



CHOCKVÅGOR

En gång var de astronomins största ouppklarade mysterium. Andreas Johansson berättar om vår nya bild av gammablixtarna.

U ngefär en gång per dygn lyser himlen upp av ett utbrott av gammastrålar. De flesta av dessa gammautbrott kommer från väldigt häftiga explosioner som skapar så kallade gammablixtar. På engelska heter det Gamma-Ray Burst och förkortas vanligen GRB. Våra satelliter som kan ta emot gammastrålning skickar ned positionen på himlen som utbrottet kom från till jorden där arbetet med att observera en gammablixt tar vid.

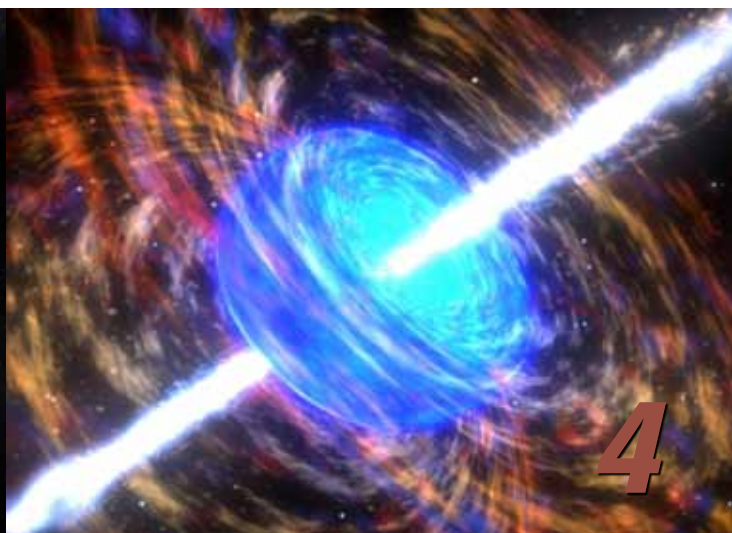
I vardagslivet kallar man ofta tider som är längre än man är van vid för astronomiska tidsskalor, just för att de flesta fenomen som sker inom astronomin går väldigt långsamt. Stjärnornas liv och utveckling är ett

exempel på något som får oss astronomer att framstå som att vi har helt förvrängda tidsuppfattningar. Mindre stjärnor, såsom vår egen sol, bränner sitt bränsle i en såvlig takt och de lever i ett tiotal miljarder år. Tunga stjärnor däremot brinner mycket hetare, och trots att de innehåller många gånger mer massa än solen så lever de ändå jättekorta liv, ibland så kort som ett tiotal miljoner år.

Men ibland sker fenomen som är snabba även med vardagliga mått mätt. När en kosmisk explosion sker – en stjärna som exploderar eller två stjärnor eller svarta hål som krockar – så handlar det om sekunder! I vissa fall skickas det ut en nödraket i och med explosionen som vi ser som en gammablixt.



3



4



7



8

Bilderna 1-8: Så tror forskare att en lång gammablixt kommer till. En tung, blå stjärna dör och skapar ett nytt svart hål i sin kärna. Intill det svarta hålet altras jetstrålar som tränger ut genom stjärnan. Sedan exploderar hela stjärnan som en supernova.

OCH NYFÖDDA SVARTA HÅL – GAMMABLIXTARNAS HEMLIGHETER

av Andreas Johansson

Händelseförloppet

Hur mycket energi frigörs under en gammablixt? Håll fast er i stolen, för nu kommer det astronomiska beloppet! Under de få sekunder upp till några minuter som blixten varar frigörs ungefär lika mycket energi som vår sol strålar ut under hela sin livstid. Denna energi sätter fart på en relativt liten del av gasen som håller på att explodera och skjuter ut två jetstrålar i motsatt riktning från varandra. Hela det här händelseförloppet som jag ska förklara kan ni se i bilder här ovanför och på nästa uppslag.

