

CENTRO OSSERVAZIONE E DIVULGAZIONE
ASTRONOMICA SIRACUSA

SUPERNOVAE NELLA STORIA

Dott. Emerico Amari

| | |
|--|-----------|
| INTRODUZIONE | 2 |
| CAPITOLO 1: LE SUPERNOVAE STORICHE | 4 |
| 1.1 SN 1006 (La Supernova del Lupo) | 4 |
| 1.2 SN 1054 (La Regina delle Supernove o stella Ospite) | 6 |
| 1.3 SN 1572 (La Supernova di Tycho o Stella di Tycho) | 8 |
| 1.4 SN 1604 (La Supernova di Keplero) | 10 |
| 1.5 TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE SUPERNOVAE | 11 |
| - SUPERNOVAE STORICHE | |
| - SUPERNOVAE NON DOCUMENTATE | |
| CAPITOLO 2: LE SUPERNOVAE EXTRAGALATTICHE | 14 |
| 2.1 SN 1885 (La Supernova di Andromeda) | 14 |
| 2.2 SN 1987A (La Supernova della Grande Nube di Magellano) | 15 |
| CAPITOLO 3: LA PROSSIMA SUPERNOVA | 16 |
| 3.1 CONSIDERAZIONI SULLA PROBABILITÀ DI APPARIZIONE DI UNA SUPERNOVA | 16 |
| 3.2 DISCUSSIONI E CONCLUSIONI | 21 |
| BIBLIOGRAFIA | 24 |

INTRODUZIONE

Quando una stella di grande massa esaurisce il carburante nucleare la cui combustione l'ha mantenuta stabile per lunghissimo tempo, si avvia verso la fine della sua esistenza. Il destino che l'attende è un'esplosione immane, nella quale essa lascia un residuo che, a seconda della massa iniziale della stella, può essere una stella di neutroni oppure un buco nero. In entrambi i casi rimane comunque una nube di gas dalla caratteristica forma filamentosa, detta “*resto di supernova*”. L'esplosione avviene in modo repentino e violento e la stella diventa improvvisamente miliardi di volte più brillante di quanto era in origine, tanto che in alcuni casi la sua luminosità supera addirittura quella della galassia che la ospita. Si dice allora che è diventata una supernova.

Quindi le supernovae sono stelle che esplodono in modo spettacolare, aumentando la propria luminosità di miliardi di volte. Questo fa sì che, occasionalmente, siano visibili ad occhio nudo, e le antiche cronache riportano una manciata di questi eventi che destarono grande scalpore.

In astrofisica le supernove si distinguono principalmente in due classi:

- a) *di tipo I possono raggiungere una magnitudine assoluta di -18 o -19 per poi decadere abbastanza velocemente dopo l'esplosione. Inoltre presentano spettri particolari, la cui caratteristica fondamentale è la totale assenza delle righe dell'idrogeno e la cui velocità di espansione dei resti nebulari si misura dalle righe P Cygni e tocca i 10.000 km/s, il 3% della velocità della luce;*
- b) *di tipo II, di circa due magnitudini più deboli, in genere mostrano un plateau nella loro curva di luce e si stabilizzano per qualche tempo su luminosità costanti, ed inoltre presentano le righe dell'idrogeno. Le velocità di espansione sono circa la metà di quelle delle supernove di tipo I.*

Gli eventi di tipo I si producono nei dischi galattici, dove risiede la maggioranza delle stelle, ma anche nelle galassie ellittiche e nei rigonfiamenti centrali o aloni di quelle spirali, il che fa pensare che li si debba attribuire a stelle di piccola massa. Dato che le supernove di tipo I compaiono nei vecchi aloni galattici, non possono essere causate da stelle massicce, perciò si pensa che questi eventi costituiscano l'atto finale dell'evoluzione di nane bianche appartenenti a sistemi binari. Precisamente se il sistema binario è costituito da due nane bianche vicine, queste orbitando intorno ad un comune centro di massa emetteranno onde gravitazionali cioè perturbazioni dei rispettivi campi gravitazionali che

