

LEONIDA ROSINO

NOVAE E SUPERNOVAE AD ASIAGO *

L'11 novembre del 1572 il celebre astronomo danese Tycho Brahe con alcuni suoi servi stava tornando, a tarda sera, al monastero di Herrisvadd, in Germania, dove temporaneamente alloggiava. Per diversi giorni il tempo si era mantenuto nuvoloso, ma ora, al sopraggiungere della notte, il cielo si andava aprendo e Tycho, che sperava di poter fare certe sue osservazioni, di tanto in tanto dava un'occhiatina in su. Ma ecco che volgendo lo sguardo alla costellazione di Cassiopea, verso lo zenit, Tycho ebbe quasi un sussulto. Lassù in alto splendeva un astro brillantissimo, che non s'era mai visto prima. Una nuova stella? Tycho non voleva credere ai propri occhi; ma la stella c'era davvero e glielo confermarono i suoi compagni ed alcuni contadini sopraggiunti allora. A memoria d'uomo un simile evento non s'era mai presentato. Tycho continuò ad osservare la stella nelle notti seguenti; ne determinò l'esatta posizione in cielo e si accertò, raccogliendo le osservazioni fatte in luoghi diversi, che essa era immobile rispetto alle altre stelle e che non presentava sensibile parallasse. Dunque apparteneva all'ottava sfera, quella delle stelle fisse, non era né una cometa (e mancava infatti ogni traccia di coda) né un pianeta. La nuova stella nei mesi seguenti andò lentamente diminuendo di splendore, finché scomparve alla vista. Tycho comunque lasciò scritto, a futura memoria, un accurato resoconto dell'effimera apparizione di questa stella in un opuscolo intitolato *De Stella Nova*.

I cieli, secondo le più antiche credenze dovevano essere immutabili, inalterabili, perfetti. La comparsa di questa nuova stella contrastava con tali principi. Meglio dimenticarla, meglio non farci troppo caso. Ma il 9 ottobre del 1604 fu segnalata l'apparizione di un'altra nuova stella, simile alla precedente, stavolta nella costellazione di Ofiuco. Proprio in quei giorni s'era verificata la congiunzione di tre pianeti: Giove, Marte e Saturno, vicini tra loro i primi due, un po' più distante il terzo. Molte persone seguivano questo evento, che pareva importante dal punto di vista astrologico. E Ilario Altobelli, uno studioso

* Conferenza tenuta il 22 febbraio 1991 nell'Odeo Olimpico.

veronese che aveva misurato la distanza apparente di Marte da Giove nelle sere precedenti, fu sorpreso la sera del 9 ottobre, trovando tra Marte e Giove, una splendida stella, che prima non c'era, pari in splendore a Giove stesso. Egli si affrettò ad informarne a Padova Galileo, di cui era stato discepolo, che la osservò per diverse sere e la fece oggetto di tre lezioni all'Università, con gran concorso di pubblico. La stella venne osservata anche da Giovanni Keplero, successore di Tycho Brahe quale astronomo imperiale, che a sua volta pubblicò le sue osservazioni in una nota intitolata *De Stella Nova in Pede Serpentarii*. Anche questa stella scomparve dopo alcuni mesi.

Da allora, e fino ai tempi nostri, non sono più apparse in cielo stelle così splendenti. Ma frugando in vecchi archivi si trovò che diverse stelle «nuove» erano state osservate dagli astronomi cinesi in epoche antiche. Una, fulgidissima, fu osservata nel 1006 d.C. nella costellazione australe del Lupo, bassa sul nostro orizzonte, ma luminosa come una fiamma ardente, e un'altra, visibile in pieno giorno, apparve nel Toro, nel 1054 d.C. Sembra incredibile, ma nessuno parve accorgersene in Europa. I cinesi, invece, ne annotarono con cura la posizione e ci lasciarono un'accurata descrizione del fenomeno. Un astro un po' meno luminoso, ma sempre fulgidissimo, fu infine osservato nel 1181 in Cassiopea.

