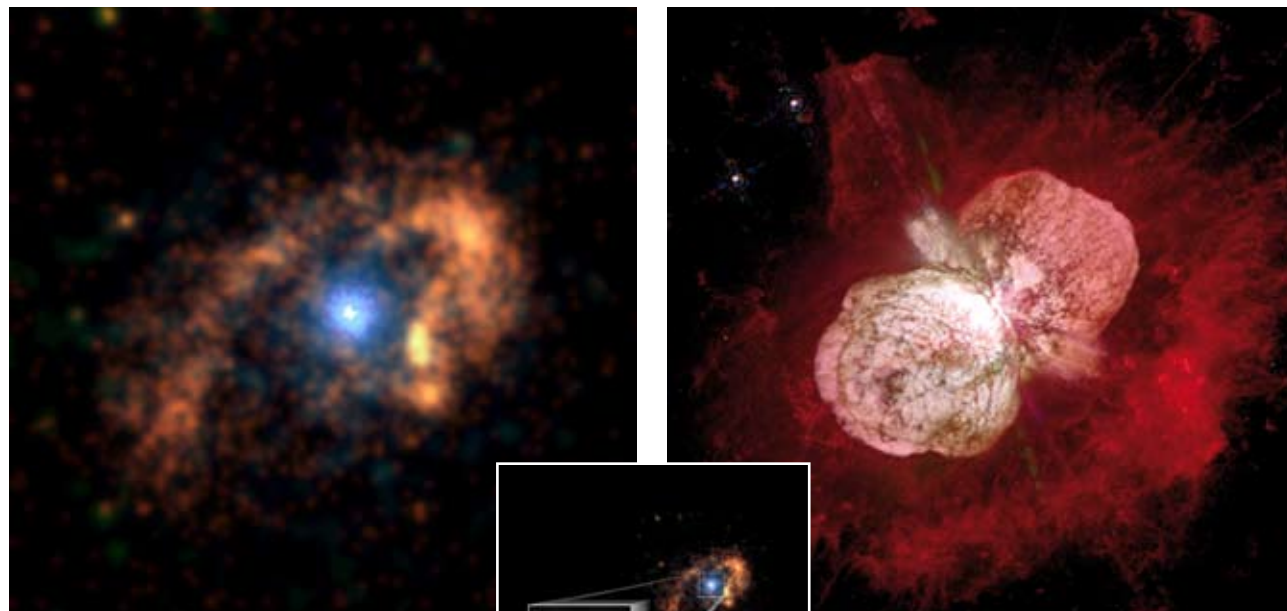


# Eta Carinae och dess nebulosa

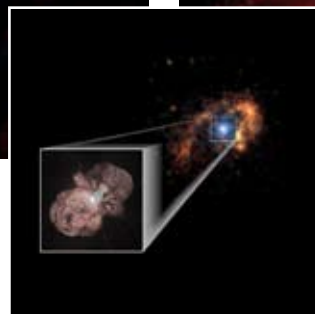
av Svereric Johansson och Henrik Hartman

Detta fantastiska panorama visar en del av den stora Carinanebulosan – ett mycket aktivt stjärnbildningsområde i stjärnbilden Kölen (lat. Carina) på södra stjärnhimlen. Utsträckningen av bilden motsvarar 30 ljusår. Där ligger ett antal tunga och ljusstarka stjärnor. En av dem är Eta Carinae, som är föremål för denna artikel, som med sin egen nebulosa – som även kallas Homunculus (den lilla människan) – syns längst till vänster som en ljus, oval struktur (motsvarar alltså bilden på omslaget). Bilden är tagen i ljus från väte och därför syns hela Homunculusnebulosan, vars utsträckning är strax under ett ljusår. Den mörka strukturen under rubriken ovan har formen av en skosula – på äldre bilder av nebulosan finns även en nedre markerad del som ger hela strukturen formen av ett nyckelhål. Den kallas därför ofta för Nyckelhålsnebulosan.





