså stjärntätheten 5,26 stjärnor per ly^2 .

Vi är också intresserade av antalet stjärnor per volymenhet (stjärntätheten). Det liknar vad vi gjorde med ytan, men nu under antagandet att stjärnorna är sfäriskt fördelade. Kom ihåg att en sfärs volym är $(4/3)\pi r^3$. Skriv in resultaten i kolumnerna G och H. I Tabell 4 visar vi ett komplett exempel där antalet stjärnor per volymenhet har beräknats.

Om du tänker på den verkliga fördelningen av stjärnor i rymden, fundera då över vilken inverkan den kan ha på vår uppskattning av stjärntätheten (om t.ex. en del stjärnor helt enkelt ligger framför och bara av en slump hamnat i vårt område – vilken inverkan skulle det ha på uppskattningen av stjärntätheten?).

Nu kan vi med all denna information göra flera grafer. En som är mycket talande är att ge cirkelstorleken på x-axeln och yttätheten av stjärnor på y-axeln. På så vis kan vi upptäcka om det finns något överbefolkat område intill den tunga protostjärnan och testa vår hypotes. Vi visar ett exempel på sådan graf i figur 3.14. Du kan också rita upp cirkelstorleken mot stjärntätheten. Kan du avgöra om den föreslagna hypotesen är sann eller falsk? Du kan lätt göra alla dessa grafer med ditt kalkylark.

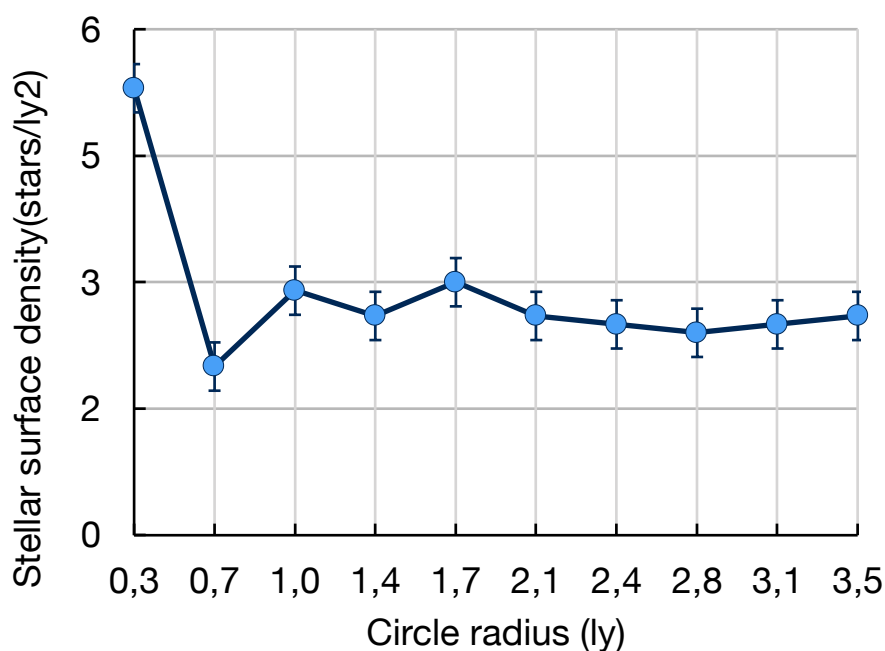


Figure 3.14: Grafisk framställning av yttätheten av stjärnor innanför varje cirkel. Felstaplarna visar räknefelet (Poissonfelet) i våra data (se avsnittet om felberäkning). Yttätheten av stjärnor (stjärnor/ly²)

Circle Angular Radius (θ) (arcsec)	Circle Physical Radius (r) (ly)	#stars	Sum	Area (πr^2) (ly²)	Stellar surface density (stars/ly²)	Volume ($\frac{4}{3}\pi r^3$) (ly³)	Stellar number density (stars/ly³)
10	0,35	2	2	0,38	5,26	0,18	11,33
20	0,70	1	3	1,52	1,97	1,41	2,12
30	1,04	7	10	3,42	2,92	4,77	2,10
40	1,39	6	16	6,09	2,63	11,30	1,42
50	1,74	13	29	9,51	3,05	22,06	1,31
60	2,09	7	36	13,70	2,63	38,13	0,94
70	2,44	11	47	18,64	2,52	60,54	0,78
80	2,78	11	58	24,35	2,38	90,38	0,64
90	3,13	20	78	30,82	2,53	128,68	0,61
100	3,48	20	98	38,04	2,58	176,51	0,56

Tabell 4: Exempel på antalet stjärnor per volymenhet.

B:2 Räkna stjärnor i varje sektor

När vi väl har räknat antalet stjärnor i varje cirkel kan vi pröva en annan viktig hypotes:

Hypotes: Det finns en föredragen riktning till stjärnorna som omger den tunga protostjärnan.

Den här hypotesen motiveras av mekanismerna när tunga protostjärnor bildas. Vi skrev att protostjärnor under bildande sprutar ut kraftiga jetstrålar i vissa riktningar i deras omgivning, vilket kan göra om miljön. Det kan ha flera följder. Jetstrålarna kan till exempel rensa upp i stoftet och på så vis göra det lättare att se stjärnor i vissa riktningar. Om det är så skulle vi se fler stjärnor i riktningar åt samma håll som den protostellära jetstrålen går (åtminstone den som är på sidan vänd mot oss). Det skulle då betyda att det faktiskt finns en massa stjärnor i andra riktningar, men helt enkelt dolda av stoftet i den kollapsande kärnan. Eller också kan flera stjärnor i vissa riktningar bero på att det storskaliga molnet är utdraget, som ett filament, och stjärnorna bildas i första hand på sådana ställen. För att pröva den idén skulle vi också behöva titta på den större skalan och se efter om det finns mörka filament i de riktningarna. Eller så ligger stjärnorna slumpartat utströdda, utan någon särskilt utvald riktning.