Varie altre stelle nuove, ma meno vistose e assai più deboli delle precedenti, anch'esse caratterizzate da una improvvisa apparizione seguita da un lungo declino, vennero scoperte, occasionalmente, specie nel XIX e XX secolo, man mano che si andavano perfezionando i telescopi, ormai largamente impiegati per l'esplorazione del cielo. Qualche stella nuova fu trovata, oltre che nella nostra anche in altre galassie relativamente vicine. Ed una di queste stelle, che al massimo raggiunse la sesta grandezza (la stella S *Andromedae*), apparve nel 1885 proprio al centro della galassia M31 di Andromeda, distante da noi circa 2 milioni di anni-luce.

Più tardi altre stelle nuove, di 15^a e 16^a magnitudine, vennero scoperte in questa galassia da Edwin Hubble e fu chiaro allora che esistevano in natura due classi distinte di stelle «nuove». Alle più deboli fu attribuito il nome di *novae*. Il loro splendore al massimo fu valutato essere circa centomila volte superiore a quello del Sole. Le altre, quelle apparse nel 1006, nel 1054, nel 1181, nel 1572, nel 1604, e la stessa S *Andromedae*, splendevano invece al massimo almeno diecimila volte più delle prime. Ad esse fu conferito il nome di *supernovae*.

Vorrei appunto tentar di spiegare ora, a chi non è particolarmente competente in materia, che cosa sono in realtà *novae* e *supernovae* e come si studiano ad Asiago.

Comincerò dalle stelle *novae*. Scopo primario delle ricerche che si

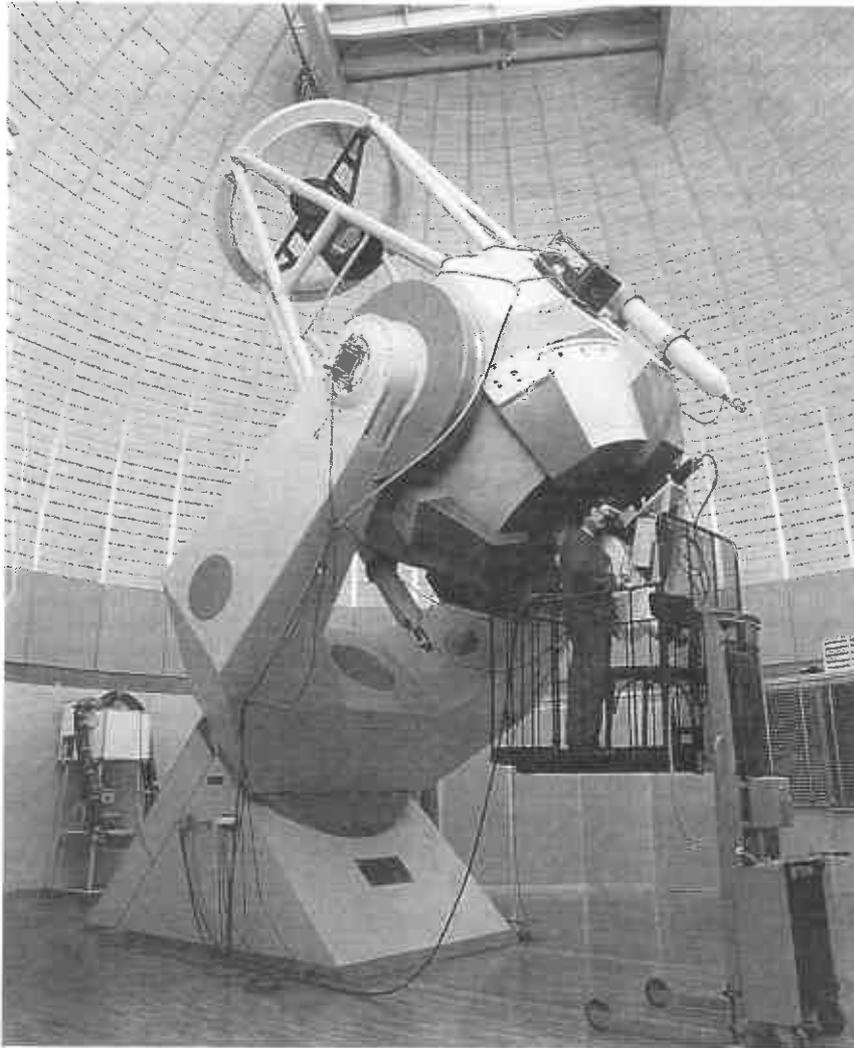


Fig. 1 Il telescopio «Copernico» di 1.82 m di diametro dell'Osservatorio astronomico di Asiago a cima Ekar. È il maggiore riflettore esistente in Italia. È stato largamente impiegato per lo studio di *novae* e di *supernovae*.

