

# STELLA

*Medlemstidning för Stockholms Amatörastronomer. Nr. 3-2016*

---



är medlemstidningen utgiven av och för STAR, Stockholms Amatörastronomer. Tidningen utkommer med c:a 340 exemplar, 3 gånger per år. Redaktör är Bertil Forslund. Ansvarig utgivare är Peter Nerman, Victoriavägen 16, 147 31 Tumba.

ALLA BIDRAG ÄR VÄLKOMNA. Redaktören förbehåller sig rätten att, i samråd med författaren, redigera artiklar och bilder så att de passar det aktuella numret. Är du tveksam om materialet passar, kontakta redaktören. Tala om hur du vill ha din artikel. Material kan även mailas till någon i Redaktionsrådet (se nedan).

Föreningen är en underavdelning till Svenska Astronomiska Sällskapet och är också ansluten till Förbundet Unga Forskare, som särskilt vänder sig till ungdomar under 26 år.

Vi förfogar över två observatorier i Stockholmstrakten: ett i Saltsjöbaden och ett i vår klubblokal Magnethuset på Observatoriekullen. STAR anordnar föredrag, bild- och filmvisningar, astronomiska observationer, astrofoto, teleskopbygge, vanlig mötesverksamhet m.m. På måndagar kl. 19.00, utom under helger och skollov, håller STAR öppet i Magnethuset för varande och blivande medlemmar.

På vår hemsida [www.starastro.org](http://www.starastro.org) kan du läsa mer om STAR, se aktuellt program och njuta av medlemmars bilder i Galleriet. Som medlem uppmanas du att själv lägga in bilder i Galleriet.

Har du frågor? Kom till oss, skriv eller ring:

STAR, Stockholms Amatörastronomer, Drottninggatan 120, 113 60 STOCKHOLM

[www.starastro.org](http://www.starastro.org)

Telefon **08 - 32 10 96** (måndagar kl. 19 - 20 svarar troligen någon)

## STARs styrelse och övriga funktionärer 2016

### Ordförande

Peter Nerman  
Victoriavägen 16  
147 31 Tumba  
Mobil 070-087 84 31  
[titan.cornish@gmail.com](mailto:titan.cornish@gmail.com)

### Styrelseledamot

Göte Flodqvist  
Cigarrvägen 19, 1 tr.  
123 57 Farsta  
Tel hem 08-604 16 02  
[gofo@bahnhof.se](mailto:gofo@bahnhof.se)

### Webmaster

Johan Olzén  
Torggatan 20B, 3 tr.  
749 49 Enköping  
[johanolzen@telia.com](mailto:johanolzen@telia.com)

### Revisor

Håkan Holmbeck  
Källdisvägen 1  
187 72 Täby  
Tel hem 08-510 10 627  
Mobil 070-520 46 85  
[kalldiss@yahoo.se](mailto:kalldiss@yahoo.se)

### Vice ordförande

Peter Mattisson  
Tegelbruksvägen 10A  
126 32 Hägersten  
Tel hem 08-726 97 90  
[peter\\_stargazer@hotmail.com](mailto:peter_stargazer@hotmail.com)

### Styrelseledamot

Håkan Lundberg  
Kärrgränd 61  
162 46 Vällingby  
Tel hem 08-36 66 13  
Mobil 070-588 01 08  
[hakan.lundberg@ownit.nu](mailto:hakan.lundberg@ownit.nu)

### Valberedning,

**Observatoriechef Saltis**  
Tore Månsson  
Hornsgatan 141A  
117 28 Stockholm  
070-539 74 52  
[tore.mansson@telia.com](mailto:tore.mansson@telia.com)

### Revisor

Johnny Rönnberg  
Ytterbyvägen 4B, 1tr  
192 76 Sollentuna  
Mobil: 070-799 42 92  
[johnny@johnnyronnberg.com](mailto:johnny@johnnyronnberg.com)

### Kassör, nyckelansvarig

Gunnar Lövsund  
Kolartorpsvägen 26  
136 48 Handen  
Tel hem 08-777 40 40  
Mobil 070-657 15 66  
[gunnar.lovsund@telia.com](mailto:gunnar.lovsund@telia.com)

### Styrelseledamot

Linda Rosendahl  
Tunvägen 22, 4 tr.  
170 68 Solna  
Tel: 08-122 930 29  
Mobil: 073-676 78 50  
[linda.rosendahl@live.se](mailto:linda.rosendahl@live.se)

### Valberedning

Bernt Balkh  
Klippgatan 18, 5 tr.  
116 35 Stockholm  
[dendrolog1@gmail.com](mailto:dendrolog1@gmail.com)

### Redaktör för Stella

Bertil Forslund  
Färgargårdstorget 44  
116 43 Stockholm  
Tel hem 08-641 98 80  
[bertil.forslund@spray.se](mailto:bertil.forslund@spray.se)

### Sekreterare

Mats Mattsson  
Lodjurets gata 225  
136 64 Haninge  
Tel hem 08-777 78 48  
[matmat@telia.com](mailto:matmat@telia.com)

### PR-ansvarig

Nils-Erik "Nippe" Olsson  
Fregattvägen 3  
132 46 Saltsjö-Boo  
Tel hem 08-715 62 52  
Mobil 070-517 62 52  
[nilserik.olsson@telia.com](mailto:nilserik.olsson@telia.com)

### Observatoriechef Magnethuset

Curt Olsson  
Nimrodsgatan 17, 1 tr.  
115 42 Stockholm  
Tel hem 08-664 21 90  
Tel arb 08-764 19 85  
[curt.olsson@telia.com](mailto:curt.olsson@telia.com)

### Redaktionsrådet

Gunnar Lövsund  
([gunnar.lovsund@telia.com](mailto:gunnar.lovsund@telia.com))  
  
Göte Flodqvist  
([gofo@bahnhof.se](mailto:gofo@bahnhof.se))

**Omslagsbilden:** Vårt solsystems största planet, Jupiter, fotograferad av Bengt Rutersten från hans balkong i Farsta. Ett strålande exempel på vad modern fototeknik, kompetent bildbehandling och god seeing i samverkan kan åstadkomma. 11 Mars 2016 var det väldigt bra seeing. 7 st av de bästa 1 minut sekvenserna med teleskopet C11 och kameran QCam5L-IIc har stackats med programmet Autostackert2. Därefter har de 7 bilderna deroterats och lagts samman i programmet WinJupos.

# INLEDAREN

Sitter just nu och skriver årets sista inledare till STELLA och tittar ut på en strålande vacker vinterdag. Med litet tur kanske det fina vädret håller i sig några timmar till så att vi kan genomföra utflykten till Saltis som planerat...

Så här långt kan jag bara konstatera att STAR-säsongen under hösten har varit lyckad med åtskilliga besökare i stort sett varje kväll.

För egen del blev min resa under oktober till den minsta Kanarieön, La Palma, en riktig höjdpunkt. Som de flesta astronomi-intresserade vet är La Palma en av världens absolut bästa platser att utföra astronomiska observationer på. Efter att ha varit där kan jag bara hålla med, till och med på havsnivå var himlen så klar och mörk att vintertgatsmolnen utan problem syntes med blotta ögat. Jag tog även en del bilder som jag redan visat vissa av er kvällen den 31/10 då vi inte kunde åka till Saltis på grund av vädret. Resten av er får ge er till tåls tills vårens astrofotokväll den 24/4. På La Palma är också proffsastronomerna rikligt representerade då flera länder har placerat teleskop uppe på öns högsta berg "Roque de Los Muchachos" på cirka 2400 meter över havet. Det senaste tillskottet i teleskopväg är "Large Size Telescope (LST)" som kommer att titta efter spår av utbrott av gammastrålning. Som alla någorlunda insatta vet borde detta inte vara möjligt för ett jordbundet teleskop då gammastrålning effektivt stoppas av atmosfären. Vad inte alla känner till är dock att då fotonerna från gammastrålningen träffar atmosfärens atomer uppstår ett svagt blåaktigt ljus kallat Tjerenkovstrålning efter sin ryske upptäckare. Denna typ av ljus har varit mest känt från kärnreaktorer där det uppträder i reaktorbassängen runt det använda kärnbränslet en kort tid efter det att reaktorn har stängts av då gamma-

strålningen är som starkast (undertecknad har själv sett det i reaktorbassängen i Forsmark 1 under revisionsavställningen 2012). Gammastrålning från astronomiska processer sker oftast i korta pulser ("bursts") vilket gör dem svåra att detektera. Först i början 2000-talet blev CCD-kamerorna så snabba och känsliga att meningsfulla studier av Tjerenkovljuspulser från gammastrålning blev möjliga. I dagsläget är cirka 170 gammakällor kända på natthimlen men mångdubbelt fler förväntas upptäckas de närmaste åren med hjälp av det världsomspännande nätverk (CTA) med gammateleskop som just nu är under planering (mer info finns på [www.popast.nu](http://www.popast.nu)). Läs även Tom Anderssons artikel på sidan 8.

Programmet för våren 2017 medföljer detta nummer av STELLA. Vi startar vårens aktiviteter måndagen den 9 januari då vi informerar varandra om vad som kommer att ske. Värt att nämnas är de två föredragen som hålls av vår medlem Tore Månsson och mig själv den 3/4 respektive 10/4. Tores föredrag har titeln "Vill du se en stjärna? – eller hur astronomer observerar himlafenomen" och beskriver hur proffsastronomerna arbetar. Mitt eget föredrag har den preliminära titeln "Ljuset finns i Lund – Vad kan vi lära oss av MAX IV" och kommer att handla om vad vi kan använda denna världens kraftigaste röntgenljuskälla till i vårt sökande efter materiens innersta. Förutom detta kommer astrofysiker Bo Sundborg att berätta något spännande om sin forskning den 15/5, titeln på detta föredrag är dock inte specificerad i skrivande stund. Utöver detta har vi de sedvanliga programpunkterna i form av observationskvällar och Saltisutflykter.

Väl mött under våren!

*Peter Nerman / STAR-Ordförande*

\*\*\*\*\*

## 08 – 32 10 96

är telefonnumret till STARs telefon och telefonsvarare i klubblokalen.

På telefonsvararen kan du lämna besked om du vill bli kontaktad av någon i klubben.  
Ringer du en måndagkväll är chansen stor att någon av våra medlemmar svarar.