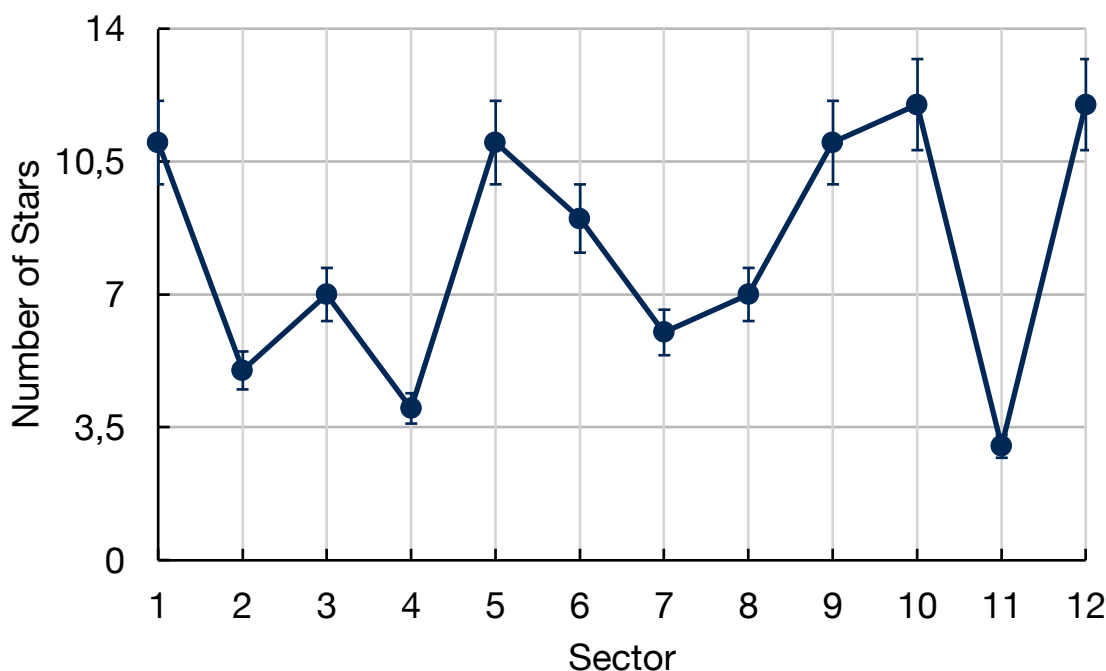
Circle Sector	#stars
1	11
2	5
3	7
4	4
5	11
6	9
7	6
8	7
9	11
10	12
11	3
12	12
TOTAL	98

För att testa hypotesen ska vi räkna **hur många stjärnor det finns i varje sektor**.

Vi har till exempel 11 stjärnor i *sektor 1*, medan vi har tre stjärnor i *sektor 11*, se Figur 3.13. Vi räknar stjärnorna i varje sektor och för in resultatet i tabellform i Tabell 5.

Alltså ska vi göra en graf med informationen i tabellen. Till det tar vi sektornumret (från 1 till 12) som *x*-axel och antalet stjärnor som *y*-axel (tänk på att alla sektorerna har samma area). Ett exempel på en sådan graf ges i figur 3.15. Detta är väsentlig information för astronomerna för att avgöra om det finns eller inte finns någon föredragen riktning eller plats för stjärnor i stjärnbarnkammaren. Vad skulle du säga? Finns det något utvald riktning där det finns fler eller färre stjärnor?

Tabell 5: Sektorsummering för Stjärnjaktens exempel.



Figur 3.15: Grafisk framställning av antalet stjärnor per sektor. Felstaplarna visar räknefelet (Poissonfelet) i våra data (se avsnittet om felberäkning).

Tips: Förvissa dig om att totalantalet i de båda tabellerna (Tabell 4 och 5) är detsamma! I vårt exempel har vi sammanlagt 98 stjärnor.

För att fullborda uppgiften, glöm inte att skicka oss din tabell med alla dina grafer och skärmdumpar (tillagda i tabellen) så som vi förklarade på sidorna 34 till 36.

Extrauppgift: Felberäkning och felstaplar

Den enklaste felkällan i en given fördelning är det så kallade räknefelet eller Poissonfelet. Det får man helt enkelt som kvadratroten ur det antal objekt (stjärnor) som du räknat. Om du till exempel har räknat 100 stjärnor så har du ett Poissonfel på $\sqrt{100} = 10$. Så ditt resultat är 100 ± 10 . Det betyder att vi har kunnat bestämma stjärnantalet (och därmed yttheten och volymttheten) med en noggrannhet på $10/100 = 0,1$ (dvs. 10 %). Men om du bara räknat till tre stjärnor? Hur säkra kan vi vara på din mätning?

Om du har tid, så uppskatta felen i dina räknemätningar i både cirkelarna och sektorerna. Det procentuella felet hos dessa tal kommer att vara samma procentuella fel i yttheterna och volymttheterna av stjärnor. Vi har ritat in dessa felstaplar i våra grafer, se Figur 3.14. Se om du kan göra detsamma! För att få veta mer om detta, se på dokumentet Extra Activities på startsidan för

Stjärnjakten: <http://cosmicorigins.space/starhunt> och/eller vi kan diskutera det under vårt samverkansmöte!

Vad kan vi astronomer lära oss av din analys?

De här områdena har inte tidigare undersökts i den detalj som du har gjort. Med din hjälp och möda kommer vi att kunna avgöra om en tung stjärna bildas isolerad eller är omgiven av en stor svärm lättare stjärnor. Vi får också reda på om stjärnorna radar upp sig längs den kraftiga jetstrålen eller inte. Det blir mycket intressant att se om antalet stjärnor som hittats av olika lag och olika skolor är jämförbara eller inte! Det berättar för oss hur olika lag kan fokusera på olika aspekter av samma område. All information som ges är värdefull, och vi kommer att använda den med stor omsorg. Tack ska du ha! Vem vet om du gör 21a århundradets stora upptäckt?

Extraaktiviteter för Stjärnjakten

Vill du kanske utforska mer?

Vi har förberett några extra aktiviteter så att du kan försöka hjälpa till med utforskningen av universum och få en ännu bättre uppfattning om ditt forskningsarbete hittills. Se dokumentet Extra Activities på startsidan för Stjärnjakten:

<http://cosmicorigins.space/starhunt>

Forskningsmetodik



Introduktion

Forskning är en metod för att få ny kunskap. Vetenskaplig forskning ämnar göra detta på ett så noggrant övervägt och ordnat sätt som möjligt. Genom att formulera hypoteser som är möjliga att testa, och därmed bevisa eller motbevisa, kan man undersöka om de är korrekta. Forskningsmetoder bör vara så objektiva som möjligt. Vetenskapliga metoder som till exempel insamling, analys och tolkning av data, skall vara fria från förutfattade uppfattningar och individuella åsikter. Dessa metoder måste även vara strukturerade, ordnade och repeterbara.

Vetenskapliga metoder har varit avgörande för att utöka vår kunskap om världen och för vår teknikutveckling. Metoderna är grundläggande verktyg som kan hjälpa oss att lösa problem och svara på frågor. Beroende på forskningsfält kan de vetenskapliga metoderna se lite annorlunda ut. Till exempel finns det ofta skillnader mellan metoderna inom samhällsvetenskapen och naturvetenskapen. Även inom naturvetenskapliga områdena kan det finnas viktiga skillnader. Experiment inom fysik och kemi är ofta kontrollerade och repeterbara, medans experiment inom astronomi och geologi kanske inte är det.

Vetenskapliga metoder kan delas in i:

Kvantitativa metoder, där man gör experiment, observationer och mätningar som leder till insamling av kvantitativa data för att testa hypoteser. Dessa metoder används vanligtvis av naturvetenskapliga forskare, men vissa samhällsvetenskapliga forskare använder dem också.

Kvalitativa metoder, där man registrerar beskrivande observationer av enskilda fenomen och händelser. Dessa observationer kan vanligtvis inte ge kvantitativa mätningar.