compiono ad Asiago ed altrove su tali stelle è di stabilirne la natura, cominciando dalla luminosità intrinseca (riferita al Sole) per passare successivamente allo stato fisico e dinamico. E intanto, possiamo affermare che le *novae* al massimo abbiano tutte la medesima lumino-

Figg. 1, 2

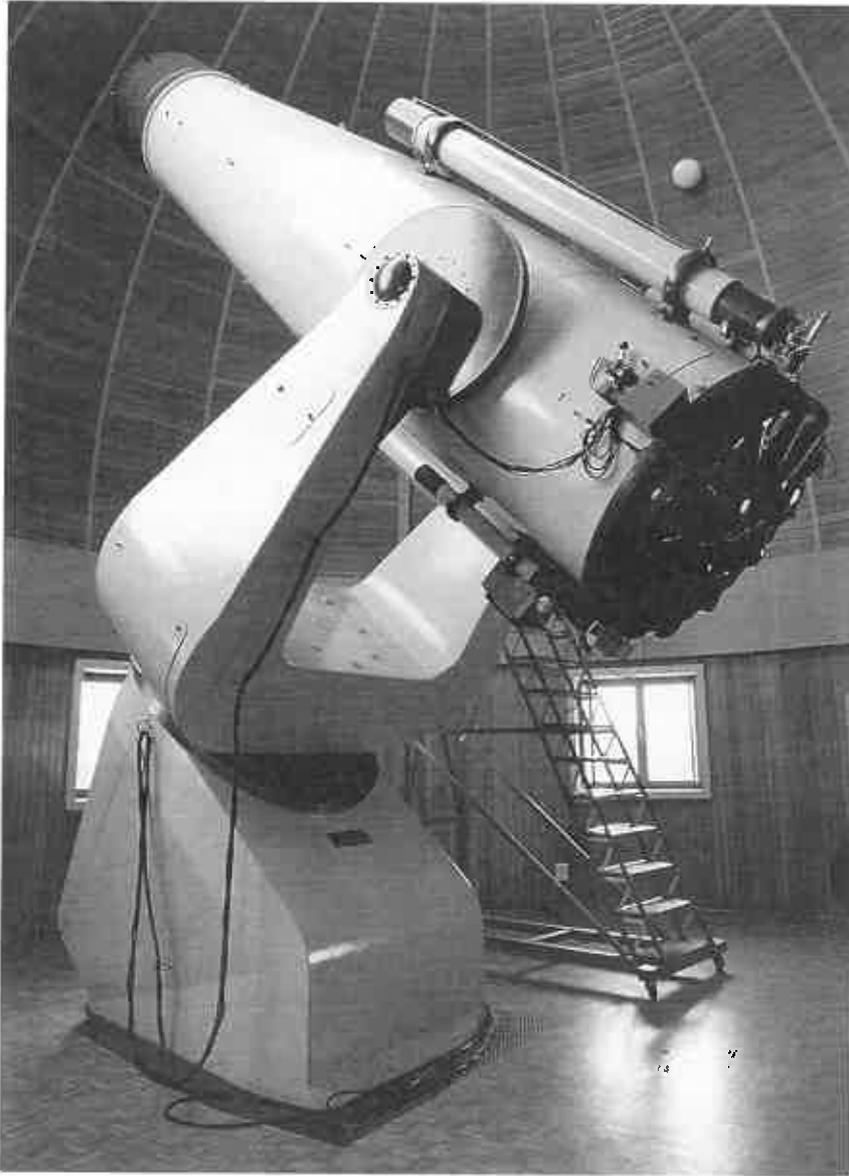


Fig. 2 Telescopio Schmidt di 67 cm impiegato ad Asiago per la scoperta e la fotometria di *supernovae*.