Sammanställt av Gunnar Lövsund

## 2016-09-17 Städdag i Magnethuset

När vi kom kl. 10 så var bara Nippe Olsson där. Han försökte sätta ihop den nyköpta dammsugaren. Jan Art hjälpte till med detta medan jag städade toaletten. Vi undrade såklart om det skulle komma någon mer, det borde det ju göra tyckte vi, även om vi hört att ovanligt många inte kunde närvara pga. andra åtaganden. Det skulle visa sig att det bara blev vi 3, lite tunn uppslutning tycker jag.

När dammsugaren väl var monterad började Nippe dammsuga uppe i kupolen. Jan var utrustad med trasor och en stor hink vatten, och torkade alla ytor i kupolen. Det var verkligen skitigt, vattnet blev helt svart. När kupolen och trappan var dammsugna så tog jag vid och våttorkade ytorna, och vattnet fick bytas flera gånger då det snabbt blev svart. Sedan dammsög Nippe alla stolarna, och Jan bar dels ut dem inför dammsugningen av golvet, dels våttorkade han alla ytor som behövde detta. Till sist så dammsögs golven i föreläsningssrummet och det inre rummet, och jag våttorkade dem. Jan tvättade fönstren på utsidan.

Efter 2½ timma var vi klara. Nu är Magnethuset rent och fräscht, och med tanke på hur smutsigt det var så skulle man nog behöva städa 2 gånger per år. Om fler hade kommit så hade det varit mindre att göra per person, och detta är trots allt en trevlig tillställning med en massa astronomiprat, så kom gärna förbi en liten stund nästa gång.

*Text och foton Katarina Art*



*Nippe Olsson vårdar stolar på löpande band.*



*Jan Art styrketränar.*



*Katarina Art visar var skåpet, förlåt stolen, ska stå.*

## 2016-09-19 Astronomisk loppis

I STARs gömmor har det med tiden samlats en hel del prylar som vi tänkte att någon kunde ha glädje av. Så då fick det bli en loppis där medlemmar också kunde sälja sina prylar. Intresserade besökare

fyllde lokalen, men så många affärer gjordes inte. Bästa affären gjorde nog han som köpte ett bra teleskop med alla tillbehör för 5000 kr. Trevligt var det i alla fall.



STARs ordförande Peter Nerman försöker sälja en kamera till Andreas Pettersson.

Foto Gunnar Lövsund

## 2016-09-26 Observationskväll i Magnethuset

Äntligen en måndag med stjärnklar himmel. Magnethuset var skapligt fullt med förväntansfulla medlemmar som ville se något spännande genom vårt teleskop. Vi fick börja med en kalibrering av teleskopet eftersom det inte fungerat tillfredsställande i år. En massa olika inställningar fick vi göra som till en början misslyckades. Men tack vare Håkan Lundbergs kunskap och kännedom om Celestrons teleskop gjorde vi en lite udda manöver som nollställde teleskopets dator till utgångspunkten. Därefter kalibrerades teleskopet och nu var det klart för användning.

För att testa kalibreringen valde vi Albireo och teleskopet gick dit på egen hand och stjärnan hamnade nästan mitt i okularet. Kalibreringen gick således bra. Alla i kupolen tittade och vi pratade lite om stjärnan eller rättare sagt stjärnorna eftersom det är en dubbelstjärna. När teleskopet nu fungerade så bra

så chansade vi på den planetariska nebulosan M57 som är betydligt ljussvagare än Albireo. Samma goda resultat. Nebulosan hamnade nästan mitt i okularet och vi njöt av den tills alla sett sig mätta. Andromedagalaxen är ju en lika stor utmaning mitt i en storstad. Men även den lyckades vi finna och för en gångs skull såg vi den riktigt bra. Magnituden är visserligen 3,5. Men galaxen är ju stor till ytan och blir då betydligt knepigare att se. Några använde sina mobiltelefoner för att ta kort genom okularet. Hur det gick vet jag inte. Men om någon lyckades vore det kul om bilderna kom in på vår hemsida under galleriet. Innan vi stängde frågade jag några vad de tyckte om kvällen. En sa "jättebra, speciellt var det kul att vara med när teleskopet kalibrerades". Kul att vi äntligen lyckades observera i Magnethusets kupol.

Text Nippe Olsson

### 2016-10-03 Stjärnrester – vita dvärgar och neutronstjärnor

STAR-medlemmen Tore Månsson höll det tredje föredraget i sin serie om stjärnors utveckling. Det första handlade om betydelsen av Hertzsprung-Russell-diagrammet och det andra om stjärnors

tillblivelse. Den här kvällen var det dags att tala om stjärnors levnadsöde efter födelsen. Som tidigare har Tore också presenterat en artikel runt innehållet i föredraget. Se sidan 11!

---

### 2016-10-08 Astronomins Dag och Natt

inleddes i Magnethuset med en dubbelföreläsning av Nippe Olsson mellan kl. 18 och 21, inför en - med tanke på det höstligt kalla och blåsiga vädret - oväntat stor publik. Den fick höra om Observatoriets och Magnethusets historia och på vilket sätt STAR idag håller astronomitraditionen levande på Kullen. Därefter följde en genomgång av vad som finns att se på en klar natthimmel; stjärnor, planeter, kometer, nebulosor och galaxer, samt olika observationsmetoder från Tycho Brahes dagar till nu. Stjärnornas födelse, utveckling och död berördes och också fenomen på forskningsfronten, som mörk materia och mörk energi – någonting för åhörarna att fundera på under hemfärden.

Efter föredragen inbjöds som vanligt besökarna att i mindre grupper bese kupolen och klubbens SCT-teleskop där, men på grund av den täta molnigheten kunde tyvärr inga observationer göras denna gång. Nere i klubblokalen var några av våra övriga instrument uppställda till beskådan, och med STAR-funktionärer till hands för förklaringar och tips. Som vid tidigare ”öppna hus”-tillfällen förundrades man även denna gång över Allmänhetens detaljintresse för våra amatörastronomiska aktiviteter och metoder.

*Text Bertil Forslund*

---

### 2016-10-10 Små blå galaxer – och vad de berättar om det avlägsna universum

var titeln på kvällens föredrag av professor Göran Östlin, astronom vid Stockholms universitet och Alba Nova.

På våra astrofotokvällar tjasas vi av foton på vackert symmetriska, mogna spiralgalaxer. Kvällens föredragshållare och hans team tycks däremot föredra oregelbundna dvärggalaxer, och gärna sådana som deformerats i en kollision. I dom är nämligen stjärnbildningen särskilt aktiv, och således andelen hög av unga, heta och blåa stjärnor. Dessa joniserar den i galaxen och dess halo allmänt förekommande vätgasen och kan därigenom ge information om stjärnbildningen, t.ex. var den pågår som mest, även i mycket avlägsna (unga) objekt. Särskilt användbar för galaxstudier av den här typen är *Lyman  $\alpha$* -strålningen. Den uppstår när elektroner i den joniserade vätgasen hittar tillbaka till sina platser närmast atomkärnorna, som därvid avger energi bl.a. i form av strålning. *Ly  $\alpha$*  emitteras i UV-området (vid 1216Å i vila) och tränger därför inte igenom jordatmosfären. Men från avlägsna objekt med stor rödförskjutning  $z$  kan *Ly  $\alpha$*  detekteras även med jordbundna instrument ( $z = (\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{emit}})/\lambda_{\text{emit}}$ ). Ännu bättre går det förstås med satellitburna teleskop, och Göran har haft förmånen att få utnyttja *HST* och dess kameror och spektrografer för UV-mätningar i flera projekt förutom tillgången till moderna jordiska teleskopfaciliteter.

Resultaten från satellit-teleskopen blir således generellt vassare, men tolkningarna kommer inte av sig själva för det. *Ly  $\alpha$* -strålningen absorberas av neutral vätgas i galaxerna och ljuset ”studsar” mot väteato-

merna hundratals miljoner gånger innan de slipper ut för att påbörja sin resa mot oss. En extra möjlighet att undgå infångning får *Ly  $\alpha$* -fotoner som utträder ur en gasbubbla som är så stor att rödförskjutningen på den platsen är en annan än där de genereras. Närvaro av stoft i gasmolnen påverkar också *Ly  $\alpha$* . Ovannämnda fenomen försvårar självklart tolkningen, även om de samtidigt kan ge värdefull information om galaxens struktur, sammansättning och dynamik.

Föredragshållaren visade foton på små blå galaxer i olika former och utvecklingsstadier; en provkarta på sådant som analyserats inom det internationella *LARS*-projektet han deltar i (och även efterföljaren *eLARS*). Bland extremfallen där finns t.ex. den lilla *Haro 11*, som är extremt stjärnbildande och vars kvarvarande gasinnehåll beräknas vara uttömt redan om 20 – 30 miljoner år. Ett annat är *1 Zw 18*, som är den mest metallfattiga man känner till för närvarande. Han visade också exempel på absorptionslinjer i den energirika och relativt intensiva strålningen (t.ex. *Ly  $\alpha$* ) från galaxernas centrala delar. Analys av dessa spektra och linjeprofiler blir invecklad men berättar en del om vad som pågår i det intergalaktiska mediet.

Slutligen väntar Göran (och vi) med spänning på Hubble-teleskopets efterföljare *James Webb (JWST)*, uppe 2018?), som skall bära med sig instrument kapabla att mäta i hela våglängdsområdet  $UV \leftrightarrow 30 \mu$  och t.ex. kunna detektera *Ly  $\alpha$*  från galaxer med rödförskjutning  $z$  uppemot 7.

*Text Bertil Forslund*

## 2016-10-24 Vad är det som kretsar kring den mystiska stjärnan KIC8462852

Det har tydligen en växande skara astronomer - både amatörer och yrkesfolk - börjat fråga sig. Anledningen är att denna förmodat normala stjärna (klass F3V av magnitud 11,7 på plats mellan  $\gamma$  i Svanens "mage" och  $\delta$  i "vingen", nästan 1500 ljusår bort) vid flera tillfällen på senare år fått sin ljusstyrka drastiskt reducerad på ett svårförklarligt sätt. Om fenomenets upptäckshistoria och olika tänkbara svar på frågan handlade Peter Mattissons föredrag.

Det var rymdteleskopet *Kepler* som i maj 2009 med sin 1,4 m spegel och 75 Mpx-kamera registrerade ett första "dipp" i stjärnans annars jämna ljuskurva. Det rörde sig då bara om en halv procents ljusstyrkereduktion men motiverade en skärpt uppmärksamhet på objektet, och i mars 2011 noterades en plötslig ljusreduktion av några dygns varaktighet och på som mest 15 %. Nästan två år senare inträffade en ny och plötslig förmörkelse, denna gång på hela 22 %. Totalt hann *Kepler* registrera 17 dippar i ljuskurvan innan den 2013 måste inställa bevakningen p.g.a. krånglande teknik.