Multispektrala bilder. Fyra bilden av Eta Carinae med sin nebula tagna i olika våglängdsområden – från vänster till höger – röntgenstrålning, vanligt synligt ljus, infraröd strålning och radiostrålning. Röntgenbilden täcker ett större område än de andra bilderna



– den inre blå kärnan omfattar centralstjärnan och den yttre ringen, som förmodligen är ett resultat av ett gigantiskt utbrott för tusen år sedan ligger cirka tre gånger längre ut än kanten på Homunculusnebulosan. Röntgenstrålningen uppstår i chockvågor som

Sällan, eller kanske aldrig, har det använts så många olika adjektiv och epitet för att beskriva en enda av de hundratals miljarder stjärnor som finns i Vintergatan. Störst, vacker, ung, mystisk, orolig, explosiv, gåtfull – ja, ordrikedomen flödar när man beskriver Eta Carinae i populära tidskrifter.

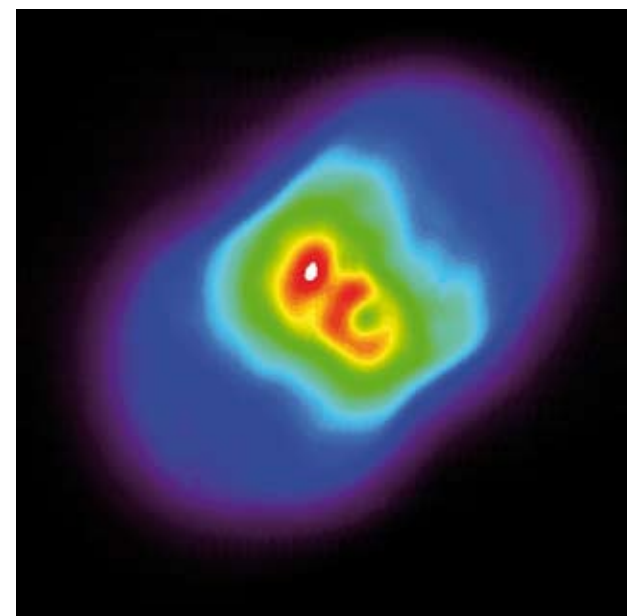
Stjärnan, som bara kan observeras på mycket sydliga breddgrader, har en historia och egenskaper som har tilldragit sig stort intresse från såväl astronomer, fysiker som fotografer både professionella och amatörer. Eta har blivit något av ett favoritobjekt för Hubble-teleskopet (HST), som har kunnat presentera ingående detaljer i bilder och spektra för omfattande analyser. Den har också bevakats med röntgenteleskop och studerats ingående i infrarött ljus. Ändå har den kanske viktigaste upptäckten det senaste decenniet gjorts med ett markteleskop i Brasilien, nämligen att stjärnan förmodligen är dubbel. I denna artikel ska vi ge lite bakgrundshistoria och nutida rön kring Eta Carinae, som utkämpar en dödsstrid i all sin prakt och sitt övermod.

Även om Halley redan 1677 observerade Eta Carinae utgör 1837 startpunkten för en period på 170 år med intensiva studier. John Herschel vistades i Sydafrika för att göra en karta av södra stjärnhimlen, där Eta var en ganska oansenlig stjärna. Under en 6-årsperiod fick han emellertid uppleva hur Eta Carinae oavbrutet ökade i ljusstyrka för att 1843 lysa nästan lika starkt som Sirius trots att Eta med sina 7500 ljusår ligger ungefär 800 gånger längre bort. Orsaken till den otroliga ”upplysningen” var ett gigantiskt utbrott, the Great Eruption, som stjärnan mot alla odds

lyckades överleva. Stora mängder materia – kanske 5-10 solmassor - slungades ut med höga hastigheter, upp till flera hundra kilometer i timmen. Under de följande 170 åren har materien från detta utbrott skapat den timglasliknande kontur som Hubblebilden på omslaget visar upp. Stjärnan är nu knappast synbar för blotta ögat på grund av den omgivande gasen, men den strålar fortfarande ut lika mycket energi på 6 sekunder som solen gör på ett helt år.