Fig. 3 sità? La via migliore per accertarsene è di esaminare le stelle *novae* che via via appaiono in una galassia simile alla nostra, com'è ad es. la galassia M31 di Andromeda. È tanto grande la sua lontananza da noi



Fig. 3 Galassia M31 in Andromeda. Le stelle *novae* sono soprattutto abbondanti nella regione centrale. Ad Asiago ne sono state scoperte 150 in trent'anni di assidua sorveglianza.

in confronto alle sue dimensioni, che tutte le stelle ad essa appartenenti possono considerarsi alla stessa distanza ed in tal caso il loro splendore intrinseco può essere immediatamente dedotto dalla magnitudine apparente.

Seguendo le orme di Hubble e di Arp, si iniziò allora ad Asiago una *survey* di questa galassia, fotografandola sistematicamente prima col telescopio di un metro e venti e poi con quello di un metro e ottanta. Si sarebbero trovate stelle *novae* in numero sufficiente da poter iniziare una analisi statistica? I risultati furono più che soddisfa-

centi. Le stelle *novae* non mancavano: apparivano, debolissime, di tanto in tanto, specie in vicinanza del centro, affievolendosi fino a sparire in capo a qualche decina di giorni. Ne furono scoperte ad Asiago, in trent'anni di assidua ricerca, ben 150. E fu possibile stabilire: a) che in media la loro luminosità al massimo era tra 60 e 100 mila volte quella del Sole; b) che esisteva una precisa relazione tra la luminosità al massimo e rapidità di declino, le più luminose *novae* essendo di regola le più rapide a sparire; c) che in media nell'M31 apparivano 30 *novae* all'anno anche se non tutte osservabili.

Ma torniamo alle *novae* galattiche, a quelle più vicine a noi. Ne dovrebbero apparire 20-30 all'anno, tenuto conto che la nostra Galassia è su per giù altrettanto estesa e massiccia quanto quella di Andromeda. Ma di fatto, se ne trovano assai meno, molte di esse essendo indebolite o occultate da banchi di materia oscura che si estendono tra stella e stella specie verso il centro della Galassia. Quelle note (e sono già più di cento) ci offrono però delle preziose informazioni. Intanto, risulta chiaro che *le stelle chiamate «novae» non sono affatto delle nuove stelle*. C'erano già prima di fare la loro effimera apparizione tra le stelle più splendidi. C'erano, ma debolissime, visibili a stento coi più potenti telescopi. Che cosa le aveva spinte a questa loro avventurosa escursione tra le stelle visibili ad occhio nudo? Ne dà la risposta l'analisi spettroscopica. L'apparizione di una stella *nova* è il risultato di una formidabile esplosione. La stella che subisce questa esplosione eietta nello spazio, tutt'attorno a sé, un involucro gassoso che si espande con velocità di molte centinaia di chilometri al secondo. Lo spettro delle stelle *novae* è infatti molto diverso da quello delle stelle normali, presentando righe di emissione, bordate sul lato violetto da forti assorbimenti. Dalla presenza di queste righe è appunto possibile risalire alle velocità di espansione, oltre che alla temperatura, densità, composizione chimica e grado di ionizzazione degli strati eiettati ed anche alla temperatura della stella che ha subito il processo esplosivo e che li eccita. Si può saper quasi tutto e seguire passo passo l'evoluzione di una *nova* dal momento del massimo alla fase di minimo, che essa raggiunge per lo più nel corso di qualche anno.

Non che tutto sia facile, come potrebbe sembrare. Ogni *nova* ha una sua propria individualità e l'interpretazione delle osservazioni pre-

Fig. 4



Fig. 4 Spettro di una stella *nova*. Le righe di emissione (nere nella fotografia negativa) e quelle di assorbimento (bianche) consentono di determinare le velocità di espansione e le caratteristiche fisiche.

senta talora complessi problemi. Ma in definitiva si arriva ad avere un quadro abbastanza completo di ciò che avviene.

Esplosioni, dunque. Ma quale ne è la causa? Cercherò di dirlo brevemente. La chiave per l'interpretazione dei fenomeni si ebbe una quarantina di anni fa, quando M. Walker scoprì che la *Nova DQ Herculis*, una famosa stella nova apparsa nel 1934, era una stella doppia ad eclisse. Stelle doppie ce ne sono tante. E non di rado capita che i due astri, in rivoluzione l'uno attorno all'altro, come la Terra attorno al Sole, quasi si tocchino. Ed allora può avvenire che, se il piano orbitale contiene la visuale, ciascuna delle due stelle passando ad ogni semigiorno davanti all'altra la occulti. L'eclisse che così si determina è rivelabile e, sotto particolari condizioni, consente di determinare dimensioni, masse, raggi e mutue distanze delle due componenti.