Peter gick igenom ett antal tänkbara naturliga orsaker till dipparna och motiverade varför man hittills ansett sig kunna utesluta samtliga:

- *Instrumentfel?* – Inget som konstaterats.
- *Förmörkelse orsakad av en stor planet kring stjärnan?* – En så stor planet kan man inte tro finns runt KIC. Peter påminde om att stora Jupiter bara skulle orsaka c:a 1 % förmörkelse av vår egen Sol.

- En *protoplanetarisk skiva* som i vissa vinklar skymmer stjärnan? – KIC är för gammal och mogen för att hysa någon sådan längre.
- En svärm av *kometer*? – Nej, förmörkelsen varade alltför lång tid (flera dygn).
- Katastrofal *kollision* mellan planeter? – Nej, eftersom ingen avgiven värmestrålning har detekterats i samband med förmörkelserna.
- Stora men tillfälliga förändringar i stjärnans atmosfär ("*stjärnfläckar*")? – På den frågan från åhörarna svarade föredragshållaren bestämt nej, dock utan att ge någon detaljerad motivering. Men faktum är väl att en så omfattande stjärnfläcksaktivitet aldrig tidigare observerats på någon stjärna?

I avsaknad av naturlig förklaring till förmörkelsen kan man tänka sig den spännande möjligheten att den orsakats av någon konstruktion i jätteformat uppförd av invånare i solsystemet KIC 8462852, t.ex. för insamling av strålningsenergi till en avancerad civilisation med stort energibehov. Peter skisserade några möjliga konstruktioner som föreslagits, med namn som "Dyson-ringar" m.fl.

Föredragshållaren hör till en internationell grupp amatörastronomer som gått samman och bekostat ständig bevakning med flera robotteleskop världen över av ljusstyrkan på KIC, med hopp om att snabbt få meddelande om nästa ljusdipp. Då står man redo att observera stjärnan från jorden med alla till hands varande instrument, och får säkert även hjälp av professionen (och STARs medlemmar förstås).

Text Bertil Forslund

## 2016-11-21 Astrofotokväll

Vädret fortsätter att sätta käppar i hjulet för oss stackars amatörastronomer. Jag trodde nog att det skulle bli tämligen tunnsatt med astrofoton denna kväll. Men visst visades många bilder ändå.

Bengt Rutersten visade bilder från bl.a. Merkurpassagen i våras, från Ölandsträffen i augusti och lite annat fint.

Bernt Balkh hade med sig bilder från sitt ställe på Kökar i Ålands skärgård och från en resa till Bali. Katarina Art hade fotograferat den mycket omskrivna supermånen i november. Jag tycker media överdriver betydelsen av sådan måne. För oövertygat öga ser den knappast större ut än vanligt.

Gunnar Lövsund hade tagit fasta på programmets uppmaning att visa dåliga astrobilder, fast kanske inte jättedåliga ändå. Dåligt gick i alla fall försöket att visa bildbehandlingsprogrammet Star Tools.

Göte Flodqvist berättade om en lyckad modifiering av ett kameraobjektiv.

Mats Mattsson visade ett par riktigt fina bilder på norrsken och Vintergatan tagna i Sågen i Dalarna.

Nyblivne medlemmen Mattias de Zalenski hade lyckats med en månbild tagen med kameran bakom ett teleskopokular, s.k. afokalfoto.

Så det går att överlista vädret!

Text Gunnar Lövsund

\*\*\*\*\*

# GAMMASTRÅLNING AVSLÖJAR SVARTA HÅL

Text Tom Andersson, STAR

**Den 7:e november presenterade nyblivne STAR-medlemmen Tom Andersson sitt ex-jobb i fysik på Linnéuniversitetet med inriktning på gammastrålning från aktiva galaxer. Han gjorde en fallstudie av Markarian 421 och använde data från satellitleleskopet Fermi-LAT och Cherenkov-teleskopet H.E.S.S. Här följer en kort introduktion. Mer går att läsa i uppsatsen och presentationen som finns att ladda ner från nätet (länkar nedan).**

**A**ktiva galaxer sänder ut extrema mängder ljus och energi från en region som är i samma storleksordning som vårt solsystem. Mängden energi från denna galaxkärna kan motsvara energistrålningen från alla stjärnor i en galax sammantaget. Mängden energi kan göra att vi inte ser något av galaxen i övrigt.

Aktiva galaxer blir vanligare ju längre ut i rymden, ju längre bak i tiden, som vi tittar. Det kan bero på två saker, att de är jämförelsevis lättare att se ju längre bort som vi tittar, eller att de var vanligare när kosmos var yngre. Det ena utesluter nu inte det andra. Att aktiva galaxer är lättare att se på avstånd kan bero på båda sakerna.

Den närmaste aktiva galaxen till Vintergatan är Centaurus A, 3-5 Mpc. Många vackra bilder cirkulerar på nätet. De ger en bra bild av energiströmmar (jets) som skjuter ut från galaxkärnan i motsatt riktning bort galaxplanet. Centaurus A är ovanlig eftersom det går att observera detaljer så pass bra. De flesta aktiva galaxer ligger så långt bort att upplösningen blir begränsad, till exempel Markarian 421 (Mrk 421).

Mrk 421 är också jämförelsevis nära, 130-140 Mpc, men med Hubbles teleskop kan vi bara urskilja två ljusklot, ett större och ett mindre, där det mindre är en systergalax Mrk 421-5 ca 10 kpc från Mrk 421, ca 1/3 av Vintergatans diameter.

Enorma svarta hål (supermassive black holes) tros vara drivkraften i aktiva galaxer och till deras extrema energistrålning. Dess gravitationskraft "förbränner" materia och stoff som kretsar i extremt hög hastighet i spiralformad bana runt det svarta hålet. Högenenergistrålning, gammastrålning, alstras när plasma växelverkar med magnetiska fält, processer

som inte låter sig förklaras med normala teorier om stjärnors värmestrålning (black-body radiation). Energiflödet från svarta hål uppskattas stå för 1/3 av all energistrålning i kosmos.

Att observera gammastrålning från aktiva galaxer innebär alltså att vi samtidigt studerar svarta hål, hur de förbränner materia i dess närhet och skapar plasma och magnetfält av extrema slag. De gamma-partiklar som når fram till jorden är dock få till antalet, samtidigt som Jordens atmosfär skyddar effektivt mot gammastrålning. Så det krävs speciella teleskop för att detektera dem.

Fermi-LAT (Large Area Telescope) är ett satellitleleskop. Det fångar gammapartiklar med energier i GeV-bandet (giga elektron volt) utanför jordens atmosfär. På jorden går det att detektera gammapartiklar indirekt, genom det så kallade Cherenkovljus som bildas när gammapartiklar omvandlas i jordens atmosfär till kaskader av elektron-positron-par. H.E.S.S. är ett sådant teleskop. Det kan detektera gammapartiklar i TeV-bandet (tera elektron volt). Med hjälp av teleskopdata på gammapartiklar under flera år är det möjligt att studera aktiviteten i gammastrålning från aktiva galaxer. Markarian 421 visar sig till exempel ha genomgått ett större gammautbrott under sommaren 2012. Innan var gammastrålningen mer eller minder stabil, men sommaren 2012 ökade intensiteten 20 ggr, varefter den avtog sakta men säkert. Först i år har aktiviteten fallit tillbaka till nivåerna innan 2012.

Markarian genomgår även gammautbrott under kortare tidsperioder. Kortvariga gammautbrott kan läggas på mer långvarig lägre eller högre aktivitet. Aktiviteten hos Markarian 421 är med andra ord varierande. Andra aktiva galaxer är mer jämna i sitt energiflöde.

Gammaastronomin är i ett expansivt skede. Större teleskop planeras, till exempel Cherenkov-teleskopet CTA som kommer att detektera gammapartiklar i både GeV- och TeV-banden. Det skapar större möjligheter till mer systematiska studier av gammastrålning, något som också bidrar till bättre förståelse av hur svarta hål producerar högenenergistrålning.

\*\*\*\*\*

Här är länkarna till uppsatsen, presentationen och forskargruppens hemsida:

<http://www.slideshare.net/TomAndersson/inverse-compton-gamma-rays-from-markarian-421/>

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1045293/FULLTEXT01.pdf>

<https://lnu.se/en/research/searchresearch/astroparticle-physics/>

# SAGITTARIUSTRÄFFEN PÅ ÖLAND 2016

Text och foto Gunnar Lövsund, STAR

Varje år, företrädesvis i augusti, anordnar Grönhögens Astronomiska Förening en träff för amatörastronomer. Att träffen kallas Sagittarius beror på att stjärnbilden Sagittarius (Skytten) dyker upp över den sydliga horisonten just vid den tiden och ger tillfälle att skåda objekt som annars är svåra att se från Sverige. I år hölls träffen 31/8 – 3/9. Vi var 3 st, Klas Reimers, Bengt Rutersten och jag själv, som hade hyrt en mindre villa i Södra Möckleby där träffen skulle hållas och vi kom dit några dagar i förväg. Bengt hade lyckats utmärkt i sitt val av boende. Baksidan av trädgården vette ut mot ett stort fält, där vi hade fri utsikt mot öster och söder. Dessutom skyddades vi från den lite kraftiga vinden från väster av en hög häck. Nästintill perfekt! På fältet kunde vi ställa upp våra teleskop för observation och efteråt kunde vi enkelt ställa dem skyddat i trädgården. Vi hade med oss varsitt Dobsonteleskop så det var skönt att slippa plocka isär dem sent på natten. 3 observationsnätter med skapligt väder hade vi här.

Själva träffen lägger inte så stor vikt vid föredrag etc. utan det är mera observationstillfällena under södra Ölands mörka himmel som är det viktiga och förstås att träffa likasinnade. Lite tråkigt var det att detta år hade Sagittarius och Mariestadsträffen förlagts under samma dagar med påföljd att det blev ovanligt lite folk på respektive ställe. Ett par intressanta föredrag



bjöds vi på, men annars fick vi ro oss bäst vi kunde på dagarna. T.ex. med att skåda fåglar, som det finns gott om i dessa trakter.

Och med Klas som läromästare kunde man lära sig mycket om dom. Kul!

Träffens nattliga observationer gjordes vid Eketorps fornborg på en stor parkeringsplats. För vår del blev det bara en observationskväll där tillsammans med ett tjugotal andra amatörer. Hur som helst känns det alltid lika mysigt att vara med på träffen.