si propagano allontanandosi dal sistema. Questa emissione è causa di una perdita di energia che porta le due stelle ad avvicinarsi sempre più, con un moto di avvicinamento a spirale. Alla fine l'interazione gravitazionale mareale porta le due stelle a fondersi in una, superando il limite di *Chandrasekhar* e quindi esplodendo. Oppure se il sistema binario è costituito da una stella espansa, in genere supergigante, e una nana bianca con massa prossima al limite di *Chandrasekhar* allora il continuo accumulo superficiale di gas sulla nana bianca porta quest'ultima a superare il limite suddetto. Pertanto la pressione di degenerazione elettronica non è più in grado di sostenere l'edificio stellare e si innesca una reazione nucleare su tutto il corpo stellare che esplode.

Invece le esplosioni di tipo II restano confinate ai dischi galattici e ai bracci delle galassie spirali, i soli posti in cui si trovano le stelle massicce. *Quindi gli eventi di tipo II rappresentano la fine naturale di una stella massiccia.* Per completezza di informazione, esiste un'ulteriore suddivisione delle classi che tiene conto dei casi misti.

Il lavoro "*Supernovae nella Storia*", che dedico alla mia associazione astrofila, si articola in tre capitoli e affronta *l'aspetto storico-osservativo* di eventi straordinari che hanno segnato in modo indelebile la storia dell'astronomia. Nel *primo capitolo* verrà ricostruita la raccolta delle informazioni sulle osservazioni delle *supernovae* storiche apparse in epoca pretelescopica. La ricostruzione dei fatti si svolge seguendo due filoni di ricerca: quello dedicato alle quattro *supernovae* storiche (1006, 1054, 1572 e 1604) e quello delle *supernovae* segnalate ma prive di dettagliate informazioni. Alla fine del capitolo un quadro riassuntivo completerà il lavoro di catalogazione delle *supernovae*. Nel *secondo capitolo* sarà trattato il caso delle apparizioni di *supernovae* extragalattiche. In particolare mi soffermerò a descrivere due notevoli *supernovae* (SN 1885 e SN 1987A) e l'impulso che queste hanno dato al dibattito cosmologico.

Nel *terzo ed ultimo capitolo* sarà discussa la possibilità di apparizione di un evento di supernova nella nostra galassia analizzando alcuni elementi alla luce delle attuali conoscenze.

CAPITOLO 1: LE SUPERNOVAE STORICHE

1.1 SN 1006 (LA SUPERNOVA DEL LUPO)

La supernova che apparve il 30 aprile 1006 d.C. è considerata la manifestazione stellare più brillante della storia dell'umanità. Fu osservata da molti luoghi della Terra (Egitto, Armenia, Iraq, Cina, Giappone) e descritta dalle cronache del tempo. In particolare l'antico astrologo egiziano *Alì Ibn Ridwan* ci ha lasciato la seguente testimonianza:

“la stella l'1 maggio 1006 si mostrava grande e di forma arrotondata, il suo diametro apparente era 2,5 ÷ 3 volte maggiore di quello di Venere e la sua luce era capace di proiettare delle deboli ombre sulla superficie della Terra. Infine la sua luminosità era paragonabile al quarto di Luna”.

Dal racconto di *Alì Ibn Ridwan* l'oggetto possedeva un diametro apparente più grande di quello del pianeta Venere, ma questo particolare è stato smentito dagli astronomi perché dovuto ad un effetto psicologico dell'occhio umano¹. Nella cronaca di *Ibn al-Athir* del XIII secolo si legge che *“nell'anno 1006 è apparsa una nuova luna di oggetto simile a Venere nella costellazione australe del Lupo e i suoi raggi sulla Terra erano simili a quelli della Luna”*. *Bar Hebraus* aggiunge che *“la stella proiettava sulla Terra la stessa ombra del quarto di Luna e rimase visibile per 4 mesi per poi perdersi nel bagliore del Sole”*.

In Europa le uniche testimonianze sono due racconti. Secondo *Hepidanus*, monaco di San Gallo in Svizzera, *“la stella era visibile nell'estremo sud nonostante la posizione sfavorevole di osservazione di ben 47°,5 latitudine nord”*. L'altra cronaca è stata ritrovata in un manoscritto italiano a Bologna, ma privo di ulteriori informazioni.