All gas som skjuts ut i jetstrålarna har inte samma hastighet, så delar av gasen kommer att krocka och skapa chockvågor. Chockvågor är viktiga inom astronomin och speciellt

inom gammablixtforskningen. En chock i astronomisk bemärkelse är när en gas eller annat medium pressas samman snabbare än vad den hinner anpassa sig till förändringen. Ett bra jordnära exempel på en chock är gasen från en jetmotor, som pressas ut i överljuds fart. Någonstans träffar jetstrålen på den stillsamma luften och saktas in, men den nya gasen som kommer från jetmotorn färdas för snabbt för att hinna känna av det, och en chock uppstår.

Gasen som chockas sätter väldigt fart på sina elektroner, som börjar att skicka ut ljus. Om vi står i jetstrålens siktlinje kommer detta ljus att nå oss och bli gammablixten som vi ser. Att vi måste stå just i jetstrålens siktlinje beror på något som kallas relativistisk aberration, eller relativistisk förvrängning. Detta kommer av att gasen i jetstrålen färdas

BILDER: NASA / SKYWORX DIGITAL

AKTUELL FORSKNING

med en fart väldigt nära ljusets hastighet, den högsta tillåtna hastigheten enligt fysikens lagar. Närmare bestämt färdas den i mer än 99,999 % av ljusets hastighet!

Som ni vet är ju inte rymden mellan stjärnor och andra objekt tom, utan det finns gas överallt. Speciellt mycket gas finns runt en stjärna som håller på att dö, eftersom den pumpar ut gas i rymden som en sista dödsryckning innan explosionen. Så vad händer när jetstrålen träffar den stillsamma gasen runt stjärnan? Jo, en chock till!

Stadiet som vi går in i nu kallas för efterglöden. Jetstrålen plöjer igenom gasen, sveper upp den och hettar upp den så att den börjar att lysa. Vid det här laget har astronomerna på jorden haft tid på sig att rikta sina teleskop mot källan som Swift hittade och följer händelseförloppet med stort intresse. Chockfronten saktar så småningom in alltmedan den samlar på sig mer gas, och man slutar att observera efter några veckor till några månader till ibland år, när ljuset har falnat och har slutat att ändra egenskaper.

Upptäckt

Liksom många av de stora upptäckterna är gammablixtar något som man ramlade över av "misstag". Under sextiotalet skrev USA och Sovjetunionen under ett avtal som sade att ingen av dem skulle utföra kärnvapentester. Misstänk-samma som stormakter ofta är drog USA igång projektet Vela, kort för spanska Velador som betyder "nattvakt", med från början fyra satelliter som skulle titta efter gammastrålning. Gammastrålningen hör till den mest energirika delen av ljusspektret och är specifik för kärnreaktioner och därmed även kärnvapentester. De fyra satelliterna skickades upp mellan 1963 och 1965, och den 2 juli 1967 rappor-

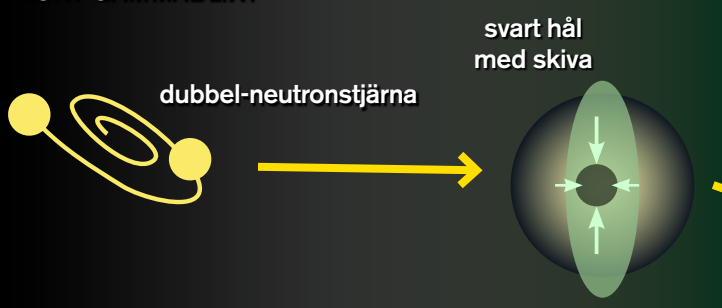
terade Vela 3 och Vela 4 en gammablixt och mätningarna togs om hand av vetenskapsmännen vid den amerikanska militära forskningsbasen Los Alamos. De upptäckte sammanlagt sexton gammablixtar, och efter några år kunde de förvissa sig om att dessa gammablixtar inte hade något med jorden eller solen att göra. Upptäckten offentliggjordes i en vetenskaplig tidskrift 1973.