Fr.v. Klas Reimers, Gunnar Lövsund och Bengt Rutersten med varsitt Dobsonteleskop. Foto Bengt R.



Teleskopen uppställda och natten sänker sig över Eketorp.



Klas Reimers med sin refraktor.

# KAN MAN FOTOGRAFERA URANUS OCH NEPTUNUS MÅNAR MED EN ENKEL UTRUSTNING?!

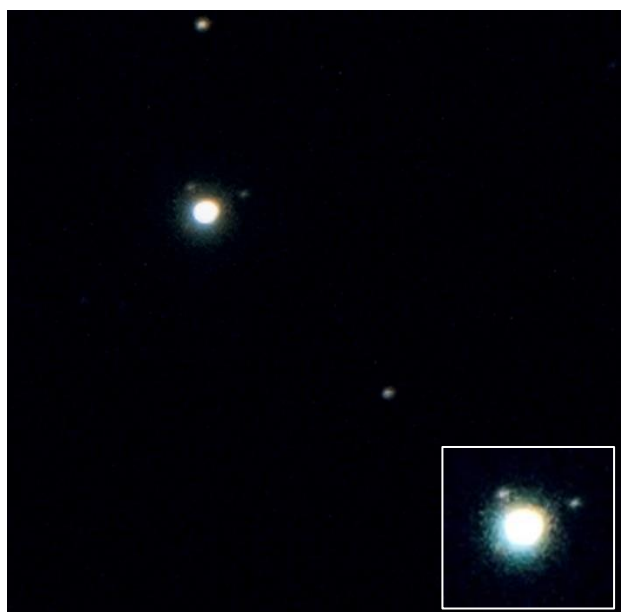
Text och foto Klas Reimers, STAR

”Small is beautiful” heter det ju. Idetta fall är det kanske lite mer ”Simple is beautiful” som gäller.

Frågan i rubriken har poppat upp lite då och då i min hjärna. Nu var det dags att syna korten. Jag kopplade min Canon 7D Mark II på min 105 mm refraktor. Monterade detta på min SkyWatcher EQ6, en ekvatoriell montering med inbyggd motordrift. Det hade gått lika bra med t ex en EQ5-montering som kostar mindre än 8000 kr.

Ingen autoguider eller annan lyx användes. Borde inte heller behövas vid en 30 sekunders exponering som var vad jag använde mig av. Fotograferade från mitt landställe på norra Öland.

Häpen kunde jag konstatera att Uranus två yttersta månar Oberon och Titania syntes tydligt på bilden. Kollade i min app ”Sky Safari” var månarna borde ligga och det stämde! Oberon ligger på bilden vid ”kl. 14” sett från Uranus, tätt intill planetskivan, och Titania vid kl. 11. Det går även att hitta Umbriel som ligger i strålgansen tätt, tätt intill planetskivan vid kl. 08. Med väldigt mycket fantasi kan man även inbilla sig att man ser Ariel som en liten utbuktning av planetskivan vid kl. 14. Miranda, den innersta och även minsta av Uranus traditionella, lite större månar, kan man glömma med denna enkla uppställning. För den som vill kontrollera själv togs bilden den 2 augusti i år kl. 01.54.



Uranus med månarna Oberon, Titania och Umbriel.

Titania och Oberon är bägge drygt 1500 km i diameter, dvs. lite mindre än hälften så stora som vår måne. Deras banor ligger längre ut från planetskivan än Månens. Umbriel däremot ligger närmare än Månen med sina 266 000 km. Jag plåtade på ISO 1600. De andra synliga objekten på bilden är närliggande stjärnor.

När det gäller Neptunus och synliga månar är saken enkel. Bara en måne, Triton, är rimlig att kunna se och fotografera med amatörtteleskop. Triton är större än någon av Uranus månar. Diametern är 2700 km, vilket gör att den ändå fortfarande bara är  $\frac{3}{4}$  så stor som vår måne. Banan ligger däremot rätt exakt på samma avstånd från planeten som vår måne med sina 355 000 km.

Triton syns tydligt vid kl. 11. För att få en känsla om bildskalan så var avståndet från Triton till Neptunus centrum denna natt 16.4”, dvs. lite mindre än en halv Jupiter-diameter. Det är förstås en stjärna man ser i nedre kanten av bilden i riktning kl. 17. Bilden togs även den med en 30 sekunders exponering, men denna gång med ISO 800.

Således, svaret är JA! det går att med enkel utrustning fotografera månar som cirklar runt Uranus och Neptunus.



Neptunus med månen Triton.

# STJÄRNORS TILLBLIVELSE OCH UTVECKLING

## DEL 2 – STJÄRNANS FORTSATT UTVECKLING

Text Tore Månsson, STAR. Bilder från Internet

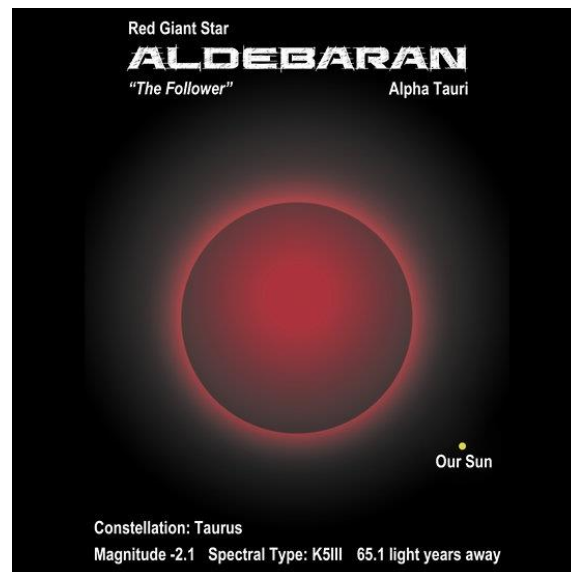
I *Stella* nr 2-2016 beskrev Tore Månsson hur stjärnor skapas. I denna artikel beskriver han hur stjärnor utvecklas och dör.

På huvudserien förbränner stjärnan sitt väte i stadig takt, ungefär 600 miljoner ton väte per sekund för en stjärna av solens storlek, sväller långsamt upp och ökar luminositeten under en lång tid. 10 miljarder år för solens del, medan tyngre stjärnor lever ett hektiskt och kortvarigt liv, några miljoner år för de tyngsta.

De minsta, 0,08 solmassor, har å andra sidan en tid framför sig av flera hundra miljarder år på huvudserien. Huvudseriens stjärnor beskriver ett band i HR-diagrammet, vilket beror på att stjärnorna förändras något under den långa tid de förbränner väte i centrum. De ökar något i ljusstyrka och blir större och gör då en kort resa snett uppåt höger i HR-diagrammet. Om man registrerar positionerna i HR-diagrammet för alla huvudseriestjärnor i Vintergatan vid en viss tidpunkt, blir resultatet ett band som går diagonalt uppför från vänster ned mot höger, eftersom stjärnorna befinner sig i olika utvecklingsstadier och sålunda rört sig olika långt på sina utvecklingskurvor.

### Röda jättar

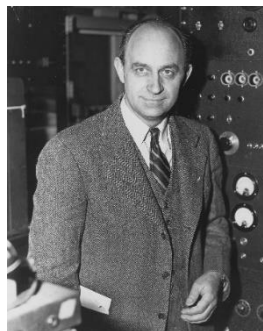
Så småningom börjar det samlas en hel del helium, resultatet av fusionen av väte, i centrum. Helium är tyngre än väte och sjunker därför ned mot centrum av stjärnan på grund av gravitationen. När en betydande del helium samlats i centrum så upphör fusionsreaktionerna där, vätet har trängts undan och temperaturen har inte nått de 100 miljoner K som fordras för att heliumförbränning skall börja. Detta är slutet på perioden som huvudseriestjärna, kriteriet var ju att vätefusionen skulle pågå i centrum. Nu har vi en mycket het kärna av helium och ett skal runt denna bestående av väte. Skalet har en tillräckligt hög täthet och tillräckligt hög temperatur för att vätefusion skall kunna pågå, vilket den gör i skalet och det bildade heliumet fortsätter att sjunka ned mot centrum. Heliumkärnan blir därvid allt massivare och trycks samman av gravitationen. Temperaturen ökar därför och för att balansera denna måste utstrålningen från stjärnan öka. Det gör den genom att expandera, en större begränsningsyta utåt ger en större strålade yta och därmed kan mer energi strålas ut. Temperaturen på det yttre skiktet sjunker också som en balanseringsreaktion. Stjärnan blir alltså allt större och rödare, vi är på väg att få en röd jättestjärna. Vätefusionen fortsätter i skalet och mer helium hamnar i centrum.



Figur 2: Aldebaran, en röd jättestjärna i jämförelse med solen

### Degenerering

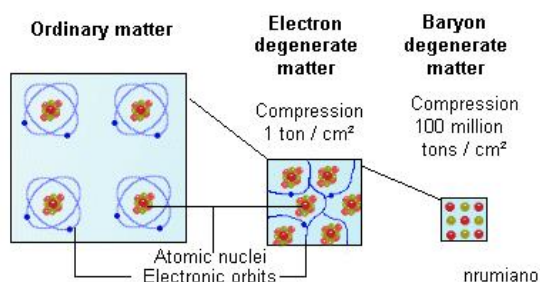
Gravitationen och de yttre lagren pressar enormt starkt på kärnan som packas allt tätare och dess temperatur stiger för att hålla emot trycket. Kärnan består av He-atomkärnor och elektroner som bildar en slags gas, men här gäller inte längre den vanliga gaslagen. Material i stjärnans centrum blir degenererat, det är elektrongasen som håller emot gravitationen och hindrar en kollaps. Elektroner tillhör den partikeltyp som kallas *fermioner*, efter Enrico Fermi, en italiensk fysiker.