Det är inte ovanligt att kombinera flera olika vetenskapliga metoder i en forskningsundersökning. Forskning som kombinerar kunskap och metoder från olika vetenskapsgrenar kallas för tvärvetenskaplig.

Det finns också en skillnad mellan grundforskning och tillämpad forskning. Syftet med grundforskning är att öka den generella kunskapen inom ett visst område. Tillämpad forskning utförs generellt av en extern part, till exempel en myndighet eller ett företag som vill hitta svar på ett specifikt problem. Gränsen mellan grundläggande och tillämpad forskning är dock inte helt klar - grundforskning leder ofta till tillämpad forskning och vice versa.

De viktigaste stegen i den vetenskapliga metoden är att ställa en fråga, skapa en hypotes om vad du tror att resultatet kommer att bli, designa experiment som testar denna hypotes, samla in experimentella data, analysera data och sedan - baserat på de slutsatser du har dragit - acceptera din hypotes eller skapa en ny.

I vetenskapliga undersökningar - till exempel när vi beräknar, observerar och sorterar information - är det viktigt att man utformar undersökningen så att den faktiskt mäter vad den ska mäta. Det kan låta uppenbart, men så är inte alltid fallet. De vetenskapliga metoderna med alla sina olika, väl definierade steg och krav på detaljerad rapportering av metod, analys och resultat har utvecklats för

att vara så oberoende som möjligt. Metoderna gör också att man kan undvika fel och minimerar möjligheten att forskarens personliga åsikter kommer att färga undersökningen. Men saker kan mätas på olika sätt och kan ge olika svar, bland annat beroende på utgångspunkt och teoriformulering. Detta är en anledning till att även forskare som arbetar med liknande frågor kan komma till olika resultat och ibland dra olika slutsatser. Traditionen att ifrågasätta slutsatser och den ständiga diskussionen inom forskarsamhället om nya resultat bidrar till ytterligare framsteg i forskningsinsatserna.

En annan avgörande sida av vetenskaplig forskning är erkännandet av att det alltid finns en viss osäkerhet. Till exempel finns det alltid en viss grad av mätfel, som kan inkludera statistiska / insamlings / slumpmässiga fel (t.ex. på grund av få mätpunkter eller slumpmässiga fluktuationer som kontaminerar en mätning) och systematiska fel (t.ex. på grund av kontamination eller bias i ett prov som tenderar att gå i en viss riktning och då ger vilseledande resultat). Därför är en utmärkande egenskap i vetenskaplig kunskap att även om "fakta" kan fastställas, t.ex. efter att upprepade experiment bekräftar en hypotes, finns det åtminstone en liten chans att hypotesen faktiskt inte är korrekt och kan ändras av något framtida, bättre experiment som leder till en mer exakt hypotes eller teori. Dock skulle denna nya, förbättrade teori fortfarande behöva kunna förklara alla tidigare experimentella resultat. Därför måste vetenskapliga teorier vara öppna för att falsifieras om nya motstridiga resultat upptäcks. På detta sätt testas och förbättras kontinuerligt anhopningen av vetenskapliga hypoteser och teorier, som utgör den vetenskapliga kunskapsbanken.

Stjärnjakten - årets projekt i "Forskarhjälp" - handlar om att studera processen för hur stjärnor i vår galax föds ur moln i rymden mellan stjärnorna (vi kallar dem interstellära moln). Stjärnjakten kategoriseras som vetenskaplig grundforskning. Eleverna kommer att utforska sina egna tilldelade regioner med interstellära moln i vår galax. Det kommer att involvera en kombination av kvalitativa och kvantitativa vetenskapliga metoder. Genom att samla in och analysera data från många olika regioner där stjärnor bildas kommer vår kunskap om miljöerna kring täta molekylära gasmoln öka (till exempel: påverkas de av yttre påverkan, såsom supernovaexplosioner?). Vi kommer också öka vår kunskap om områden där mycket massiva stjärnor bildas (till exempel: bildas tunga stjärnor alltid omgivna av en tät klunga av lättare stjärnor, och vilka egenskaper har i så fall sådana stjärnhopar?). Elevernas resultat kommer att bidra till ökad generell kunskap om vår galax och särskilt om hur av nya stjärnor bildas, vilket i slutändan kan hjälpa oss att förstå ursprunget till vår egen sol och dess planeter bättre.

Projektet bygger på att analysera bilder tagna av olika teleskop som finns på jorden eller i rymden. Bilderna kommer att tillhandahållas via den webbaserade World Wide Telescope plattformen, som är sammankopplat med databaser hos NASA (USA:s National Aeronautics and Space Administration, NASA (amerikanska rymdstyrelsen) och European Space Agency, ESA (den europeiska rymdorganisationen). Teleskopen vi använder oss av har olika egenskaper. Till exempel kan de mäta ljusstrålningen från de interstellära molnen i olika våglängder, allt från röntgen- till radiovågor. Beroende på vilken den analyserade våglängden är, kan man detektera olika fenomen i de interstellära molnen.

Professor Jonathan Tan arbetar vid Institutionen för rymd-, geo- och miljövetenskap vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg, där han samarbetar med postdokforskarna Dr. Giuliana Cosentino och Dr. Rubén Fedriani. Deras forskning handlar om stjärnors liv och död, med speciellt fokus på tunga stjärnor och stjärnhopar. Tunga, eller massiva, stjärnor, dvs de med mer än åtta gånger solens massa, dör som supernovor. Supernovaexplosioner genererar många kemiska föreningar som är nödvändiga för att skapa planeter och därmed liv. Deras forskning ämnar göra det möjligt för oss att bättre förstå stjärnornas livscykel och därmed också hur planeter och liv har uppstått. Nedan illustrerar vi Stjärnjaktens arbete med den vetenskapliga metoden. Vi kommer att använda ett pedagogiskt och något förenklat process-resultat-diagram över den vetenskapliga metoden. Processen går igenom stegen: hypotes-experiment-resultat-analys-slutsats. Bredvid varje steg finns en förklarande kursiv text skriven av Skolverket.

Frågeställning/problem

När du startar en vetenskaplig undersökning börjar du med en fråga. I Stjärnjakten är vår övergripande fråga: Hur föds stjärnor? I den första delen av projektet studerar vi täta så kallade molekylnmoln. I dessa kan vi vänta oss att stjärnhopar kan bildas i framtiden. Här är den övergripande frågan: Vilka processer påverkar molekylnmolnens omgivningar? I den andra delen av projektet studerar vi ställen där stjärnor med stor massa håller på att bildas: de kallas *protostellära kärnor*. Här är den övergripande frågan: Kräver födelsen av massiva stjärnor närvaro av ett omgivande kluster av stjärnor med lägre massa?

Här beskrivs ett avgränsat problem/frågan man vill ha svar på. Beskrivningen ska vara kortfattad men ändå tillräcklig för att någon som inte vet något om problemet ska kunna förstå. Tänk på att formulera på ett sådant sätt så att det går att diskutera resultatet i slutsatsen. /Skolverket

Att formulera en hypotes

När du ställer en fråga är det viktigt att formulera en hypotes. Det är egentligen bara ett annat sätt att ställa frågan, men du skriver den på ett sådant sätt att du kan testa den.