Varför har vi inte observerat gammablixtar trots att man känt till gammastrålning sedan förra sekelskiftet? Det beror på att de skikt av laddade partiklar, huvudsakligen från solen, som hålls fast av jordens magnetfält tillsammans med atmosfären hindrar gammastrålningen från att nå jordytan. Därför måste vi upp en bit med satelliter för att kunna se något.

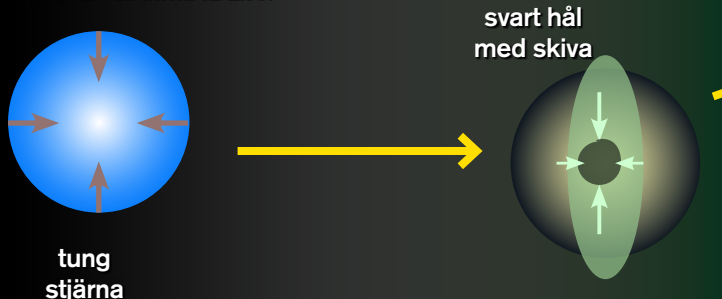
Många teorier dök upp strax efter publikationen, och ganska snart var antalet möjliga förklaringar fler än antalet observationer. I majoriteten av teorierna skulle gammablixtarna uppkomma inom vår galax, Vintergatan; i andra skulle avstånden vara större. Frågan om dessa blixtars ursprung förblev okänt fram till dess att satelliten Compton-GRO, med kameran BATSE ombord, skickades upp 1991 för att observera gammablixtar.

Med BATSE ökade antalet observerade och lägesbestämda gammablixtar fort, och efter några års observationer kunde man se att fördelningen av gammablixtarna var helt slumpmässig; se kartan på nästa sida. Eftersom vår galax är formad som en skiva skulle fördelningen vara samlad i skivans plan, i samma stråk som man kan se Vintergatan löpa över himlavalvet, ifall ursprunget var inom vår galax. Alltså drog man slutsatsen att dessa hade ett ursprung utanför galaxen, och en stor mängd teorier kunde uteslutas.

KORT GAMMABLIXT



LÅNG GAMMABLIXT



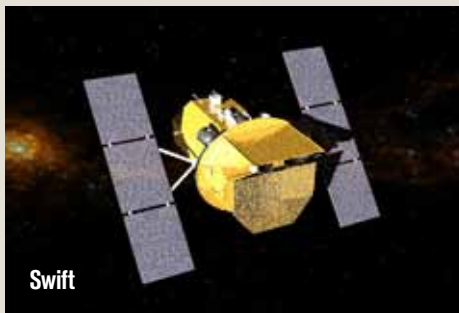
Bakom de två olika typerna av gammablixtar ligger två helt olika slags fenomen, som båda tros skapa ett alldeles nytt svart hål.

nyfött svart hål

SWIFT: BLIXTJÄGAREN I RYMDEN

Swift är den senaste satelliten som är avsedd för gammablixtobservationer. Namnet är till skillnad från många andra astronomiska instrument och begrepp inte någon förkortning, utan namnet säger att satelliten är just snabb eller rask på att leta upp och studera en gammablixt.

Den består av tre teleskop: Burst Alert Telescope (BAT) som letar efter och lokaliserar gammablixtar; X-Ray Telescope (XRT) som observerar i röntgenbandet; och Ultraviolet/Optical Telescope (UVOT) som studerar ljus med lägre energier än röntgen. Inom 20 sekunder sedan BAT känt av första antydning till gammablixt hittar den läget



med en noggrannhet på mindre än en femtondedels grad och läget skickas till astronomer på jorden.