Alltsedan det stora utbrottet på 1840-talet har flera mindre utbrott ägt rum. Dessa visar sig som små bubblor, belägna i en ekvatorsskiva runt stjärnan. Eta Carinae har liknats vid en våldsamt, och i viss mån, regelbunden gejsler, som trots en förhöjd aktivitet ungefär vart femte år överlever sina konvulsioner. Med moderna teleskop har man visat att regelbundenheten är mycket exakt och att den tyder på en dubbelstjärna med en omloppsperiod på 5,52 år. De två stjärnorna kommer under en kort tid mycket nära varandra (periastron) – endast 2-3 sol-jordavstånd – och tidvatteneffekter ger upphov till utbrott. Räknar man bakåt i 5,5 års intervall innefattas även det stora utbrottet i denna regelbundenhet. Det är fortfarande oklart hur den stora stjärnan överlevt dessa attacker, framför allt det stora utbrottet på 1840-talet. Nya beräkningar visar att det är snarare instabila förhållanden i det inre av stjärnan än just tidvatteneffekter som orsakade det stora utbrottet.

Man har länge känt till att Eta Carinae skickar ut mängder med värmestrålning i det infraröda området. Detta beror på att strålningen från stjärnan i centrum värmer upp den omgivande gasen i loberna, som sedan avger sin energi som IR-strålning. Det är alltså samma effekt som

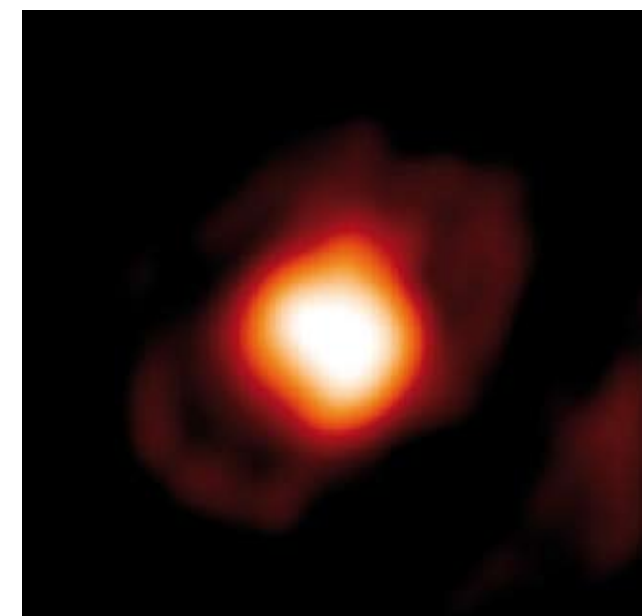


orsakas av den utströmmande materien. Bilden i "vanligt ljus" är i stort sett densamma som omslagsbilden. Den tredje bilden visar att hela nebulosan sänder ut infraröd strålning. Denna kommer från stoftpartiklar i Homunculusnebulosan, som lysas upp av centralstjärnan. Fördelningen av radiostrålningen är ungefär densamma

vi upplever på jorden där marken sänder tillbaka delar av den instrålade solenergin som IR-strålning och därför avkyls på natten. Den tidiga låg-upplösta optiska och infraröda bilden av Eta Carinae med sin utsträckt nebulosa liknades vid en liten man, "Homunculus" på latin, med huvud (ena loben), armar (skivan) och ben (andra loben). Loberna är kalla och innehåller stoftkorn och fria molekyler.

Området närmast centralstjärnan har varit föremål för intensiva studier de senaste 10 åren framför allt med bilder och data från HST. Med markteleskop hade man tidigare med en speciell avbildningsteknik hittat lysande bubblor strax utanför stjärnan och frågan var huruvida dessa var jätteplaneter eller självlysande gasmoln. De optiska egenskaperna hos HST gjorde det möjligt att närmare studera detta. Bubblorna visade sig vara gasmoln som kastats ut från stjärnan och lagt sig i ekvatorsskivan. Ljuset från bubblorna var precis som i fallet med nebulosor stjärnljus som omvandlats till ljus vid specifika frekvenser (spektrallinjer). Frekvenserna bestämdes av de grundämnen som finns i bubblorna och som sänder ut ljuset. I Lund gjorde vi ingående analyser av dessa bubblor eftersom deras ljus i dubbel bemärkelse reflekterade vad som hände i den svårobserverade stjärnan. Det var speciellt två oväntat starka spektrallinjer vid 205 nm som tilldrog sig allas uppmärksamhet.