Dopo la scoperta di Walker si trovò che altre stelle *novae* erano binarie. E infine si giunse alla conclusione che: *ogni stella nova è necessariamente una stella binaria*. Fu inoltre trovato che delle due componenti di una prenova, la componente principale, più massiccia, è una stella *nana bianca*, cioè una stella evoluta, che, dopo aver esaurito il suo combustibile nucleare (idrogeno, elio, carbonio), ha subito un collasso gravitazionale restringendosi entro una sfera di raggio comparabile a quello della Terra o meno.

Fig. 5

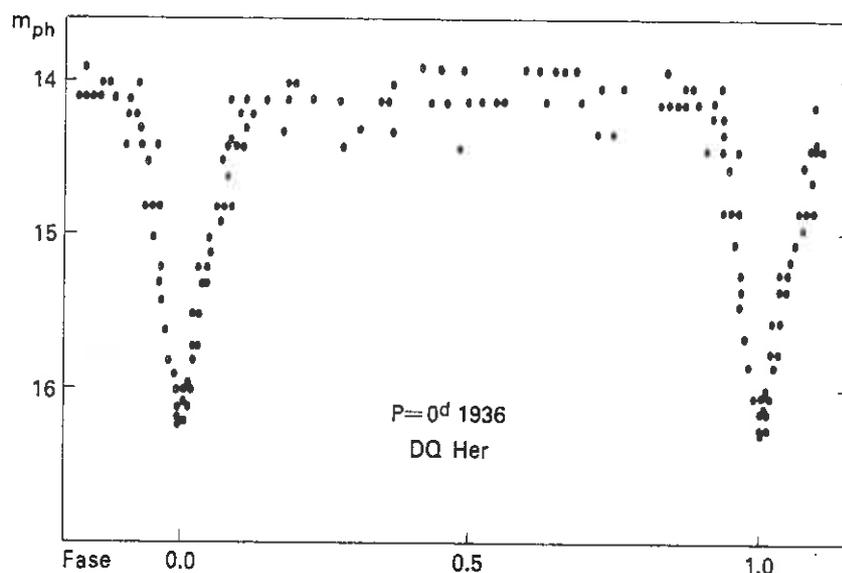


Fig. 5 Curva di luce al minimo della *nova DQ Herculis*. Si notano le profonde eclissi periodiche.

Poiché la massa iniziale (confrontabile con quella del Sole) è in massima parte conservata durante il collasso, una nana bianca, pur mantenendo lo stato gassoso, possiede una densità altissima e la materia di cui è formata obbedisce a particolari leggi fisiche. Comunque, se la nana bianca è isolata, durante e dopo il collasso non succede nulla di drammatico. Essa non ha più sorgenti di energia nucleare e perciò si va lentamente raffreddando, fino alla morte termica che sopraggiungerà dopo miliardi di anni.

Nel caso delle stelle *novae*, la nana bianca però non è isolata ma ha, vicina a sé, una stella rossa, di massa minore ma di dimensioni assai maggiori del normale, essendosi espansa sotto l'azione gravitazionale dell'altra. Tra le due stelle vicinissime si stabilisce allora una specie di ponte gassoso, che dalla componente rossa trasferisce idrogeno alla nana bianca. In altri termini, la nana bianca «succhia» dalla stella vicina dell'idrogeno, che si va lentamente accumulando sulla sua superficie (fotosfera) dove è sottoposto ad una enorme pressione. Quando la massa di idrogeno raggiunge un valore critico, si innesca la reazione termonucleare di trasformazione dell'idrogeno in elio e, come in una colossale bomba all'idrogeno, ha luogo una paurosa esplosione che proietta nello spazio parte del materiale accumulato in superficie. Mentre la reazione prosegue fino all'esaurimento dell'idrogeno, la temperatura della nana bianca sale a centinaia di migliaia di gradi. Tutto è avvolto da una immensa nube sferoidica in espansione, che, poco a poco, si fa più diluita. La stella *nova*, al momento del massimo, non è visibile. Ciò che si vede non è altro che questa nube gassosa caldissima con un raggio cento e mille volte superiore a quello iniziale. Poi, dopo mesi od anni, quando tutta la nube, proseguendo l'espansione si sarà diluita, si rivedranno la nana bianca, ormai tornata alla temperatura iniziale di 10.000 gradi o poco più e la sua compagna, circondate però da una nubecola luminosa in espansione, formata dai gas espulsi nel corso dell'evento esplosivo.