I racconti cinesi e giapponesi offrono maggiori dettagli sulla posizione e visibilità della nuova stella, infatti dicono che *“era situata presso il confine delle costellazioni del Lupo e Centauro ed era visibile in pieno giorno”*. La supernova del Lupo fu probabilmente anche osservata dai *Nativi Americani*. Se confermata, la scoperta di un *petroglifo* sarebbe l'unica registrazione conosciuta nelle Americhe della supernova. La scultura è stata scoperta nel *Parco Regionale White Tanks* di *Phoenix*, in una zona che si crede fosse

[1] Le stelle appaiono coronate da raggi luminosi se viste ad occhio nudo, ma quasi perfettamente puntiformi, e quindi apparentemente più piccole, a un buon telescopio. Lo spettacolare sparpagliamento della luce proveniente dalla supernova dipende principalmente da tre fattori: a) la rifrazione operata dall'atmosfera terrestre; b) la rifrazione del cristallino dell'occhio umano; c) l'intensità della radiazione luminosa dell'oggetto osservato e della sua puntiformità. Altri racconti confermano l'apparizione dei *“baffi di luce”* in tutte e quattro le direzioni.

occupata da un gruppo di nativi Americani denominati *Hohokam*. Il petroglifo mostra la relativa posizione della supernova rispetto alla costellazione dello Scorpione. Il modello è stato generato da *John Barentine*, un astronomo dell'*Apache Point Observatory* in *Nuovo Messico* e *Gilbert Esquerdo*, un assistente ricercatore al *Planetary Science Institute* in *Arizona*. Questa scoperta sosterrebbe l'idea che gli antichi *Nativi Americani* fossero informati dei cambiamenti nel cielo di notte.

Dalle cronache è possibile ricostruire la durata dell'evento. Le testimonianze ritengono che la *stella nuova* fosse visibile per quattro mesi di giorno per poi perdersi nel bagliore del Sole. Dopo sette mesi la supernova divenne nuovamente visibile nel cielo dell'alba fra il 24 novembre e il 22 dicembre². In totale rimase visibile per un periodo complessivo di circa tre anni. Appare quindi erroneo il racconto cinese delle "*Cronache Sung Shih*" secondo il quale la stella fu visibile da novembre 1006 a maggio 1016, cioè un periodo di quasi dieci anni.

Utilizzando le informazioni disponibili, gli astronomi hanno ricostruito la ipotetica curva di luce di SN 1006 dichiarando che potrebbe trattarsi di una supernova di tipo Ia³ con una magnitudine apparente massima stimata nell'intervallo [-6,5 ; -9]. Nel 1965 è stato individuato il resto di supernova grazie alla sua emissione radio e successivamente nel 1976 furono individuate le componenti X e visibile.

Lo staff di *P. Frank Winkler* del *Middlebury College* (2003) ha studiato alcune immagini digitali ottenute nel 1987, 1991, 1998 e 2002 per determinare la velocità angolare con la quale si espande il resto di supernova. Secondo le misure il guscio si sta espandendo con una velocità di 0,28 secondi d'arco all'anno pari a una velocità lineare di 2.900 km/s. La stima della distanza dalla supernova risulta essere probabilmente di 7.100 anni luce (o secondo altri studi ~ 2 kpc). Quindi la supernova del Lupo raggiunse una magnitudine visuale apparente compresa nell'intervallo [-7,1; -7,9], una luminosità dodici volte superiore a quella di Venere⁴. Lo splendore non fu quindi così elevato come sembravano indicare le prime stime ma fu comunque tale da potere affibbiare alla supernova del 1006 il titolo di "*Stella più luminosa della Storia*".

[2] Perché in questo periodo l'elongazione orientale della *stella nuova* cresceva di oltre 25°.

[3] Si tratta di una classe di *supernovae* che ha una caratteristica importante: la luminosità intrinseca raggiunta nel momento del massimo splendore è sempre la stessa ed è nota con precisione (candela standard). Questo fa sì che le *supernovae* di tipo Ia siano degli eventi di straordinaria importanza poiché se, ad esempio, ne appare una in una galassia dalla misura del picco di luminosità gli astronomi sono in grado di calcolare la distanza della supernova stessa e quindi della galassia che la contiene.