Figur 1: Enrico Fermi, italiensk fysiker, 1901 - 1954. Han bidrog i väsentlig grad till utvecklandet av atombomben och kärnkraften

Fermioner karakteriseras av att endast två partiklar kan finnas i samma volym i kvantfysikens 6-dimensionella fasrumsrymd, detta kallas för Pauli's uteslutningsprincip. Kvantfysikens fasrumsvolym =  $\Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z \cdot \Delta p_x \cdot \Delta p_y \cdot \Delta p_z$  där (x,y,z) avser läge (våra vanliga tre dimensioner) och ( $p_x, p_y, p_z$ ) rörelsemängdsrummet (i allt väsentligt partikelns hastighet längs de tre rumsaxlarna). Ju högre tryck elektrongasen utsätts för och därmed täthet, desto högre hastigheter måste elektronerna ha för att inte hamna i samma position i fasrummet. Vid en viss given temperatur (liktydigt med en viss medelhas-

tighet hos elektronerna) börjar utrymmet för elektronerna i fasrumsrymden att ta slut vilket medför att ett motstånd mot ytterligare sammanpressning uppstår, ett sorts tryck, vilket kallas elektrondegenerationstryck. Detta har en märklig egenskap, det är oberoende av temperatur i motsats till den normala gaslagens samband,  $P \propto \frac{T}{V}$ , dvs. trycket  $P$  är proportionellt mot temperaturen  $T$  och omvänt proportionellt mot volymen  $V$ . Det är elektrondegenerationstrycket som motverkar gravitationens sammanpressande kraft i en röd jättestjärnas kärna.

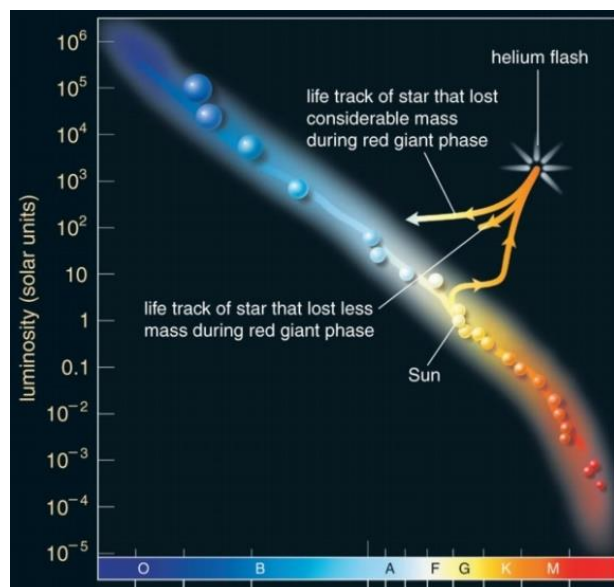


Figur 3: Degenererad elektrongas är det som gör att kollapsen stannar upp

### Heliumblix

Degenerationstrycket blir så småningom tillräckligt stort för att hindra en fortsatt sammanpressning av den mest centrala delen av kärnan, medan resten fortsätter att falla samman mot centrum och temperaturen fortsätter att stiga. När temperaturen i centrum når cirka 100 miljoner Kelvin kan heliumet börja fusioneras, genom den s.k. trippel-alfa processen, tre heliumkärnor slås samman till en kolkärna. Men eftersom trycket inte längre är beroende av temperaturen blir denna reaktion som en bomb. Temperaturen ökar snabbt, eftersom degenererad materia är en mycket effektiv värmeledare, mängden helium som fusionerar ökar snabbt. Kärnan expanderar inte och kyls av eftersom trycket inte längre är beroende av temperaturen. Denna skenande reaktion ökar nästan momentant effekten till 100 miljarder gånger stjärnans normala energiproduktion under ett fåtal minuter. Denna plötsliga och mycket kraftiga effektökning kan observeras över långa avstånd i rymden och kallas för heliumblix på grund av sitt kraftiga ljusutflöde och sin kortvarighet. Den snabbt ökade temperaturen gör att det termiska trycket återigen kommer med i bilden och blir dominant igen, samt förhindrar förfallet/kollapsen. Kärnan kan då expandera, kylas av och stabilt fortsätta förbränningen av helium.

Detta gäller för stjärnor som är mindre än  $2,25M_{\odot}$ , för större stjärnor blir inte kärnan degenererad, utan heliumfusionen startar gradvis från centrum och omfattar snart hela heliumkärnan. Vi har då fått samma tillstånd som för de mindre stjärnorna efter heliumblixen.



Figur 4: Heliumblix uppträder i små stjärnor,  $M \star < 2,25M_{\odot}$

### En ny fas liknande huvudserien

Nu genomgår stjärnan en process som i mycket liknar den som gällde för huvudserien. Ett relativt lugnt tillstånd där helium förbränns i centrum och väte i ett skal runt omkring. Temperaturen i centrum är mångdubbelt högre och luminositeten också betydligt högre. Ytemperaturen har minskat något, den högre utstrålningen, luminositeten, kompenseras istället genom en mycket större begränsningsyta; stjärnan är betydligt större än tidigare, en röd jättestjärna har bildats.

Restprodukterna från heliumförbränningen, kol och syre, samlas nu i centrum pga. sin större tyngd och så småningom inträffar nästa steg i utvecklingen när heliumet i centrum är förbrukat. Detta tar naturligtvis tid, man kan räkna med att heliumet i stjärnan förbrukas under en tid som motsvarar 10% av den tid stjärnan tillbringade på huvudserien.

Den fortsatta utvecklingen är mycket beroende av stjärnans massa. Stjärnor mindre än 4 solmassor har ett utvecklingsspår som slutar med att kärnan av kol och syre långsamt svalnar under eoner, medan stjärnor med massor över 8 solmassor går ett betydligt våldsammare slut till mötes. För stjärnor med massor däremellan råder fortfarande en viss osäkerhet i vad deras slutliga öde består i. Men den huvudsakliga uppfattningen är att dessa stjärnor mot slutet blir väldigt instabila och kastar av sig stora delar av de yttre gaslagren och minskar därigenom sin massa så att den i stort sett hamnar under 4 solmassestreck. Därmed återförs dessa stjärnor till kategorin mindre än 4 solmassor och förmodas då sluta på samma sätt.

## Stjärnor mindre än 4 solmassor

### *På väg mot instabiliteter och bildande av planetär nebulosa*

Beroende på stjärnans eller snarare kärnans massa finns två olika vägar att gå. I de fall stjärnan från början är mindre än omkring 4 (-8 se ovan) solmassor fortsätter heliumförbränningen i ett skal runt

kärnan som nu består av oerhört komprimerat kol och syre (proportionerna beror av stjärnans ursprungliga massa, ju tyngre desto mer syre) och väteförbränningen i ytterligare ett skal utanför heliumskalet.

Temperaturen i centrum ökar men når aldrig till de nivåer som krävs för att kolet skall börja fusionera. Kärnan blir allt hetare vilket innebär att heliumskalet expanderar och förtunnas samt att väteskalet också måste expandera.

Expansionen av väteskalet sänker dess temperatur vilket bromsar upp fusionsprocessen och därmed minskar tillförseln av helium till det underliggande heliumskalet. Detta påverkas då dubbelt, förutom mindre tillförsel utifrån sjunker temperaturen även här pga. expansionen. Färre fusioner i heliumskalet innebär att temperaturen sjunker och energiproduktionen minskar, trycket minskar och heliumskalet krymper. Detta medför att även väteskalet följer efter och ökar därmed täthet och temperatur, varvid hela processen börjar om igen.

Vi har fått en variabel stjärna. Hur kaotiskt eller regelbundet detta sker är svårt att härleda, men vi har några exempel på väldigt regelbundna svängningar i RR Lyrae-stjärnor och Cepheider. Om nu stjärnan är mindre än 4 solmassor klingar dessa variationer av med att de yttre lagren expanderar kraftigt. Stjärnatmosfären, det som funnits utanför fusionsskalen trycks ut till mycket stora avstånd.

Betraktar man ett dylikt objekt så ser det ut som en mycket liten starkt lysande kärna och ett tunt gas-skal runt omkring detta. Man ser rakt igenom skalet och det ser då tätare ut i periferin och kan ge intryck av en ring runt den centrala kroppen. De första observationerna av sådana objekt gav intryck av en central stjärna med en ring runt denna och man gav dem beteckningen "planetär nebulosa". Ringen består dock inte av något planetliknande utan enbart av mycket tunn gas från den ursprungliga stjärnan i ett sfäriskt skal.

### **Vita dvärgstjärnor**

Den vidare utvecklingen är inte särskilt dramatisk. Den utkastade gasen fortsätter ut i den interstellära rymden och kärnan blir ganska snart helt frilagd. Vi har då fått vad som kallas en vit dvärgstjärna, eller vit dvärg. Denna har då en ytemperatur omkring 100 000 K och lyser därmed väldigt starkt i blått

och UV och återfinnes högt upp och till vänster i HR-diagrammet. Inga kärnreaktioner sker längre utan det enda som händer är att temperaturen sjunker genom att den termiska energin som är lagrad i den vita dvärgen strålar ut i universum. I HR-diagrammet rör den sig till en början nästan vertikalt nedåt i och med att luminositeten minskar. Senare blir det tydligt att även temperaturen minskar och rörelsens horisontella komponent åt höger, åt det rödare hållet, blir märkbar. Till slut, om många miljarder år, har det hela blivit en svart dvärgstjärna bestående av kol och syre med en mycket hög densitet, ungefär 1 ton per milliliter (kryddmått!).

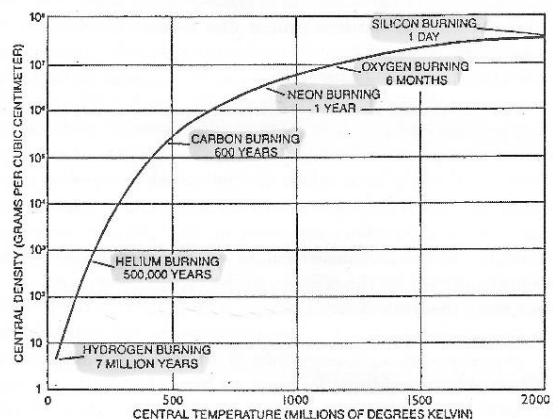
### **Stjärnor större än 8 solmassor**

Skulle stjärnan vara av större modell, mer än 8 solmassor, har den ett utvecklingsspår som är betydligt mer dramatiskt än för de mindre stjärnorna.

Till en början, fram till och med bildande av kol- och syrekärnan är utvecklingen densamma även om det går betydligt fortare. Nu blir dock tätheten och temperaturen så hög, ungefär 600 miljoner K i centrum, att kolet börjar undergå fusionsreaktioner och det bildas då neon, Ne, och magnesium, Mg. Det syre som bildats tidigare finns kvar så den nya kärnan som bildas består av O, Ne och Mg. Helium och vätefusionerna fortsätter i sina respektive skal.

Dessa nya ämnen sjunker nu ner mot centrum och kärnan komprimeras nu ännu mer och når snart en temperatur, omkring 1 miljard K, som medger att även syret börjar fusionera och genom många alternativa reaktioner bilda en hel del olika tyngre ämnen. Den största andelen består av kisel, Si och sva-vel, S.