E poi? Dare risposta a questo interrogativo è difficile. Il trasferimento di massa dalla stella rossa alla nana bianca dovrebbe riprendere e portare, a distanza di alcune migliaia di anni, ad una nuova esplosione. Non v'è dubbio che tutte le *novae* sono *ricorrenti*. Ed in qualche caso, molto raro e peculiare, noi abbiamo assistito alla ricorrenza dell'esplosione, che è avvenuta nello spazio di qualche decennio. Ma questa è l'eccezione non è la regola. Il tempo di ricorrenza per le *novae* normali non è di anni né di secoli, è di millenni e noi non abbiamo alcuna possibilità di verificare che cosa avvenga nel frattempo.

Recentemente l'astronomo Shara ha proposto l'ipotesi della ibernazione. Secondo Shara, l'esplosione provoca il lento allontanamento delle due componenti e quindi la diminuzione del flusso di idrogeno

dall'una all'altra. Ogni attività quasi cessa. Poi lentamente il processo di riavvicinamento riprende, l'idrogeno torna a fluire sulla nana bianca provocando piccole esplosioni a distanza di settimane o di mesi. Ma poi il flusso di materia si fa più intenso, l'idrogeno si riaccumula e dopo migliaia di anni subentra un'altra grande esplosione.

Devo aggiungere subito, però, che finora questa ingegnosa ipotesi non ha trovato conferma.

E passiamo ora alle *supernovae*. I fenomeni che danno luogo all'apparizione di una *supernova* sono di tutt'altra natura. Le ultime *supernovae* galattiche sono quelle apparse nel 1572 e nel 1604. Non c'erano allora né telescopi, né tanto meno spettrografi. Ma sia Tycho che Keplero tracciarono delle ottime *curve di luce* che illustrano il declino di queste due *supernovae* dal massimo al limite estremo della visibilità ad occhio nudo. Come fare per saperne di più? Fu l'astronomo svizzero Zwicky, nel 1934, a suggerire lo studio, in mancanza di meglio, delle *supernovae* emergenti nelle lontane galassie. Sistemò un piccolo telescopio Schmidt (a largo campo) sul Monte Palomar in California e cominciò a fotografare sistematicamente decine e decine di galassie. Dopo le prime delusioni, fu ricompensato dalla scoperta di una *supernova* e poi di molte altre. Fu possibile prendere lo spettro di queste stelle, estremamente deboli, e via via migliorare le tecniche di osservazione. Anche Asiago, coi suoi due telescopi Schmidt, ha partecipato, con successo alla *survey* scoprendo oltre *trenta supernovae* e studiandone coi suoi maggiori telescopi molte altre.

Che sono dunque le *supernovae*? Più che di stelle si dovrebbe parlare di «eventi». L'apparizione di una *supernova* è infatti un evento unico, che segna, con una immane esplosione, la morte di una stella.

Fig. 6

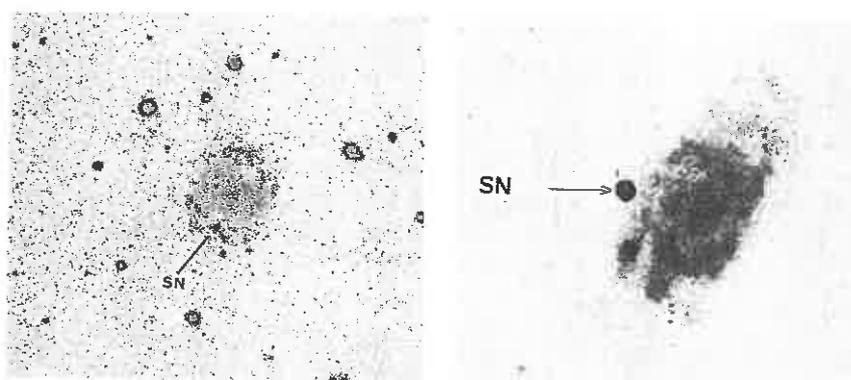


Fig. 6 Due *supernovae* scoperte ad Asiago. Le galassie dove sono apparse queste *supernovae* distano alcune centinaia di milioni di anni-luce.