[4] La massima luminosità raggiunta dalla supernova fu circa 200 milioni di volte maggiore di quella solare.

1.2 SN 1054 (LA REGINA DELLE SUPERNOVAE)

Nel 1054 gli astronomi cinesi e giapponesi descrissero minuziosamente nelle loro cronache uno straordinario avvenimento del quale, invece, non si trova traccia nelle cronache occidentali. Il 4 luglio nella costellazione del Toro apparve una nuova stella tanto brillante da risultare, al massimo del suo splendore, visibile persino in pieno giorno⁵. Dopo alcune settimane quello straordinario fulgore cominciò a declinare finché, il 17 aprile del 1056, non fu visibile ad occhio nudo e se ne perse traccia.

La cronaca cinese “*Elementi essenziali di vita Sung*” riporta la seguente testimonianza:

Durante la notte è apparsa una nuova stella. Il suo splendore è prodigioso. Situata un po' sotto la Luna, è splendente quanto Venere. Quel mattino, dopo il levar del Sole, la stella è ancora visibile nell'azzurro del cielo. Questa stella ci apporta la promessa di raccolti abbondanti per numerosi anni a venire. Si accoglie con grandi premure la messaggera apportatrice di un oroscopo propizio e la si battezza «stella Ospite». La si osserva giorno e notte, la si disegna dappertutto, si fanno feste in suo onore, la si celebra degnamente.

Nondimeno di giorno in giorno il suo splendore si attenua. Per un po' di tempo non la si vede più se non di notte, come una stella comune. Vari mesi dopo non si riesce a scorgerla. La stella Ospite se ne va. La stella Ospite è partita.

E ancora il 27 agosto 1054 l'astronomo cinese *Yang Wei-te* afferma:

«Osservo umilmente una stella ospite che è apparsa in queste notti; al di sopra di essa c'è un debole scintillio di colore giallo».

Secondo una ricostruzione eseguita da *Simon Mitton* la nuova stella (chiamata in letteratura *la Regina delle Supernovae*) divenne circa quattro volte più brillante di Venere ovvero di magnitudine visuale apparente compresa nell'intervallo [-6; -6,5] e quindi visibile in pieno giorno. Tracce dell'esplosione della supernova sono state trovate in una caverna del *Chaco Canyon National Park (Nuovo Messico)*. Lo stesso *Simon Mitton* nel 1978 ha associato quelle raffigurazioni con l'evento del 4 luglio 1054 (luna calante vicina alla supernova del Toro).

[5] La Supernova del Toro fu visibile in pieno giorno per ben 23 giorni.

Nel 1990 *Ralph Robert Robbins* dell'*Università del Texas* dichiarò di avere scoperto che la raffigurazione degli indiani del *New Messico* era compatibile con l'esplosione della supernova del Toro. Infatti eseguendo accurate datazioni al carbonio 14 affermò che la raffigurazione nella caverna è stata creata fra il 1050 e 1070 dopo Cristo, così da rendere molto probabile l'associazione con l'evento di supernova.

La stella ospite quindi è rimasta visibile per un periodo complessivo di 653 giorni. Tuttavia, per completezza di informazione, una cronaca giapponese, del poeta *Sadaie Fuijwara* dell'anno 1235 dopo Cristo, sposta la data dell'apparizione al 29 maggio. Ma in tale data la stella *Zeta Tauri* era in congiunzione con il Sole. Quindi la veridicità di questa testimonianza è stata smentita.

In tempi recenti diversi autori si sono soffermati sulla regina delle *supernovae*. Nel 1997 *Giovanni Lupato* nel suo libro "*SN 1054, Una supernova sul Medioevo*" ha approfondito le indagini su probabili osservazioni eseguite in Europa. In particolare viene evidenziato il contenuto di un manoscritto di dubbia autenticità chiamato *Cronache di Rampona* che risale al XV secolo. *Lupato* osserva che la data del 24 giugno 1058 potrebbe attribuirsi ad un errore di trascrizione di MLIII (1054) a MLVIII (1058) il quale potrebbe indicare la data del 24 giugno 1054 per questo evento. In una recente pubblicazione *Collins II et al.* (1999) evidenziano come certa la data del 4 luglio 1054.