Processen upprepas nu en sista gång. Det sker på väldigt kort tid och omfattar en stor mängd olika kärnfysikaliska reaktioner vilka resulterar i bildandet av järn, Fe och nickel, Ni. Järn och nickel är de kraftigast bundna atomkärnorna, några ytterligare kärnreaktioner som kan ge ett överskott av energi finns inte.



Figur 5: Utvecklingen för en stjärna med 25 gånger solens massa när den hamnar på huvudserien. Varje nytt fusionssteg tar en bråkdel av föregående i tid. Sista steget, omvandlingen av kisel till järn, tar bara ett dygn.

## Slutlig kollaps

Nu kan vi inte hoppas på någon typ av reaktion som kan producera energi för att hålla emot gravitationen med ett termiskt tryck. Kärnan av numera järn och nickel har initialt en radie av omkring 6000 km, ungefär jordens storlek, men gravitationen är så kraftig att atomerna bokstavligen krossas. Järn-atomkärnorna slås sönder av energirika fotoner och neutroner bildas av protonerna och de elektroner som fanns i atomerna. En kärna bestående av, i stort sett, enbart neutroner bildas vilken har en radie på ett tiotal kilometer. Den 6000 km stora järn/nickelkärnan rasar ihop till ett klot med en radie som är några tusendelar av den ursprungliga. All denna gravitationella energi plus den som stjärnans yttre lager bidrar med då de störtar in mot centrum efter den kollapsande järnkärnan är det som driver den supernovaexplosion vi nu får. De yttre lagren som störtar in mot centrum hinner accelereras till hastigheter som blir upp mot 15 % av ljushastigheten innan de träffar den nu oerhört kompakta kärnan av degenererade neutroner.

## Stjärnor mellan 4 och 8 solmassor

Vad händer med de stjärnor som är mindre än 8 solmassor men större än 4 solmassor? Detta har astrofysiken inte något klart svar på. Man anser att dessa stjärnor genom mycket kraftiga stjärnvindar, genom kraftiga eruptioner, kraftigt pulserande storlek o.d. kastar av sig stora mängder materia så att det som så småningom finns kvar, när slutstadiet inträder, är stjärnor som blivit mindre än de 4 solmassor som är kriteriet för att bilda vita dvärgar. I tabellen nedan, Tabell 1, anges utvecklingen av olika storlekar av stjärnor, mätt i solmassor. Här har man beskrivit utvecklingen med ytterligare ett par massintervall och tagit med stjärnor som inte blev stjärnor,  $M_{\star} < 0.08M_{\odot}$ , och 8 till  $13 M_{\odot}$ , där resultatet blir neutronstjärnor.

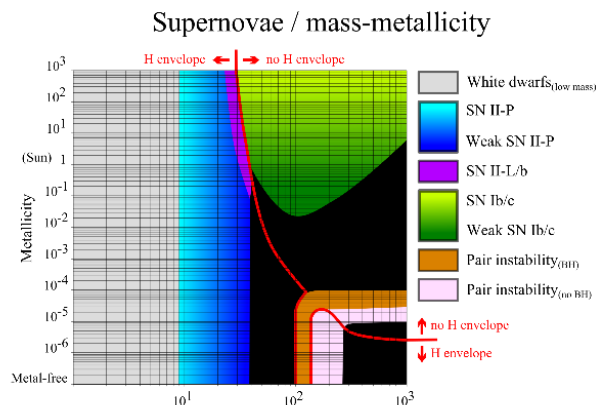
| Initial massa<br>$M_{\odot}$ | Förbränningsprocess                                                               | Slutresultat                       |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| $M_{\star} < 0.08M_{\odot}$  | ingen vätefusion<br>(degenerationstryck +<br>elektrostatiska krafter)             | planeter, bruna dvärgar            |
| $[0.08, 0.48]M_{\odot}$      | vätefusion, ingen<br>heliumfusion                                                 | degenererad helium-<br>dvärg       |
| $[0.48, 8]M_{\odot}$         | väte och heliumför-<br>bränning                                                   | degenererad CO<br>dvärg, vit dvärg |
| $[8-13]M_{\odot}$            | komplikerad förbrän-<br>nings- process, ingen<br>järnkärna                        | neutronstjärna                     |
| $[13-80]M_{\odot}$           | bildande av järnkärna,<br>kärnkollaps                                             | neutronstjärna, svart<br>hål       |
| $M_{\star} > 80M_{\odot}$    | parinstabilitet? full-<br>ständig förintelse?                                     | ingen rest                         |
| $[6-8]M_{\odot}??$           | degenererad kolfusion<br>möjlig (men osannol-<br>ik), fullständig förin-<br>telse | ingen rest                         |

Tabell 1: Slutligt öde beroende av den initiala massan i solmassor för metallicitet = 0,02

## Supernovor

Det finns en hel mängd olika typer av supernovor, de skiljs åt genom olika kriterier. Ett kriterium är huruvida explosionen är resultat av en kärnkollaps eller en nukleär explosion.

Supernovor av typ Ia är de som uppstår då en vit dvärg genom infångning av materia från en närlägen stjärna (t.ex. den andra i ett par) ökar sin massa över den så kallade Chandrasekhar-massan. Uppkallad efter Subramanyan Chandrasekhar, en indisk fysiker som beräknade den maximala massan en vit dvärg kan ha innan den förintas i en termionukleär explosion. Man kan även tänka sig att två vita dvärgar kolliderar och på det sättet kommer över den



Figur 6: Massiva stjärnors slutliga öde beroende på deras initiala massa och metallicitet relativt solens.

kritiska Chandrasekhar-massan. Då man vet hur stor massan är som förintas och vilka reaktioner som sker kan man beräkna hur mycket energi som bildas som elektromagnetisk strålning och därmed bestämma ljusstyrkan hos en typisk typ Ia supernova. De kan därför användas som så kallade standardljus och därmed som avståndsmätare i universum.

Supernovor av typ II är alla resultat av en massiv stjärnas ( $> 8$  solmassor) slutliga kollaps vilken inträffar när den sista möjligheten till energiutvinning, bildandet av järn och nickel, skett i centrum.

Då kan inte längre det termiska trycket stå emot gravitationen i den, med några tusen kilometers radie, stora järn och nickelkärnan. Kärnan komprimeras nu till en mycket hög densitet, som beskrivits ovan. Resten av stjärnan kommer nu rasande efter in mot den kompakta kärnan, de yttre lagrens potentiella energi omsätts nu i rörelseenergi på vägen mot centrum. Det är all denna rörelseenergi som utlöser supernovaexplosionen när kollisionen sker med den superkompakta kärnan som nu består av i stort sett enbart neutroner. Kärnans alla atomkärnor av järn, nickel och diverse andra grundämnen har slagits sönder av den intensiva högenergetiska gammastrålningen i sina beståndsdelar av protoner och elektroner. Av gravitationen pressas de samman och bildar då neutroner samt en mängd neutriner och gammafotoner. Neutriner växelverkar mycket lite med den övriga materian i stjärnan och lämnar denna i stort obehindrat och tar med sig en hel del

energi ut i universum. Fotonerna däremot kolliderar med andra partiklar och kommer inte ut så lätt. De instörtande yttre lagren av stjärnan når efter några sekunder den kompakta kärnan och studsar då mot denna varvid en enorm tryckvåg uppstår som rör sig utåt med tiotusentals kilometer per sekund. Energiutvecklingen i en supernova rör sig om enorma mängder, ungefär  $10^{44}$  Joule, och avges under en mycket kort tid. Energimängden är jämförbar med solens hela energiavgivning under hela sin livstid om 10 miljarder år. Det är i detta skede som alla grundämnen tyngre än järn och nickel bildas. De yttre lagren blåses bort och kvar blir en neutronstjärna med ett expanderande gas- och stoftmoln omkring sig.

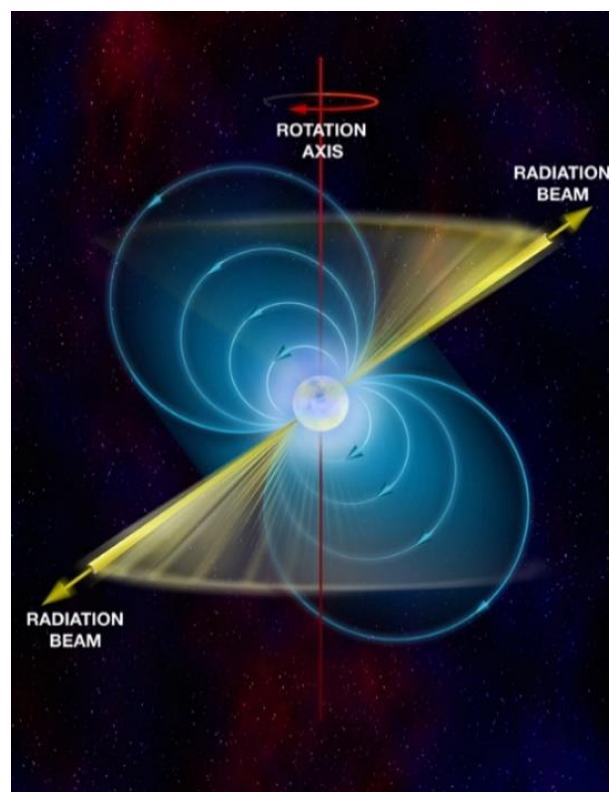
### Neutronstjärnor

För många stjärnor större än 8 solmassor tar inte tillvaron helt slut när all fusionsenergi utvunnits och en supernovaexplosion inträffat. Den rest som blir kvar består i princip av en gigantisk atomkärna uppbyggd av, i stort sett, enbart neutroner. I detta läge är det enda som kan stå emot gravitationskrafterna degenerationstrycket från neutroner. Det som blir kvar efter järnkärnans kollaps är en liten sfär med 10-15 km radie med en täthet som motsvarar en atomkärnas.

Den ursprungliga stjärnans rotationsmoment bevaras enligt fysikens lagar och en del försvinner med det som blåses bort av supernovaexplosionen, men en stor del blir kvar och medför att den lilla neutronstjärnan får en mycket hög rotationshastighet. Denna kan i vissa fall öka väldigt mycket, neutronstjärnor som roterar många hundra varv per sekund har observerats och hastigheten vid ytan kan uppgå till en rätt stor andel av ljushastigheten. Rotationshastigheten kan också öka efter det att neutronstjärnan bildats, detta sker genom att gas och stoft från en närbelägen stjärna, t.ex. den andra stjärnan i ett dubbelstjärnesystem, faller in mot neutronstjärnan och gasens rotationsmoment överförs till neutronstjärnan som därmed ökar sin rotationshastighet.