Fino a qualche anno fa si conoscevano due tipi di *supernovae*. Le *supernovae* di tipo I sono le più luminose. All'atto dell'esplosione viene emessa tanta energia quanta ne emettono, tutte insieme, alcuni miliardi di stelle. Lo spettro è stato, ed è tuttora, variamente interpretato. Ma su un punto tutti gli studiosi sono concordi: esso indica l'eiezione di ingenti masse gassose a velocità di decine di migliaia di chilometri al secondo. Esplosione così violenta, quindi, da non trovar quasi riscontro in natura. Le *supernovae* di tipo II rappresentano pure il risultato di una apocalittica esplosione: ma l'energia emessa in vicinanza del massimo è minore che nelle *supernovae* di tipo I e lo spettro si presta a più facile interpretazione.

Proprio tre anni e mezzo fa gli astronomi che si interessano di *supernovae* hanno avuto un colpo di fortuna: è esplosa una *supernova* di tipo II, qui, alle soglie di casa nostra, nella Grande Nube di Magellano, ad appena 170 mila anni-luce. Ed è stata raccolta in questa circostanza una tale messe di dati che ha già consentito di risolvere alcuni problemi. Ma ci vorranno anni per elaborarli e decifrarli tutti.

Due tipi di *supernovae*, dunque, di tipo I e di tipo II, oltre ad alcune sottoclassi (Ib, Ic, etc.). Ma quali sono le cause di questi vistosi fenomeni e quali i processi che li producono?

Non v'ha dubbio che l'esplosione violentissima di una *supernova* è l'effetto di una inarrestabile crisi che sopraggiunge quando si esaurisce il combustibile nucleare che mantiene attiva una stella. Se, quando ciò avviene, una stella ha massa inferiore a 1.44 masse solari non succede nulla di drammatico: la stella si contrae lentamente, come già si è detto, e diventa una *nana bianca*, che si avvia a morte termica nello spazio di alcuni miliardi di anni. Ma se la massa supera questo faticoso limite, allora, esaurito idrogeno, elio e carbonio, che sono i principali combustibili nucleari, il collasso avviene improvviso e violento, col rilascio immediato di una enorme quantità di energia gravitazionale. A seconda dei casi può avvenire una detonazione o una implosione. Ma l'effetto è lo stesso e porta alla distruzione dell'astro o al suo quasi inarrestabile collasso fino allo stato di *stella di neutroni*.

Il più famoso esempio è quello lasciatoci dalla *supernova* del 1054 d.C. Nessuno si curò di osservarla allora nell'Europa immersa in pieno nelle tenebre del Medio Evo. Ma la *supernova*, che si poteva vedere, tanto era luminosa, in pieno giorno, fu accuratamente seguita in Cina ed in Giappone, e quegli astronomi ce ne diedero, tra l'altro, la precisa posizione in cielo, nella costellazione del Toro. Ebbene, quando circa nove secoli dopo un potente telescopio fu diretto in quella posizione, si trovò nel luogo stesso dov'era apparsa la *supernova* del 1054 una strana nebulosa che l'astronomo Messier, senza sapere di che si trattasse, aveva classificato col N.1 nel suo famoso catalogo. È la Nebulosa

Granchio o Crab Nebula, residuo dell'esplosione di una stella di notevole massa. La nebula, che si espande tuttora a più di mille km al secondo, ha al suo centro una minuscola stella di neutroni, di pochi chilometri di raggio, che gira vertiginosamente compiendo 33 giri al secondo. Dal polo magnetico di questa ministella rotante, come da un faro, parte un fascio di luce, che ad ogni giro incide sulla Terra. È tutto ciò che rimane di una stella che ha ormai terminato il suo ciclo vitale.

Fig. 7



Fig. 7 La Crab Nebula o Nebulosa Granchio fotografata col telescopio «Copernico» di Asiago. È il residuo della *supernova* apparsa nel 1054 d.C.