Linjerna kom från joniserat järn, vilket inte är speciellt märkligt, men det fanns ingen naturlig förklaring till deras styrka eller intensitet. I laboratoriespektra av järn är linjerna inte på något sätt spektakulära utan ganska svaga



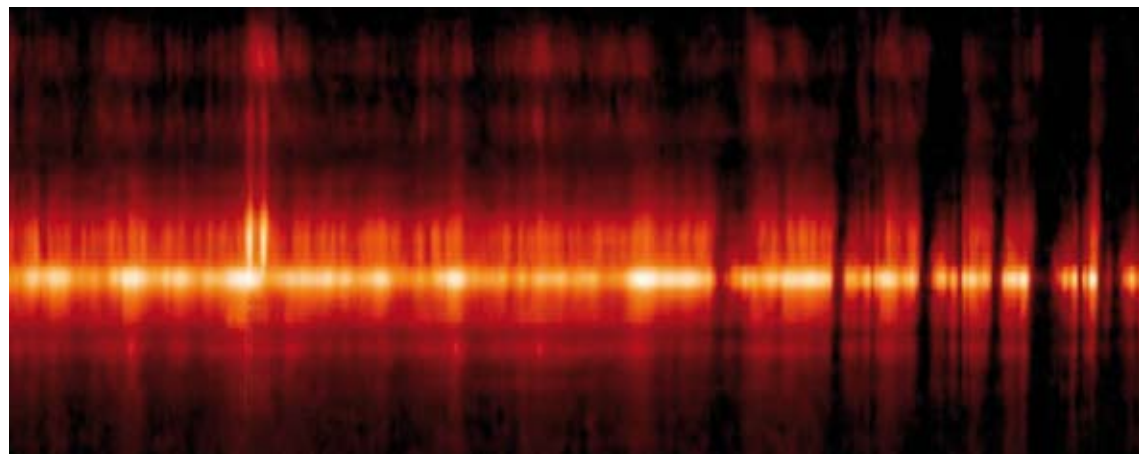
som för den infraröda strålningen. Det ljusa området, som innefattar centralstjärnan Eta Carinae, visar på kall gas som hettats upp och nu avkyls igen.

i myllret av tusentals starkare linjer. I bubblorna utanför Eta Carinae är de starkare än alla andra linjer. Energin i dessa två spektrallinjer motsvarar den totala utstrålningen från solen. Vi kunde visa att dessa linjer bildas tack vare en effektiv energiöverföring (pumpning) av strålning från allestädes närvarande väteatomer till järnjoner, dvs samma typ av selektiv pumpning som sker i en laser. Det visar sig faktiskt också att linjerna ger upphov till naturlig laserstrålning.

Laserlinjerna, såväl som vissa andra spektrallinjer, från bubblorna försvinner vart 5,5 år i samband med de två stjärnornas närmande varandra. En gemensam nämnare för dessa linjer är att de kräver energirik ultraviolett (UV) strålning för att bildas, och att denna UV-strålning förmodligen kommer från den mindre kompanjonen. När denna närmar sig den större och varmare centralstjärnan vid periastron blockeras UV-strålningen av den täta vinden av gas från primärstjärnan. Efter några månader når UV-strålningen ut igen och linjerna kommer tillbaka i spektrerna från bubblorna.

På samma sätt uppför sig också den starka röntgenstrålning som man har observerat från Eta Carinae. Nya röntgenteleskop har följt utvecklingen under ett tiotal år och samma fenomen upprepar sig vart 5,5 år. Först ökar röntgenstrålningen, sedan försvinner den totalt ganska snabbt för att på sikt gradvis byggas upp igen. Röntgenstrålningen bildas när den täta gasen i de två stjärnornas vindar kolliderar nära periastron. Vid något tillfälle skymmer den stora primärstjärnan kollisionområdet och strålningen försvinner. Här är det alltså frågan om en röntgenförmör-





### 3. Spektrum

Ett spektrum av Eta Carinae (stjärna och nebulosa) upptaget med Hubbleteleskopet. Det ljusa vågräta bandet i mitten är stjärnans spektrum. Strax ovanför detta ses spektret av en gasbubbla med de två starka linjerna vid 250 nanometers våglängd. Dessa ger upphov till laserstrålning.

kelse, som påminner om den medicinska användningen av röntgenstrålningens genomträngningsförmåga. Det finns även andra spektrallinjer som kräver UV-strålning för att skapas i bubblorna, som försvinner vid dessa "förmörkelser".