I den första delen av projektet är vår övergripande hypotes som följer. Täta molekylnmoln påverkas vanligtvis av processer som pågår runt omkring dem. Omgivningarna påverkas av nyfödda stjärnor, bubblor i rymden som uppstår tack vare stjärnvindar, och supernova-explosioner. Alla dessa processer kan ligga bakom att interstellär gas har samlats ihop för att bilda det täta molekyllära molnet. Om den här hypotesen bekräftas kan det innebära att födelsen av nya stjärnor utlöses av tidigare generationer av massiva stjärnor. Alternativet är att molnen istället är relativt isolerade från påverkan utifrån. Det kan indikera att när stjärnor bildas är det ett resultat av processer som har att göra med molekylnmolnen själva. Att nya stjärnor kommer till utan extern påverkan, med andra ord.

I den andra delen av projektet är vår övergripande hypotes en annan. Tunga protostjärnor hittar man alltid i mitten av en tät stjärnhop som består av lättare stjärnor. Detta är en förutsägelse från en teori om hur tunga stjärnor bildas. Idén föreslogs för ungefär 20 år sedan och är känd som "competitive accretion"

(ungefär: en tävling om att samla på sig materia). Enligt en alternativ teori, känd som "core accretion", finns ingen anledning att tro att tunga protostjärnor omges av en sådan klunga av lätta stjärnor.

Här beskrivs lite bakgrund till problemet/frågeställningen och motiverar varför ni genomför undersökningen. Sätt undersökningen i ett sammanhang. Berätta gärna om resultat från tidigare forskning. Läsaren får en förklaring till varför området är intressant och hur ni kan bidra till ökad kunskap om det. /Skolverket

Metod

Det finns många bilder tagna i olika ljusvåglängder från våra samlingar av molekyllära moln och tunga protostjärnor och de är tillgängliga via verktyget World Wide Telescope (WWT). Först kommer vi att lära oss att navigera i himlen, dvs. "Celestial Sphere" i WWT-verktyget.

Vi kommer sedan att analysera bilderna från områdena som innehåller molekyllmoln på ett systematiskt sätt för att bedöma om det finns närliggande bubblor, skapade av stjärnvindar, eller rester efter supernovaexplosioner. Målet är att identifiera de närmaste exemplen på sådana fenomen och kvantitativt mäta avståndet till molnet och storleken på eventuella bubblor eller supernovarester. Genom att undersöka bilder tagna i olika våglängder kan man identifiera bubblor och/eller supernovarester.

När vi studerar protostjärnor kommer vi att granska bilder tagna i infrarött ljus. När vi tittar i infrarött ljus är det lättare att få syn på unga stjärnor med lägre massa som kan finnas i närheten. Vi kommer att definiera områden med olika storlekar (cirkelringar och sektorer) med den tunga protostjärnan i mitten. Vi räknar sedan hur många lätta stjärnor som finns på olika avstånd från den massiva protostjärnan och i olika vinklar. Utifrån hur många stjärnor vi hittar kan vi sedan uppskatta det totala antalet som finns.

Vi kommer att tänka igenom möjliga felkällor för båda delarna av projektet.

Här beskrivs undersökningsmetod. Om det är en kvantitativ och eller kvalitativ metod. Beskriv om ni utfört kontrollförsök. Beskriv vilka felkällor ni kan komma på. Beskriv material och mätutrustning. Om ni gjort enkäter eller intervjuer bifoga dem. /Skolverket

Undersökningen

Undersökningen ska följa de beskrivna metoderna. Det finns vissa faser på vägen, där mellanresultat samlas ihop och övervägs för att nå en avslutande slutsats.

Beskriv hur ni genomförde undersökningen Komplettera gärna med bilder och figurer. /Skolverket

Resultat och analys

Varje elevteam bör uppnå några kvalitativa och kvantitativa resultat. Kvalitativa resultat kommer att innehålla en allmän beskrivning av de kännetecken som de såg på bilderna. Kvantitativa resultat inkluderar avstånd och storlekar på eventuella bubblor och supernovarester som hittades och antalet omgivande

lätta stjärnor som finns runt de tunga protostjärnorna och deras fördelning i rymden.

Forskarna kommer att sammanställa de övergripande resultaten från alla skolklasser och ge återkoppling som innehåller resultat från alla områden i Vintergatan som har studerats.

Här redovisas mätdata i t ex tabeller- och diagram. Kvalitativa data redovisas genom t ex lämpliga citat från intervjuer. Har man mycket data kan man välja att redovisa endast det som är relevant för analys och slutsats. /Skolverket

Analys / diskussion av data

Det kommer att finnas möjlighet till analys/diskussion av data från varje studentteams projekt. De kommer att tolka bilderna med vägledning och stöd från forskarna i projektet. De kommer i synnerhet kunna resonera kring giltigheten i de ursprungliga hypoteserna. Eventuella osäkerhetskällor bör också diskuteras.

Sammanställningen av alla analyserade objekt i varje kategori möjliggör en mer generell analys och slutsatser om hur stjärnor bildas inom molekylnmoln, och hur tunga stjärnor bildas. Därmed kommer dessa elevprojekt ge ett viktigt bidrag till detta forskningsämne.

Beskriv med ord vad resultatet visar. För en diskussion om resultaten. Här tolkar ni resultaten. Hur stora och relevanta är era felkällor? Behöver man studera frågeställningen vidare? I så fall, hur? Vilken betydelse har era resultat och er slutsats?

Diskussionen och frågeställningen är den mest kreativa delen av en vetenskaplig undersökning. /Skolverket

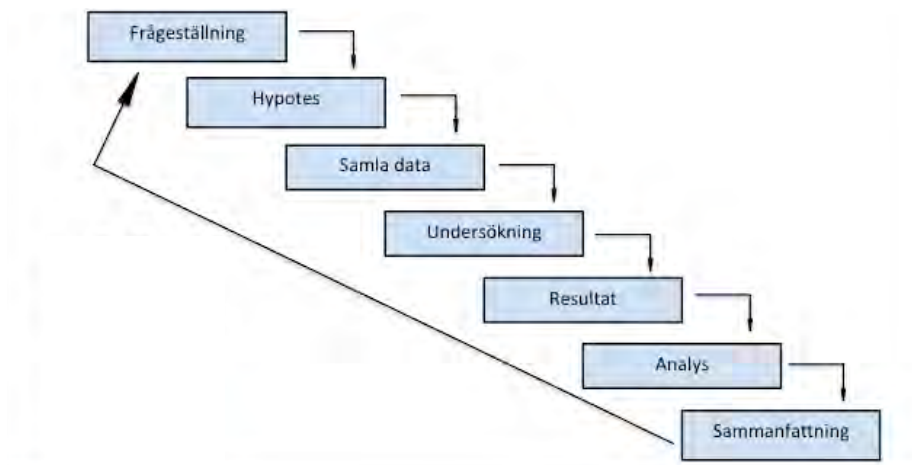
Slutsats

Här sammanfattar eleverna sina resultat, i synnerhet i relation till de frågor som tas upp i de ursprungliga hypoteserna. Forskarna kommer att tillhandahålla riktlinjer för elevernas slutsatser och kommer också att undersöka om dessa har lett till nya frågor och idéer för eventuella framtida undersökningar. Forskarna kommer också att utvärdera om de har fått tillräckligt med bakgrundsdata för en vetenskaplig artikel.