Neutronstjärnan har också i praktiskt taget alla fall ett kraftigt magnetfält som kommer sig av att den ursprungliga stjärnans magnetfält bevaras och koncentreras till den lilla kvarvarande sfären som utgör neutronstjärnan. Den snabba rotationen och magnetfältet medför att elektromagnetisk strålning, som är mycket kraftig, fokuseras längs magnetfältets poler. Oftast sammanfaller inte magnetfältets poler med rotationens axel, vilket medför att den stråle av elektromagnetisk strålning som lämnar neutronstjärnan sveper runt som ljuskägla från en gammeldags fyr. Om Jorden ligger i en sådan riktning från en neutronstjärna, att dennas strålningskägla sveper förbi, observerar vi den som periodiskt blinkande i ljus eller radiovågor beroende på frekvens. Periodiciteten av dessa pulser är oerhört

stabil och de första observationerna av dessa som gjordes av Jocelyn Bell 1967 belönades med Nobelpris men bara för hennes överordnande. Hon fick ingen del av priset, vilket närmast betecknades som skandal. Det Jocelyn Bell upptäckte var att Krabbnebulosan, i sitt centrum, innehöll ett objekt som pulserade med en väldigt precis frekvens. Först kallades det för "Little Green Men" då man först tolkade den precisa regelbundenheten som resultat av intelligent agerande, men snart kom man sanningen på spåren i form av snabbt roterande neutronstjärnor - *pulsarer*.



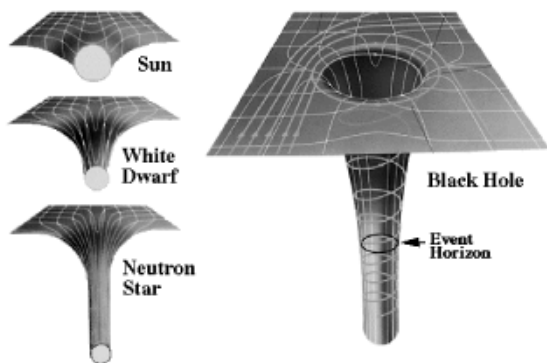
Figur 7: En neutronstjärnas rotationsaxel och magnetiska polaxel sammanfaller sällan. Detta ger upphov till en stråle som sveper runt med neutronstjärnans rotationsfrekvens, vilket vi, om vi ligger i rätt riktning från neutronstjärnan, uppfattar som pulser när strålen sveper förbi. Därav namnet pulsar.

I vissa fall har man observerat pulsarer med oerhört kraftiga magnetfält vilka man benämnt *magnetarer*, men dessa skiljer sig enbart från neutronstjärnor i allmänhet genom ovanligt kraftiga magnetfält.

Neutronstjärnans hela massa hindras från att kollapsa genom neutronernas degenerationstryck, neutronerna är fermioner och kan således inte befinna sig mer än två med olika spin i samma fasrumsutrymme samtidigt. Neutronerna upprätthåller genom detta tryck motståndet mot och förhindrar den slutliga kollapsen genom att öka hastigheten, men när den nödvändiga hastigheten närmar sig ljushastigheten är slutet nära. Därför ser vi att neutronstjärnor har massor som ligger i intervallet 1,5 – 3 solmassor. Skulle den vara större kan inte ens degenerationstrycket hos neutronerna hålla emot gravitationen och den slutliga kollapsen inträffar.

## Svarta hål

Har vi att göra med en mycket stor stjärna, större än ~13 solmassor, så är sannolikheten stor att den kärna som bildas i slutfasen av en stjärnans liv är så stor att neutronerna inte kan hålla emot gravitationstrycket utan kollapsen fortsätter. Det finns inte något känt tillstånd som nu kan bromsa upp kollapsen utan den fortsätter och ett stellärt svart hål bildas, en singularitet i rumtiden.



Figur 8: En massa kröker rum-tiden i sin närhet, vilket vi upplever som gravitationskraft. Ju större massa eller ju kompaktere massan är, desto kraftigare krökning. När massan blir så stor och koncentrerad att inga fysikaliska krafter kan hålla emot längre fortsätter en kollaps mot en singularitet, ett svart hål i rum-tiden bildas då. Passerar man händelsehorisonten finns ingen väg tillbaka.

Svarta hål har diskuterats under lång tid. Redan 1783 skrev John Michell i ett brev till den brittiska "Royal Society" översatt: "Om radien av en sfär av samma täthet som solen skulle överträffa solens med en faktor av 500 mot 1 skulle ett objekt som kom från oändligheten fått en hastighet vid ytan som skulle överskridit ljushastigheten, och följaktligen, om man antar att ljus påverkas av samma krafter som alla kroppar i proportion till dess tröghetsmassa, skulle allt ljus utsänt från en sådan kropp böjas av tillbaka av dess egen gravitation".

1796 framförde matematikern Pierre-Simon Laplace samma idé i första och andra utgåvan av sin bok "Exposition du système du Monde". Sådana "mörka stjärnor" ignorerades helt under 1800-talet då man inte förstod hur masslösa vågor som ljus kunde påverkas av gravitation.

Emellertid utvecklades förståelsen för universum och dess olika fenomen under början av det 20:e seklet. Einsteins teorier, den speciella relativitetsteorin och den allmänna relativitetsteorin, som publicerades 1905 och 1916 accepterades av de flesta kosmologer och astrofysiker. Här beskrevs möjligheten för svarta hål, dvs. singulariteter i rumtiden.

## Stellärt svart hål

När en massiv stjärna, större än ~13 solmassor, kollapsar blir resultatet en singularitet i rumtiden,

ett stellärt svart hål. Massan för ett stellärt svart hål rör sig om några få solmassor, då det är fråga om kollaps av stjärnor med mellan 13 och kanske närmare 100 solmassor. De väldigt massiva stjärnorna är mycket sällsynta i nutidens universum.

De svarta hålen karakteriseras av en s.k. händelsehorisont, det avstånd från centrum där gravitationen är så stark att inte ens fotoner kan ta sig ut. Om man kunde observera ett svart hål på relativt nära håll skulle man inte kunna se hålet, men istället ett område som inte sände ut någon som helst strålning, helt svart. Ljuset orkar inte ut från området som karakteriseras av händelsehorisonten, men man skulle kunna se baksidan av området eftersom fotonerna som skickas ut från områden utanför händelsehorisonten på baksidan böjs av så att man från framsidan kan detektera dem. Händelsehorisonten har för ett stellärt svart hål en radie på omkring 8 – 10 km, jämförbart med storleken på en neutronstjärna.

## Tre egenskaper

Man brukar säga att ett svart hål är ett väldigt enkelt objekt ur astrofysikalisk synvinkel, det karakteriseras enbart av tre egenskaper:

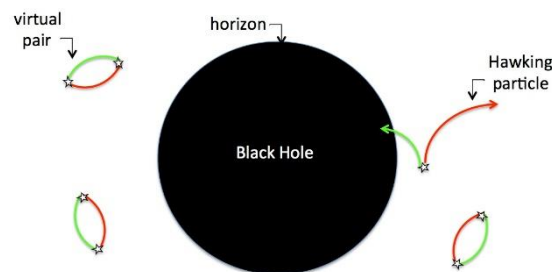
- Massa
- Rotation
- Laddning

På engelska brukar man säga att svarta hål "have no hair", vilket är nog så talande.

Stephen Hawking är en astrofysiker som ägnat sig väldigt mycket åt svarta hål och kommit med en hel del revolutionerande teorier om dessa.

## Svarta hål dunstar bort (långsamt!)

Stephen Hawking har förutsagt att svarta hål inte finns för evigt, de sänder ut partiklar i samband med parbildning av atomära partiklar i händelsehorisontens närhet.



Figur 9: Vid händelsehorisonten runt ett svart hål skapas partiklar parvis ur "intet" och ibland händer det att innan de rekombinerar och försvinner i "intet" igen, att den ena partikeln försvinner ner i det svarta hålet och den andra ut i universum. Massa försvinner således gradvis från det svarta hålet, det avdunstar. Dock mycket långsamt till en början.

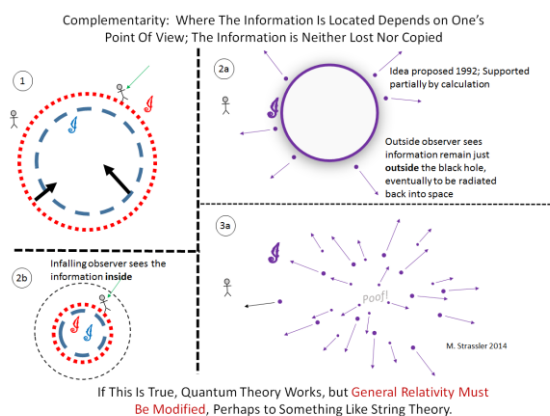
Vid parbildning skapas två partiklar, t.ex. en elektron och en positron spontant ur vacuumet. Normalt annihilerar de varandra efter mycket kort

tid, bråkdelar av sekunder, men i närheten av händelsehorisonten kan det inträffa att den ena partikeln försvinner innanför denna innan annihilationen inträffar och att den andra partikeln försvinner ut i vårt universum. Detta innebär att det svarta hålet sakta förlorar massa och energi. Ett svart hål med solens massa "dunstar" på så sätt bort på  $\sim 10^{67}$  år, vilket är en ofattbar lång tid. Det väsentliga är dock att de svarta hålen inte finns där för evigt.

Universums ålder är nu  $\sim 1,4 \cdot 10^{10}$  år och när solen slocknar ungefär 50 % högre, vilket innebär att det återstår enorma tidrymder innan stellära svarta hål dunstat bort. Då ska man notera att de supermassiva svarta hålen som man anser finns i centrum av i stort set varenda galax har massor som är i storleksordningen miljoner till miljarder solmassor. Så för att de skall dunsta bort kommer det att gå ännu längre tider.

### Informationsparadoxen

I detta sammanhang kan det kanske vara påtalat att beröra den s.k. informationsparadoxen.