Inte nog med att Eta Carinae sänder ut stark strålning vid alla tänkbara frekvenser – allt från röntgen till radio – den skjuter också ut partiklar som en automatkanon. Man talar om båda strängar och jet-strålar. Båda fenomenen kan ha sitt upphov i det stora utbrottet. Strängarna har en hastighet på mellan 600-800 km/sek, vilken ökar med avståndet från stjärnan liknande förhållandet med den kosmiska utvidgningen. Man tror att strängarna orsakas av gaskulor som skjutits ut från stjärnan och ger ett lysande spår precis som ett jetplan på hög höjd. Det som lyser är den joniserade gasen, vilken efterhand bromsas upp – därav den efterhand avtagande hastigheten in mot stjärnan. Jetstrålen som har en hastighet upp emot 2000 km i sekunden (nära 1% av ljushastigheten!) kan tänkas uppkomma i kollisionområdet mellan de två stjärnorna och utgöras av en serie av utskjutna gaskulor.

Vad kommer då att hända med denna superstjärna? Vi har redan antytt att det är en döende stjärna men hur ser dödskampen ut? En sak är klar: Tunga stjärnor lever ett intensivt liv och dör unga i en ålder av några miljoner år jämfört med solens ålder på flera miljarder år. Vi kan konstatera att det är första gången vi kan studera en så massiv stjärna – förmodligen den största i Vintergatan – men att kunskapen är bristfällig vad det gäller dess utveckling. En komplikation som har dykt upp är att den förmodligen har en mycket stor kompanjon på nära håll. Hur påverkar den centralstjärnan?

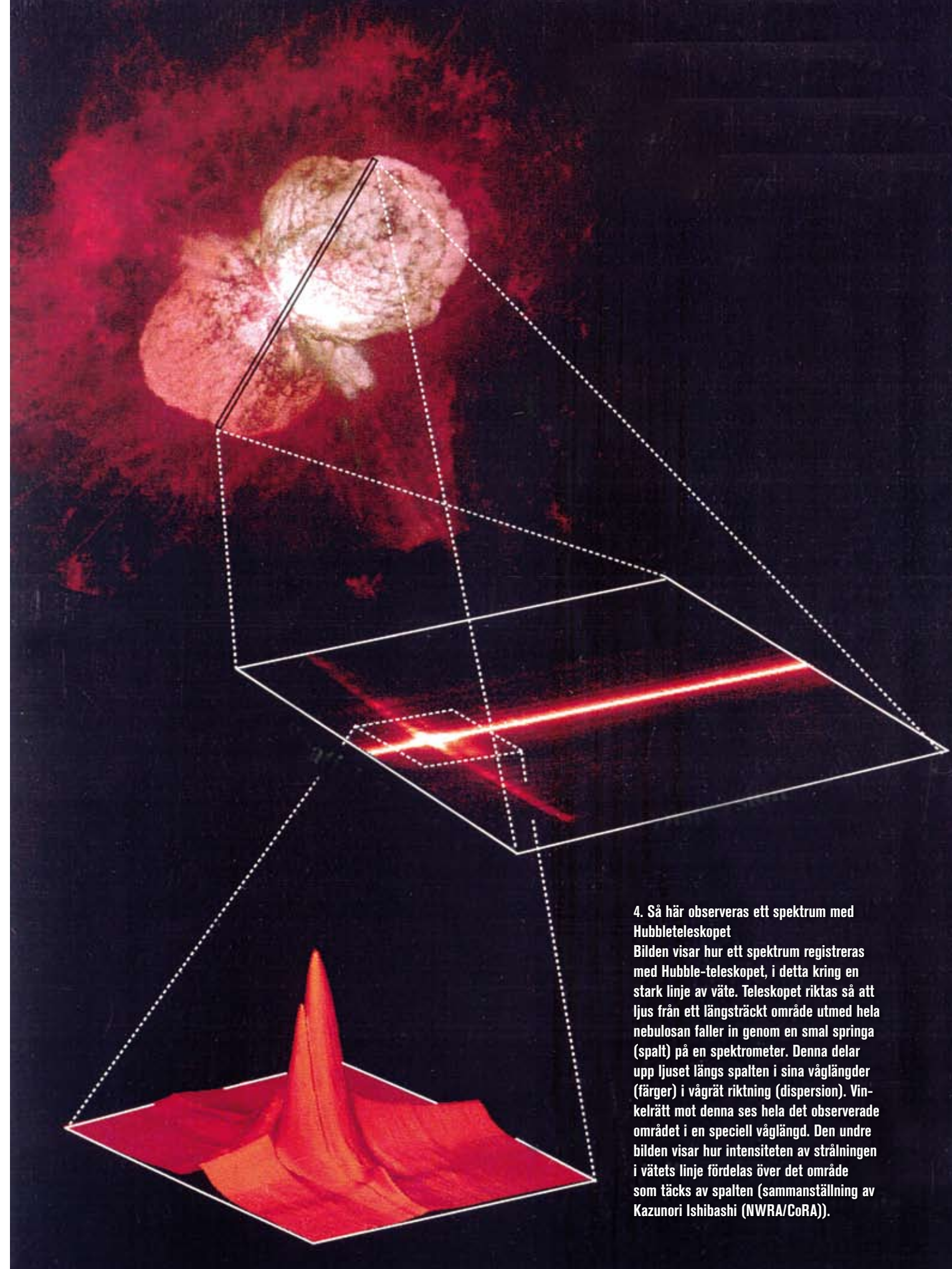
Enligt tidigare modeller antar man att strålningen inifrån stjärnan till slut utövar ett så stort tryck utåt att gravitationen inte står emot utan stjärnan exploderar i en