Ska vara kort. Sammanfattning av det ni kom fram till under diskussionen. Tänk på att ni skriver så att den svarar på frågeställningen. Var tydlig med om era slutsatser är tillförlitliga med tanke på era felkällor. Tänk på att man ska kunna läsa inledning och slutsats och få en bild av vad ni har undersökt. /Skolverket

Sprida kunskap

Studenterna kommer att sprida/visa sina postrar i skolan, på Nobelprismuseet och i olika sociala miljöer. Det kan också förekomma pressmeddelanden till lokala tidningar, lokala radiostationer och så vidare. Forskarna kommer att skriva en vetenskaplig artikel och presentera sina resultat i form av föreläsningar eller med hjälp av postrar på konferenser riktade till en vetenskaplig publik, men också i andra relevanta sammanhang där resultaten kan vara användbara.



Referens

<https://www.skolverket.se/download/18.6011fe501629fd150a292c8/1530883630960/Strukturen%20i%20en%20naturvetenskaplig%20rapport.pdf>

Tips på mer information om den vetenskapliga metoden

Exempel på de olika stegen i den vetenskapliga metoden:

<http://www.storyboardthat.com/sv/articles/e/vetenskaplig-metod>

Exempel DNA molekylen och Nobelpristagare:

<http://www.storyboardthat.com/sv/storyboards/sv-examples/vetenskapliga-metoden-med-dna>

**Klartänkt Filmer om vetenskaplig metod och kritiskt tänkande +
Lärarhandledning**

<https://nobelprizemuseum.se/sv/skola/lararhandledningar/klartankt/>

Att rapportera forskningsresultat

När forskare gjort en mängd experiment och fått resultat som leder till nya slutsatser så vill de dela med sig av detta till andra forskare och till omvärlden. Det är på så sätt forskningsresultat sprids och kan nyttjas som bas för andra forskare att bygga vidare på.

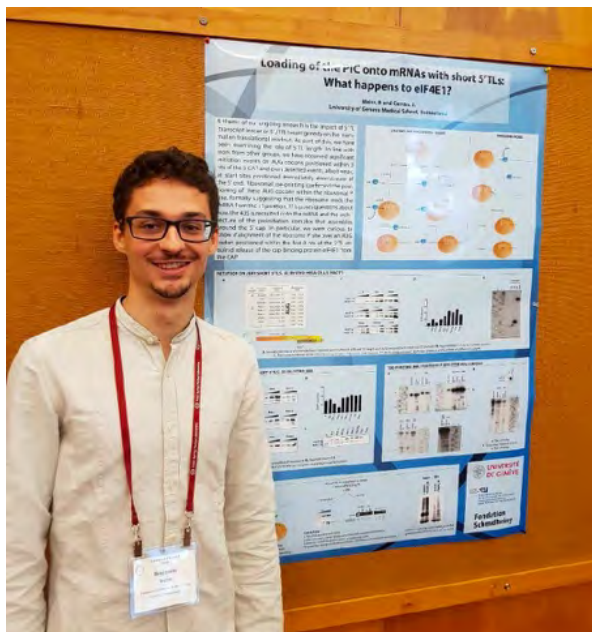
Forskare sprider sina forskningsresultat och slutsatser via referee-granskade artiklar som de publicerar i vetenskapliga tidskrifter. Det finns en mängd ämnesspecifika internationella tidskrifter som har olika hög status. Det är viktigt för forskare att publicera sina resultat. Forskare bedöms hela tiden och en viktig aspekt är hur produktiva de är vad gäller publicering av resultat. Får man ut många artiklar med viktiga resultat har man också större chans att få vidare finansiering av forskningsråd och attrahera nya studenter.

I princip alla vetenskapliga artiklar skrivs på engelska och inkluderar ett antal figurer som visar de experimentella resultat man fått. Man ska också ha med en beskrivning hur man gjort experimenten i detalj (så andra kan upprepa) och en referenslista med tidigare artiklar som utgör bakgrunden för studien. Allt som man vill publicera granskas först av andra forskare (peer-review eller referee-granskning) och ofta får man skriva om och göra fler experiment innan artikeln godkänns för publicering. Ibland blir manuskriptet refuserat av tidskriften, och då får man tänka efter, göra fler experiment för att förbättra studien, och sedan skicka en ny version till en annan tidskrift. Ofta tar det cirka ett halvt år från att en artikel skickas in till en tidskrift, tills man får den accepterad och sedan mera tid innan den är i tryck. Idag kräver många finansiärer att man köper till så

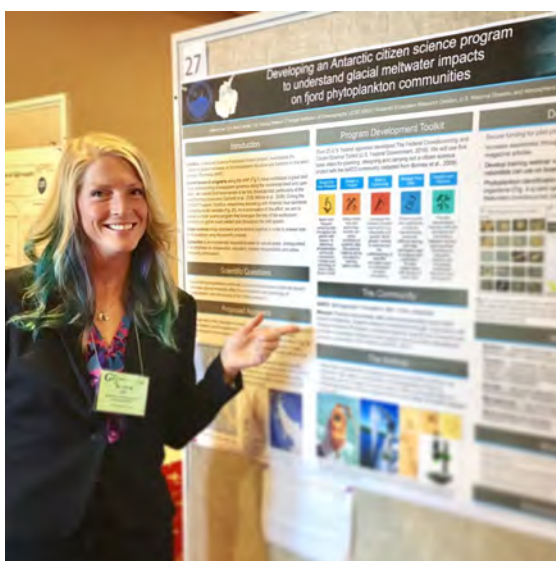


kallad Open Access då man publicerar, så man gör artikeln fritt tillgänglig för allmänheten oberoende om tidskriften annars bara kan läsas av prenumeranter.

Ett annat viktigt sätt att sprida sina resultat och få nya idéer är att åka på konferenser. Konferenser har ofta ett tema, t ex proteinveckning eller förnybara bränslen, och kan vara små (från 50 deltagare) till jättestora (flera tusen deltagare). Dessa konferenser annonseras långt i förväg så att forskare ska kunna boka in att åka och ansöka om att få hålla en föreläsning i programmet. Oftast håller en konferens på under 3–5 dagar med fullspäckt schema. Dagarna är fulla av föreläsningar där utvalda forskare på 20–30 min beskriver sina resultat via en Powerpoint presentation. Språket är engelska och det är oftast en kort frågestund efter varje föreläsning där publiken får ställa frågor. Under en del av dagarna, ofta eftermiddag eller kväll, brukar konferenser arrangera så kallade postersessioner.