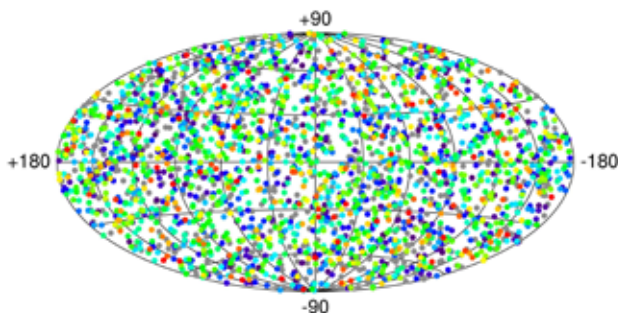
De två andra teleskopen svänger mot källan, och XRT kan nu lokalisera källan med en noggrannhet av ungefär två hågsekunder, det vill säga en 1 800-dels grad. En sådan upplösning ger en noggrannhet på mindre än en millimeter om man står 100 meter bort! Nu kan UVOT studera

händelseförloppet närmare.

Trots att satelliten är avsedd för gammablixtforskningen så kan den ändå utföra andra uppgifter. Till exempel fotograferade UVOT en asteroid som passerade nära jorden 2005.

BILD: NASA

BILD: G. FISHMAN ET AL., BATSE, CGRO, NASA



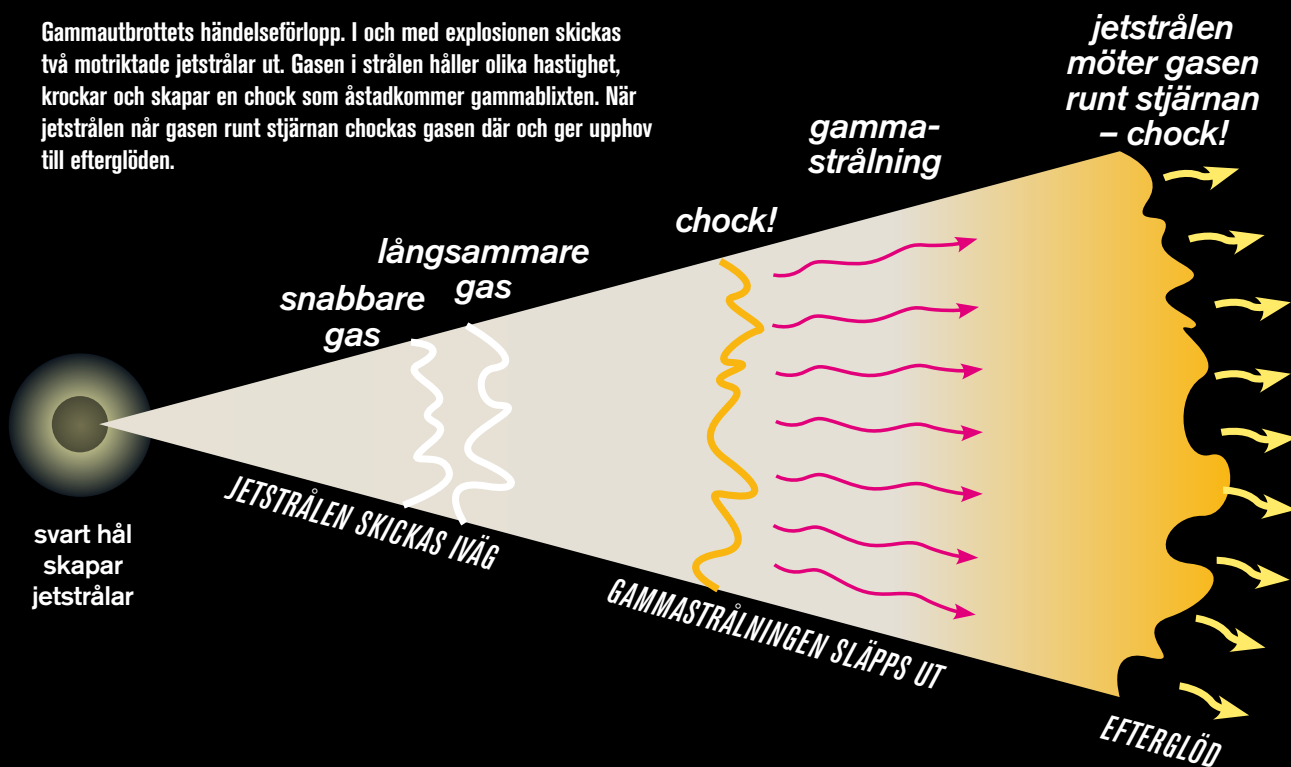
BATSE:s gammablixtkarta. Fördelningen av gammablixtar över himlavalvet är helt jämn, vilket säger att de inte kommer från inom vår galax.