supernova. Det faktum att Eta fortfarande existerar och att den överlevde det stora utbrottet på 1840-talet gör att man nu försöker modifiera den tidigare modellen. Kanske strålningen på sin väg ut skapar ett poröst lager där den kan ta sig ut genom porerna och ibland "blåsa iväg" tätare klumpar. Kanske var det kompanjonen som lyste upp på 1840-talet? Det är svårt att avgöra var Eta befinner sig i sin livscykel men tecken tyder på att den förbrukat sitt bränsle och borde vara nära en supernova-explosion.

Förmodligen är stjärnans massa tillräcklig för att det ska bildas ett svart hål. Detta kommer i sin tur att ge upphov till jetstrålar som skickas ut åt motsatta håll. När dessa passerar genom materian runt stjärnan bildas blixtrar av röntgen och gammastrålning, den energirikaste strålning vi kan tänka oss. Med ett sådant scenario har Eta Carinae bjudit omvärlden på förhöjda doser av all slags strålning man kan tänka sig – allt från högfrekvent gammastrålning till lågfrekvent radiostrålning och något så ovanligt som naturligt laserstrålning. Samtidigt har Eta av astrofysikerna uppfattats som en utmaning med sin inneboende information om utvecklingen hos mycket massiva stjärnor, av atomfysikerna som ett rymdlaboratorium med förhållanden som tillåter märkliga strålningsprocesser att äga rum, av plasmafysiker som ett zoo av plasman av olika densitet och temperatur, och sist men inte minst av oss alla som en skönhet.

Faktaruta: Massa = 100-150 solmassor  
 Massa hos kompanjonen = 30-60 solmassor  
 Ljusstyrka = 5 miljoner gånger solens ljusstyrka  
 Total utsträckning – cirka ett ljusår

Mera data på <http://www.etcarinae.iag.usp.br/>



### 4. Så här observeras ett spektrum med Hubbleteleskopet

Bilden visar hur ett spektrum registreras med Hubble-teleskopet, i detta kring en stark linje av väte. Teleskopet riktas så att ljus från ett långsträckt område utmed hela nebulosan faller in genom en smal springa (spalt) på en spektrometer. Denna delar upp ljuset längs spalten i sina våglängder (färger) i vågrät riktning (dispersion). Vinkelrätt mot denna ses hela det observerade området i en speciell våglängd. Den undre bilden visar hur intensiteten av strålningen i vätetets linje fördelas över det område som täcks av spalten (sammanställning av Kazunori Ishibashi (NWRA/CoRA)).