En poster, eller affisch, innehåller en beskrivning av forskarens forskning via text och bilder på ett inbjudande och förklarande sätt. Forskaren som gjort postern ska stå vid sin poster en del av postersessionstiden och då kunna förklara vad som gjorts mer i detalj för andra intresserade forskare som går förbi. Samtidigt ska postern vara självförklarande då man ska kunna läsa och förstå även när presentatören inte är där. Enligt ett schema kan man se när presentatörerna ska stå vid vilka postrar så man kan planera om man vill träffa ägaren till någon viss poster.



Alla postrar som visas beskrivs i konferensprogrammet där också schemat för alla föreläsningar ges. En poster beskrivs i ett program med titel, namn och ett kort abstrakt om innehåll, samt att postern har ett nummer (så man kan hitta) och tidpunkt (när ägaren ska stå där). Konferenser har många fler postrar än de har föreläsare. Posterpresentationer är alltså ett sätt för fler forskare att presentera sina resultat, och för mindre erfarna forskare och studenter att få visa vad de gjort. De yngre blir oftast inte inbjudna som talare på stora konferenser.

Postersessioner brukar ofta vara livliga och trevliga sessioner med mycket folk och en massa diskussioner och skratt. Ofta bjuder konferensens organisatörer på dricka och snacks under tiden. Ofta delas ett posterpris ut i slutet av konferensen då alla har visat sina postrar. Priset baseras på en kombination av utformning av postern, de vetenskapliga resultaten, och hur väl personen kunde förklara sin forskning. Postrarna görs på stora papper som man rullar ihop och tar med sig i resväskan. Idag kan man ofta göra klart postern som en fil på ett USB och skriva ut den på plats på konferensen så man inte behöver frakta den.

Ordlista

A

Absoluta nollpunkten: Den lägsta temperatur som det är möjligt att nå i naturen. Den motsvarar $-273,17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Absorptionsspektrum: Den elektromagnetiska strålning som passerat ett ämne och sedan uppvisar mörka linjer beroende på absorption av bestämda våglängder.

ALMA: En akronym för Atacama Large Millimetre/Sub-millimetre Array. Det är en samling av 60 radioteleskop uppställda i Atacamaöknen som samverkar med att observera himlakroppar. ALMA är ett teleskop som observerar våglängder i millimeterområdet och strax därunder.

Astronomi: Den vetenskapsgren som handlar om studiet av himlakroppar, rymden och hela universum.

Atmosfär: Gashöljet runt en planet, som jorden, eller någon annan himlakropp. Visste du att Saturnusmånen Titan har en tät atmosfär?

Atom: Den minsta beståndsdelen av ett grundämne. Den har en kärna uppbyggd av protoner och neutroner samt elektroner som kretsar runt kärnan.

B

Beboeliga zonen: Ett område i rymden där villkoren är som bäst för liv att uppstå. Vanligen avses det område runt en stjärna där temperaturen tillåter vatten att vara flytande.

Big bang: Den "explosion" som skapade universum för nästan 14 miljarder år sedan.

Bågminut: En vinkelenhet som är $1/60$ av en grad. Betecknas '.

Bågsekund: En vinkelenhet som är $1/60$ av en bågminut och alltså $1/3600$ av en grad. Betecknas ''.

C

Chandra: Kallas också Chandra X-ray Observatory. Chandra är ett rymdteleskop som observerar röntgenstrålning från universum.

D

Deklination: Vinkelavståndet från en himlakropp på himmelssfären till himmelsekvatorn. Används tillsammans med rektascension för att ange en himlakropps läge på himmelssfären.

Dubbelstjärnor: System av två stjärnor som kretsar runt det gemensamma masscentrum.

E

Ekliptikan: Ekliptikan är den bana som solen följer över himmelssfären; på ett år gör den ett helt varv. Fast egentligen är det ju jorden som kretsar runt solen.

Ekvatoriella koordinatsystemet: Ett system använt av astronomer för att ange himlakroppars läge på himlen genom dess koordinater, två vinklar benämnda rektascension och deklination.

Elektromagnetiska vågor: Vågor, däribland synligt ljus, infrarött ljus osv., som uppkommer genom vibrationer i elektriska och magnetiska fält. Dessa vågor kan färdas genom rymdens vakuum och är vad astronomerna lär sig mest om universum av. Det elektromagnetiska spektret beskriver hela samlingen av sådana vågor ordnade efter våglängd.

Emissionsspektrum: Särskilda våglängder i det elektromagnetiska spektret som sänds ut av grundämnen i heta gaser.

Energi: En fysikalisk egenskap som måste överföras till ett föremål för att kunna utföra arbete med eller värma upp föremålet. Energin bevaras, så den kan inte skapas eller förstöras, men väl omvandlas i olika former.

Exoplanet: En planet utanför vårt solsystem.

F

Fotoner: "Ljuspartiklar" som bär med sig energi beroende på deras "frekvens". En alternativ beskrivning av hur ljus uppträder; en annan är elektromagnetiska vågor.

G

Gammastrålning: Den energirikaste formen av elektromagnetisk strålning, med de kortaste våglängderna och högsta frekvenserna.

Grad: En vinkelenhet lika med $1/360$ av ett helt varv. Betecknas $^{\circ}$.

H

Helium: Ett grundämne med beteckningen He. Det är det näst vanligaste grundämnet i universum.

Himlakropp: Föremål ute i rymden.

Himmelssfären: En tänkt sfär runt jorden som kan betraktas som en "karta över himlen". De olika riktningarna till himlakroppar ritas in på den kartan med hjälp av två vinklar (rektascension och deklination är de vinklar som används i det ekvatoriella koordinatsystemet).

Hubble (HST): Ett välkänt rymdteleskop i bana runt jorden som observerar i ultraviolett, synligt och infrarött ljus.

Huvudseriestjärna: Varje stjärna som fusionerar väte i sitt inre och har en stabil jämvikt mellan utåtriktat tryck till följd av kärnreaktionerna i det inre och gravitationskrafter som drar inåt.

I

Infraröd strålning: Ljusvågor med våglängder något längre än hos synligt ljus.

Insamling: En stjärna som håller på att bildas samlar in materia från sin omgivning, dvs. det molekylmoln där den föds.

Insamlingsskiva: Den materia som samlas in av en stjärna ur dess omgivning hamnar vanligen i en tunn skivformation. Materialen kretsar i cirklar inne i skivan och går efterhand i spiraler inåt tills den slutligen faller ned på stjärnan.

Interstellär gas och stoft: Material i rymden mellan stjärnorna. Medan den interstellära gasen främst består av H och He innehåller interstellärt stoft tyngre ämnen som kol, järn och silikater (av kisel och syre).

J

Jetstrålar: Utkastad materia från ytan av insamlingsskivor runt stjärnor under bildande. Vanligtvis kollimerade, sannolikt av magnetfält.