Stora avstånd

Men hur långt bort ligger de då? En teori var att små svarta hål som blivit kvar sedan universums ungdom kunde ligga i ett sfäriskt skal runt Vintergatan. Svarta hål antas sända ut energi i form av Hawkingstrålning, och denna strålning ökar ju lättare det svarta hålet är. Just innan hålet helt dunstar bort tror man att det kommer att ske en kraftig ökning i strålning som skulle kunna förklara gammablixtarna. En bonus med denna teori är att den skulle kunna förklara många av de observationer som tvingar oss att införa mörk materia. Läs mer om de små ursprungliga svarta hålen på sidan 46.

Denna teori kräver alltså att avståndet till dem är relativt kort. Att mäta avstånd i rymden är inte en lätt uppgift.

Gammautbrottets händelseförlopp. I och med explosionen skickas två motriktade jetstrålar ut. Gasen i strålen håller olika hastighet, krockar och skapar en chock som åstadkommer gammablixten. När jetstrålen når gasen runt stjärnan chockas gasen där och ger upphov till efterglöden.



UNIVERSUMS LJUSSTARKASTE SMÄLLAR

Man har nu observerat många många tusen gammablixtar och vi uppfattar i snitt en per dag. Någon enstaka per vecka utav dessa går att göra uppföljningsobservationer på. Den närmaste gammablixt som vi observerat låg 110 miljoner ljusår från oss och den mest avlägsna hittills 13 miljarder ljusår bort, bara lite drygt 600 miljoner år efter stora smällen. Det kan jämföras med att vår galax är ca hundratusen ljusår i diameter och vår granngalax M31 i Andromeda ligger 2,5 miljoner ljusår bort. Den 27 april 2013 sågs en rekordljus gammablixt, som var så stark i synligt ljus att den närapå var synlig för blotta ögat. Den fick namnet GRB 130427A och var en lång gammablixt. I samma ögonblick som gammaobserverande satelliter rapporterade om upptäckten fick tusentals astronomer lägga vad de höll på med åt sidan för att observera gammablixten.

Den energirikaste foton som observerades var 35 miljarder gånger starkare än en foton i synligt ljus, och det var den femte närmaste gammablixten hittills, med ett avstånd på 3,6 miljarder ljusår från oss.



Gammablixten den 27 april 2013 lyser klart i denna helhimmelsbild från rymdteleskopet Fermi.

BILD: NASA/DOE/FERMI LAT COLLABORATION

Den vanligaste metoden på stora avstånd är Hubbles lag, som säger att ju längre bort något är, desto lägre blir frekvensen av ljuset som vi tar emot. Olika grundämnen och molekyler lämnar karaktäristiska signaturer i ljuset; genom att jämföra med sådana här på jorden kan man säga hur mycket ljuset har förskjutits. Men inga sådana finns i gammabandet.

Först 1998 lyckades man äntligen se en efterglöd och kunde noggrant bestämma positionen för händelsen. När dammet efter smällen hade lagt sig kunde man se en avlägsen galax där gammablixten ägt rum. Ett spektrum av galaxen visade att avståndet var över åtta miljarder ljusår! Det är mer än tretusen gången längre bort än vår granne Andromedagalaxen. Teorin om de små ursprungliga svarta hålen kunde alltså med säkerhet uteslutas.