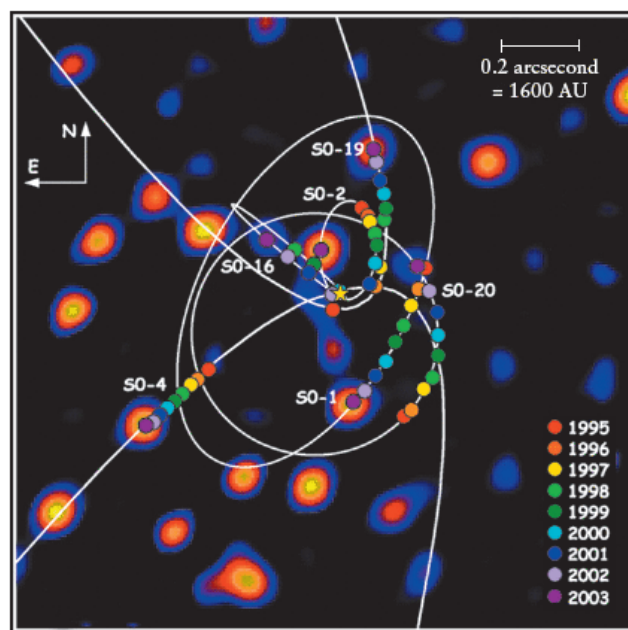
Figur 10: Information är oförstörbar, precis som energi, enligt nutida fysik.

Enligt modern fysik kan inte information förstöras, vilket kan jämföras med energi. Energi kan inte förstöras bara omvandlas, enligt den s.k. energiprincipen. Information, dvs. egenskaper hos partiklar och objekt i universum, måste bevaras. Men vad sker med informationen när sådant objekt försvinner in i ett svart hål? Om information inte kan förstöras måste det vara möjligt att återfå denna när det svarta hålet avdunstar. Men hur är det möjligt om allt som faller in i ett svart hål krossas i den centrala singulariteten? Detta har varit ett dilemma sedan Stephen Hawking anförde att svarta hål inte existerar för evigt och kallats för informationsparadoxen. Han har emellertid nyligen själv föreslagit en lösning på detta problem. Han teoretiserar om att informationen inte försvinner ner i singulariteten, utan stannar på ytan, dvs. vid händelsehorisonten. På så sätt skulle informationen återfås i långsam takt när det svarta hålet avdunstar och paradoxen förklaras.

### Supermassiva svarta hål

Svarta hål uppträder i olika skepnader, de stellära som vi just diskuterat och vad man kallar supermassiva svarta hål som man återfinner i de flesta galaxers centrum. De supermassiva svarta hålen har massor som vida överstiger de stellära, de har massor som räknas i miljoner upp till miljarder solmassor.

Man har inom de senaste årtiondena lyckats bestämma massorna för Vintergatans centrala svarta hål och för ett antal andra galaxer och kommit fram till att vår egen galax har ett supermassivt svart hål omfattande ungefär 4 miljoner solmassor och med en utsträckning (händelsehorisont) som är i samma storleksordning som vårt solsystem.



Figur 11: I Vintergatans centrum, Sagittarius A\*, rör sig ett antal stjärnor med mycket höga hastigheter, totalt procent av ljushastigheten, runt något som inte syns. Stjärnbanorna ger oss möjlighet att beräkna massan hos det objekt som stjärnorna rör sig runt och man kommer fram till häpnadsväckande  $\sim 4$  miljoner solmassor. Utsträckningen kan med hjälp av stjärnbanorna bedömas vara mindre än vårt solsystem.

Hur dessa supermassiva svarta hål uppkommit är ännu en gåta för astrofysiker och kosmologer. Man spekulerar i om de uppkommit i samband med Big Bang eller om de är resultat av sammanslagningar av många stellära svarta hål. Det senare verkar dock osannolikt, universums ålder är inte hög nog för att detta skulle ha haft tid att ske.

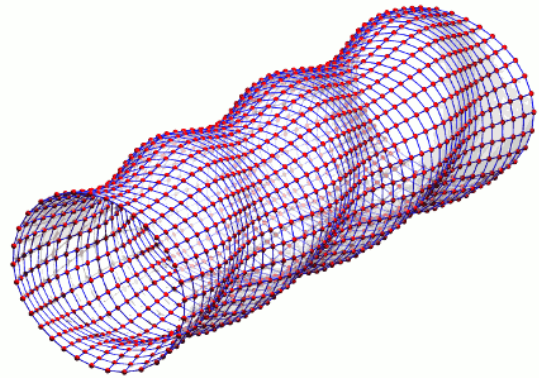
Vi får avvakta ytterligare forskning och teorier i dessa fall.

## Gravitationsvågor

Nyligen har amerikanska forskare, B. P. Abbott et al., hävdade att man registrerat gravitationsvågor med detektorn LIGO. De tror sig kunna peka på en sammanslagning av två stellära svarta hål med massorna  $36 M_{\odot}$  och  $29 M_{\odot}$ , som resulterade i ett svart hål med massan  $62 M_{\odot}$  samt att ungefär  $3 M_{\odot} c^2$  strålade ut i form av gravitationsvågor. Händelsen inträffade ungefär 410 Mpc ( $\sim 1,3$  miljarder ljusår) bort från jorden.

Ett tidigare forskarlag hävdade för några år sedan att de funnit indirekta bevis för gravitationsvågor från Big Bang i polarisationen av den kosmiska bakgrundsstrålningen. Senare kontrollmätningar visade dock att det man detekterat i huvudsak var damm i vår egen galax, Vintergatan. Det gick inte att urskilja någon effekt från bakgrundsstrålningen. Det som förvånade något med upptäckten av gravitationsvågor från de kolliderande svarta hålen, benämnt GW150914, var de stora massorna hos de förmodade stellära svarta hålen. Ytterligare en upptäckt av kolliderande svarta hål gjordes med LIGO i

december 2015, GW151226, som involverade två svarat hål med massorna 8 respektive 14 solmassor. Forskarna hävdar att det inte går att hitta alternativa förklaringar till händelserna.



[www.einstein-online.info](http://www.einstein-online.info)

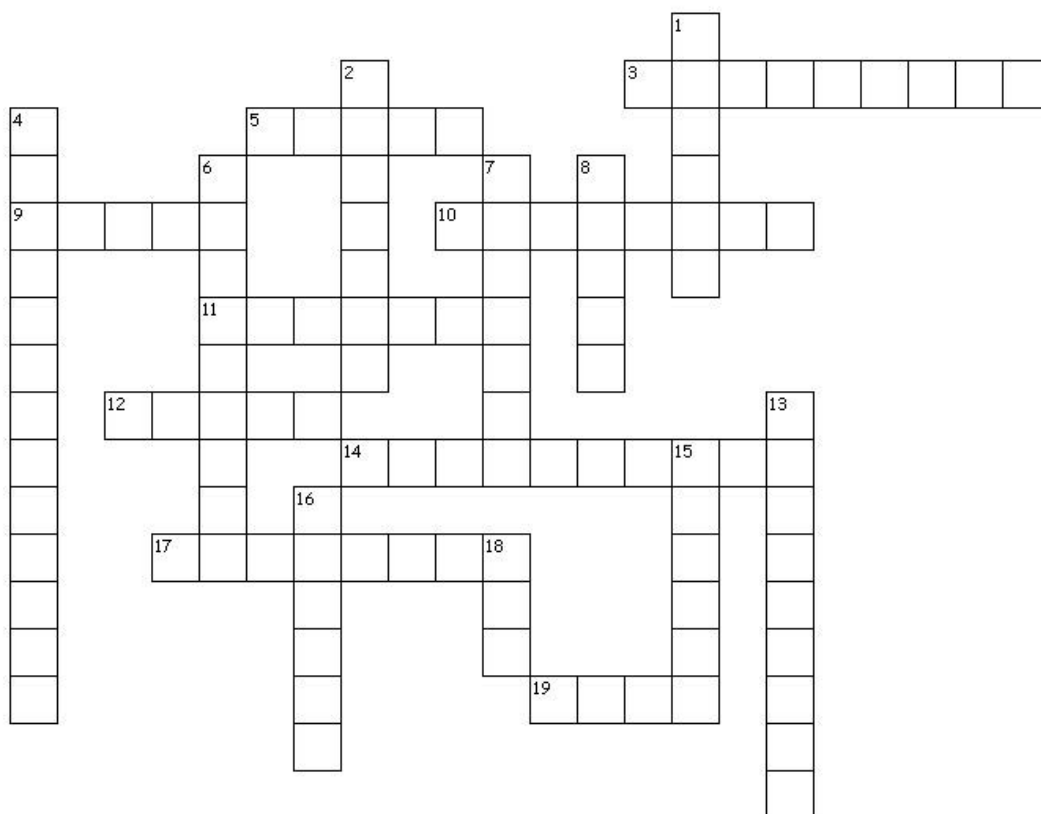
Figur 12: Gravitationsvågor ger upphov till en deformation av rum-tiden. Deformationen är dock mycket liten, en bråkdel av en atomkärnas diameter på avstånd av flera kilometer. Mycket känsliga detektorer krävs. LIGO använder sig av interferens-teknik för detta.

\*\*\*\*\*



Konstnär Jan Ed, Nyköping

## Korsord STELLA 3/2016



### Vågrätt

- 3. Spegelteleskop
- 5. Stor teleskoptillverkare
- 9. Vår stjärna
- 10. Småplanet
- 11. Rymdsond kring planet
- 12. Kan ha svans
- 14. Föreslog en heliocentrisk världsbild  
(stavat med K)
- 17. Planet med fingerprydnader
- 19. Bästa föreningen!

### Lodrätt

- 1. Är en Perseid exempel på
- 2. Upptäckaren av Jupiters 4 månar
- 4. Vid det gamla huserar vi
- 6. Närbelägen galax
- 7. Svensk raketuppskjutningsbas
- 8. Ordförande
- 13. Amerikansk tidskrift
- 15. Sjön Mien är en sådan
- 16. En av de stora Jupitermånarna
- 18. Väderstreck stjärnor kulminerar i

(c) Art 2016

Namn \_\_\_\_\_

Adress \_\_\_\_\_

Postadress \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

e-post \_\_\_\_\_

1:a pris: 2 trisslotter

2:a pris: 1 trisslott

Skicka lösningen till Katarina Art senast 28/2 -17  
- inskannat till: guld24k@gmail.com  
- eller lämna en fotokopia eller originalet i  
styrelserummet hos STAR i lådan märkt POST.  
Lycka till!

Nästa korsord skulle jag vilja ha:

- lättare
- lika svårt
- svårare



M33 Triangelgalaxen på ett avstånd av c:a 3 miljoner ljusår ingår i vår lokala galaxhop. Bengt Rutersten har tagit bilden med ett Maksutov-Newton MN190 teleskop och färgkamera CCD 383LC+. 26 bilder á 180sek.



Norrskén. Mats Mattsson