Järn: Ett grundämne med beteckningen Fe. Det framställs i centrum av tunga stjärnor.

K

Kelvinskalan: Fysikens och astronomins standardtemperaturskala. Noll kelvin skrivs 0 K och definierar absoluta nollpunkten. Vatten fryser vid 273 K.

Kisel: Ett grundämne med beteckningen Si. Det är en av huvudbeståndsdelarna i interstellärt stoft.

Kol: Ett grundämne som betecknas C. Det är väsentligt för bildandet av de organiska molekyler som finns i alla levande varelser.

Kärnfusion: En process där atomkärnor slås samman till en tyngre atomkärna. Detta är stjärnornas huvudsakliga energikälla, i synnerhet fusion av väte till helium i de innersta delarna under huvudseriefasen.

L

Latitud: En geografisk koordinat som ger en orts läge i nord-sydlig riktning på jordytan. Den motsvarar deklination på himmelssfären.

Ljusets restid: Den tid det tar för ljus att färdas från en punkt till en annan.

Ljusförorening: Förekomsten av konstgjort ljus i omgivningarna, vilket inverkar på observationer av natthimlen.

Ljusår: En avståndsenhet använd av astronomer; den motsvarar det avstånd som ljuset färdas på ett år, 9,46 miljarder kilometer.

Longitud: En geografisk koordinat som ger en orts läge i öst-västlig riktning på jordytan. Den motsvarar rektascension på himmelssfären.

Lyman Spitzer: Amerikansk fysiker och astronom (1914–1997). Han är känd för sina undersökningar av det interstellära mediet och även för att vara den första astronomen som föreslog möjligheten att sända upp teleskop i rymden. Rymdteleskopet Spitzer, som observerar i infrarött, är uppkallat efter honom.

M

Magnetfält: Dessa sträcker sig ut från magnetiserade föremål, överför magnetiska krafter och innehåller magnetisk energi.

Mikrovågor: En form av elektromagnetisk strålning med våglängder mellan ca en millimeter till en meter.

Molekyl: En grupp av två eller flera atomer sammanhållna av elektriska krafter, dvs. kemiska bindningar.

Molekylmoln: Ett område i det interstellära mediet där vätgasen främst finns i molekylform. Dessa brukar vara tämligen täta och kalla jämfört med andra delar av rymden. Stjärnor bildas i molekyln.

Månen: Jordens enda naturliga satellit.

N

Neutronstjärna: Den sista fasen i livscykeln för en stjärna med mellan omkring åtta och 30 solmassor. Neutronstjärnor är så täta att elektroner och protoner slagits ihop till neutroner. En neutronstjärna består alltså nästan helt av neutroner.

Norra himmelspolen: Tänktpunkt på himmelssfären rakt ovanför jordens nordpol.

P

Parallellcirkel: Tänktpunkt på jorden eller himmelssfären parallell med ekvatorn. Dessa används för att ange läget på jorden eller himlen.

Planetarisk nebulosa: Den sista fasen i en lätt stjärnas (som vår sol) livscykel. Det är ett moln av materia runt en vit dvärgstjärna, utkastat under stjärnans föregående livsfas. Kom ihåg att det inte har något att göra med planeter!

Polstjärnan: En tämligen ljusstark stjärna i stjärnbilden Lilla björnen. Den ligger mycket nära norra himmelspolen, så den är användbar för navigation.

Prisma: En kilformig genomskinlig kropp som får infallande ljus att delas upp i de ingående färgerna när det kommer ut ur prismet.

Protostellär kärna: En ansamling av interstellär gas och stoft runt en protostjärna.

Protostellära utflöden: Våldsamma utkastningar av gas som svepts upp av en protostjärna under bildande. Liknar protostellära jetstrålar, men dessa utflöden kan vara mindre kollimerade.

Protostjärna: En stjärna som håller på att bildas, dvs. en som fortfarande samlar på sig materia utifrån.

Proxima Centauri: Den stjärna som ligger närmast solen, omkring fyra ljusår från oss.

R

Radiovågor: Det minst energirika slaget av elektromagnetisk strålning, med de längsta våglängderna.

Refraktion: En fysikalisk process där en ljusstråle ändrar riktning när den går från ett medium till ett annat, t.ex. från luft till vatten. Olika våglängder bryts olika mycket, vilket gör att de olika färgerna separeras, t.ex. när de passerar ett prisma.

Rektascension: Vinkel mätt längs himmelsekvatorn från vårdagjämningpunkten till den halvcirkel som går genom himmelspolerna och en himlakropp. Den används tillsammans med deklination för att ange en himlakroppens läge på himlen. Vanligtvis mäts den i timmar, minuter och sekunder, men för att förenkla beräkningarna använder vi här grader ($1 \text{ h} = 15^\circ$).

Röd jätte(stjärna): Ett sent stadium i en stjärnas livscykel, efter huvudserien, då stjärnan har en stor ljusstyrka och har svällt upp till mycket stort omfång samt fått tämligen sval yttemperatur.

Röntgenstrålning: Energirik strålning i det elektromagnetiska spektret.

Rörelsemängdsmoment: En fysikalisk storhet hos föremål till följd av dess rotation, massa och storlek. Rörelsemängdsmomentet bevaras, så föremål som krymper (som kollapsande gasmoln) snurrar fortare (det är därför som det vanligen bildas en insamlingsskiva vid stjärnbildning).

Rörelsemängdsmomentets bevarande: Ett fysikaliskt fenomen som gör att ett föremål behåller samma rörelsemängdsmoment; det bevarar samma fart och rörelseaxelriktning om inte storleken eller massan ändras och så länge ingen yttre kraft påverkar föremålet.

S

Solen: Centralkroppen i vårt solsystem.

Solsystemet: Solen och dess samling av planeter och små objekt som kometer och asteroider som kretsar runt solen.

Spitzerteleskopet: Ett teleskop i bana runt jorden som observerade himlen i infraröda våglängder. Det gick i pension 2020.

Stjärnbilder: Grupper av stjärnor på himlen som bildar urskiljbara mönster på himmelssfären, men annars inte hör ihop fysiskt, dvs. de kan finnas på mycket olika avstånd. Himmelssfären har delats in i 88 stjärnbilder som täcker hela sfären.

Stjärnbildningscykeln: Utvecklingsstadierna från ett moln av interstellär gas och stoft till nybildad stjärna, följda av stjärnutvecklingen, stjärnans död med återförandet till rymden av en del materia som anrikats på tyngre grundämnen som byggts upp genom fusion i stjärnan. Nya stjärnor bildas fortlöpande ur interstellär gas – cykeln går runt, runt.

Stjärnornas livscykel: De faser som en stjärna genomgår från det den föds tills den "dör", dvs. antingen exploderar våldsamt som tunga stjärnor gör (supernovor, som lämnar kvar en neutronstjärna eller ett svart hål) eller genom att kasta ut sina yttre lager till en planetarisk nebulosa som lätta stjärnor gör (och lämnar kvar en vit dvärg).