På konferensen The Shocking Universe i Venedig år 2009 visade det sig bara vara en företeelse som samtliga forskare kunde hålla med om – att jetstrålen som skjuts ut från explosionen är ultrarelativistisk, alltså att den rör sig i farter väldigt nära ljusets hastighet.

Längden avgör: kort eller lång

Väldigt få gammablixtar varar två sekunder – de sker antingen på kortare eller längre tid än så. Det är också så den huvudsakliga uppdelningen av gammablixtar görs. De korta gammablixtarna sker när två kompakta objekt, t.ex. två neutronstjärnor, två svarta hål eller en av varje, krockar i en vild explosion. De kretsar runt varandra liksom vi kretsar runt solen eller månen runt oss, men tappar energi med tiden och närmar sig varandra. Till slut kommer de så nära varandra att de smälter samman, och då frigörs massvis med energi som också kan skapa jetstrålar och gammablixtar. Neutronstjärnor och svarta hål är gamla objekt, rester efter stjärnor som dött långt tidigare, så det finns inte mycket fri gas kvar runt dem.

Därför är det ovanligare att se efterglöden efter dessa utbrott. Ibland kan det bli kvar gas efter neutronstjärnorna runt sammansmältningen och man ser en så kallad kilonova. Om detta rapporterades i *Populär Astronomi* nr 3/2013.

Tunga stjärnrester

De långa gammablixtarna uppkommer när en massiv stjärna börjar få slut på bränsle så att den inte längre orkar hålla upp sig själv och kärnan kollapsar till ett förstadium till en neutronstjärna, en så kallad protoneutronstjärna. När den tunga stjärnans kärna kollapsar kan två scenarier ske: antingen faller vad som är kvar av stjärnan ned på protoneutronstjärnan, eller om stjärnan snurrade tillräckligt snabbt innan den exploderade så hamnar resterna av stjärnan i omloppsbana runt protoneutronstjärnan innan de faller ned, i en så kallad insamlingskiva (se bild på sidan 18). Vad de båda scenarierna har gemensamt är att det blir en supernova till slut och det blir en neutronstjärna eller ett svart hål kvar. Vad som skiljer dem åt är att i fallet med insamlingskivan kan stjärnan lyckas skjuta ut jetstrålar som blir gammablixtar innan den övergår i en supernova. Men just hur många supernovor som också föregås av en lång gammablixt vet vi ännu inte.

I framtiden siktar forskarna på att kunna nå längre tillbaka i tiden, det vill säga att se mer avlägsna gammablixtar med tillhörande galaxer. Ljus från olika avstånd i universum tar olika lång tid på sig att nå oss, alltså ser vi olika åldrar i universum på olika avstånd. Ju avlägsnare objekt vi kan se, desto fler detaljer om universums ungdom kan vi få reda på, t.ex. hur de första stjärnorna och galaxerna såg ut.

Man vill också kunna observera egenskaper i händelseförloppet som har förutsetts men inte upptäckts än. Exempel på det är gravitationsvågor som kan uppstå när två svarta hål eller neutronstjärnor kolliderar (de som ger upphov till de korta gammablixtarna), och att undersöka om neutriner, som vanligtvis skapas i supernovor, också skapas i gammablixtar. Neutriner växelverkar väldigt svagt med materia, så de är mycket svåra att observera, men på samma sätt är det mycket otroligt att de stoppas under sin färd mot oss.

Gammablixtar är ett väldigt hett forskningsområde som vi med all säkerhet kommer fortsätta att kunna följa med spänning inom den närmaste framtiden. ★

ANDREAS JOHANSSON är doktorand i astrofysik vid Islands universitet i Reykjavik.