Supernovaexplosion: En stjärna tyngre än ca åtta gånger vår sol slutar sitt liv med en explosion i en så kallad kärnkollapssupernova. Stjärnan kan inte längre upprätthålla kärnreaktioner i sitt inre. Järnkärnan i centrum kollapsar och frigör väldiga mängder

gravitationsenergi som kastar ut stjärnans yttre delar och lämnar kvar antingen en neutronstjärna eller ett svart hål.

Supernovarest: Ett skal av materia som kommer från en stjärna som exploderat som supernova. Skalet består av stjärnans yttre lager som kastas ut med mycket hög fart under explosionen.

Svart dvärg(stjärna): Slutstadiet i en lätt stjärnas liv (en som liknar vår sol). Den har gjort slut på väteförrådet för fusionsreaktioner i sin innersta del och blir därför allt svalare och ljussvagare.

Svart hål: Slutstadiet av livscykeln för en stjärna med mer än 30 gånger solens massa. Eftersom stjärnan är alltför tung kollapsar den under sin egen gravitation. Inte ens ljus kan slippa ut förbi ett svart håls händelsehorisont. Det finns också supertunga svarta hål i mitten av de flesta stora galaxerna, däribland vår egen. Vi vet ännu inte hur dessa svarta hål kommit till!

Synligt ljus: Den del av det elektromagnetiska spektret som människor kan se. Där finns alla färger från rött till violett.

Syre: Ett grundämne med beteckningen O. Det byggs upp i kärnorna hos tunga stjärnor.

T

Teleskop: Ett instrument som samlar in ljus från ett objekt. I astronomiska sammanhang är det normalt byggt för att öka den mängd ljus som samlas in för att göra det möjligt att hitta ljussvaga objekt och kunna se fina detaljer. Olika teleskop är gjorda för att observera alla delar av det elektromagnetiska spektret.

Tunga grundämnen: Inom astronomin kallas grundämnena tyngre än väte och helium tunga grundämnen eller "metaller".

U

Ultraviolett: Strålning i det elektromagnetiska spektret. Den förkortas UV och är mer energirik än synligt ljus.

Unga stjärnor (Young stellar objects, YSOs): Mycket nybildade stjärnor som fortfarande kan ha kvar en del materia runt sig som blev över vid bildandet.

V

Very Large Array (VLT): En samling av 27 radioteleskop i New Mexico, vilka samkörs för att samla in strålning på centimetervåglängder från himlen.

Vetenskaplig metod: Vad en forskare använder för att styrka eller motbevisa en teori.

Vindbubbla: Ett skal av interstellär gas och stoft som svepts upp av stjärnvindar, ofta synliga runt tunga stjärnor som har kraftiga vindar.

Vintergatan: Det svenska namnet på vår galax. Vintergatsbandet sträcker sig längs en storcirkel över himmelssfären och är på en del ställen rätt ljusstarkt. Namnet kommer troligen av att forntida väderspåmän trodde sig kunna förutsäga vintervädret ur Vintergatans utseende.

Vit dvärg(stjärna): Sent stadium i en lättare stjärnas (jämförbar med vår sol) livscykel. Det är den heta, frilagda kärnan av stjärnan, mest bestående av C,O och lite He, som lämnats kvar när den planetariska nebulosan kommit till.

Våglängd: En ljusvågs längd mätt från vågkam till nästa vågkam eller mellan vågdalar. En storhet använd av astronomer för att klassificera olika slags ljus.

Vårdagjämningspunkten: Den punkt där ekliptikan korsar himmelsekvatorn och solen är på väg norrut. Från denna mäts rektascension (se figur 1.1b).

Väte: Ett grundämne med beteckningen H. Det är det enklaste och vanligaste grundämnet i universum.

Bilaga 1:

Molekylmoln = Infrared Dark Clouds (IRDCs)

Tabell 1: IRDCs som tilldelats varje lag, samt avstånden till dem.

Lag	IRDC NAMN	Avstånd (ljusår)
#1	G18.82-00.28	15655
#2	G19.27+00.07	7827
#3	G28.37+00.07	16307
#4	G28.53-00.25	18590
#5	G28.67+00.13	16633
#6	G34.43+00.24	12067
#7	G35.39-00.33	9458
#8	G38.95-00.47	8806
#9	G53.11+00.05	5870
#10	G023.60-0.09	3261
#11	G024.64+00.16	9784
#12	G024.94-00.15	26092
#13	G030.14-00.07	6523
#14	G031.98+00.06	16307
#15	G035.60-00.25	19569
#16	G023.39-00.11	22830
#17	G025.15-0.028	13046
#18	G034.77-00.55	9458

Bilaga 2:

Tunga Protostjärnor

= SOMA Källor

Tabell 2: Tunga Protostjärnor som tilldelats varje lag, samt avstånden till dem.

Lag	SOMA Källa	Avstånd (ljusår)
#1	AFGL4029	6523
#2	AFGL437	6523
#3	CepA	2283
#4	G305.20	13372
#5	G309.92	17938
#6	G339.88	6849
#7	G35.58	33268
#8	G45	27397
#9	G45.12	24135
#10	G49.27	18101
#11	IRAS16562	5544
#12	NGC7538	9785
#13	G25.40	9785
#14	G33.91	9785
#15	G30.76	9785
#16	G58.77	9785
#17	IRAS20343	9785
#18	G35.2-0.74N	7175

Tidigare projekt

Fullkornsjakten

Forskarhjälpen 2019 handlade om ungdomars kunskap och inställning till mat och hälsa, med speciellt fokus på fullkorn och socker.

Spindeljakten

Forskarhjälpen 2018 handlade om hur läkemedel sprids i näringsväven - från våra vattendrag till spindlarna på land.

Bi-jakten

Forskarhjälpen 2017 handlade om bin och bakterier.

Musikjakten

I Forskarhjälpen 2016 skapade eleverna musik med hjälp av programvara och interaktiva tekniker inspirerade av evolutionsbiologi.

Appjakten

Forskarhjälpen 2015 handlade om vår mobila vardag; vilka behov, intressen och krav behöver framtida teknologier uppfylla vad gäller form, innehåll, sensorer, storlek och nätverk.

DNA-jakten

Forskarhjälpen 2014 handlade om strömming, DNA och miljö. Hur ser det genetiska släktskapet ut mellan sill och strömming?

Soljakten

Forskarhjälpen 2013 handlade om energi och solceller, och gick ut på att hitta färgämnen som kunde förbättra den fotoelektrokemiska solcellen.

Guldjakten

Forskarhjälpen 2012 rörde sig i gränslandet mellan kemi och fysik, och handlade om nanopartiklar och nanoteknik.

Medicinjakten

Forskarhjälpen 2011 handlade om antibiotikaresistens, där eleverna hjälpte till med att hitta bakterier av gruppen aktinomyceter, en sort som är känd för att producera ämnen med antibiotiska egenskaper.



NOBEL PRIZE MUSEUM