Oggi ciò che rimane di quell'immane esplosione di supernova è un residuo filamentoso a forma tentacolare chiamato M 1 "*Nebulosa del Granchio*" situato a circa 6 mila anni luce di distanza. Nota la distanza e la magnitudine visuale apparente della *stella nuova* è possibile stimare la sua magnitudine assoluta che risulta essere intorno a -16, cioè brillò al massimo come 250 milioni di Soli. Quindi dalla ipotetica curva di luce e dalla stima della magnitudine assoluta si può affermare che la *regina delle supernovae* fu di tipo II, cioè prodotta dall'esplosione di una stella massiccia.

Infine, a conclusione, merita un commento il fatto che lo straordinario avvenimento del 1054 non sia documentato dagli astronomi occidentali. Appare non credibile il fatto che la supernova possa essere passata inosservata. Infatti secondo *Fred Hoyle* i pregiudizi religiosi del tempo hanno indotto gli storici medievali ad ignorare l'evento. Però potrebbero esserci delle annotazioni di SN 1054 fatte da astronomi in privato, e non essere sopravvissute, o non essere state ancora scoperte. E, per completezza, esistono registrazioni fatte a Costantinopoli, ma prive di informazioni su luminosità e posizione celeste.

1.3 SN 1572 (LA SUPERNOVA DI TYCHO O STELLA DI TYCHO)

Nel 1572 nella costellazione di *Cassiopea* apparve la terza supernova esplosa nella nostra galassia di cui abbiamo notizia storica. Durante il parossismo la supernova di Cassiopea divenne luminosissima.

L'evento fu osservato per la prima volta il 6 novembre 1572 da *W. Schuler* e nei tre giorni successivi la osservarono molti altri astronomi. Il giorno 11 di novembre fu scoperta, indipendentemente, da *Tycho Brahe*, al ritorno da un viaggio in Germania mentre si trovava presso il monastero di *Herridsvadd*. Egli notò una stella brillantissima cinque gradi a nord-ovest di *Cassiopea* in un punto in cui non si era mai notato alcun astro. L'astronomo danese affermò che: «*la stella non aveva coda, né appariva contornata da veli nebulosi... il suo splendore era molto superiore a quello offerto in quel momento dal pianeta Giove... rivaleggiava in fulgore con Venere all'epoca in cui essa si trova alla massima vicinanza. Era persino visibile in pieno giorno da chiunque godesse di buona vista*».

Quindi *Brahe* determinò per primo dei parametri sul suo splendore: la definì più luminosa di *Giove* (magnitudine visuale -2,60) e uguale in splendore a *Venere* (magnitudine -4,50). L'evento fu grandioso ed eccezionale: tanto da indurre *Tycho* alla compilazione di un nuovo catalogo di stelle. *Per circa due settimane la stella fu più splendente di qualunque altra nel cielo e poteva essere osservata anche nella piena luce del giorno. Alla fine di novembre cominciò ad impallidire e a cambiare colore. Dal bianco splendente andò virando verso il giallo e quindi l'arancio, fino al rosso, per sparire alla vista nel marzo 1574, essendo stata visibile ad occhio nudo per 16 mesi.*

Tycho, affascinato da un tale spettacolo che veniva a sovvertire il principio di immutabilità dei cieli, studiò con grande interesse questo fenomeno. Malgrado non esistesse ancora alcuno strumento ottico, egli ci ha lasciato importanti registrazioni sulle sue variazioni di splendore e sulla sua posizione, utilizzando un particolare sestante collocato in casa. I risultati dei suoi studi e delle sue deduzioni furono esposti nel trattato "*De nova et nullius evi memoria prius visa stella*" del 1573. Nonostante l'eccezionale testimonianza egli riteneva ancora la nascita di una stella un miracolo e come tale esso non consentiva di affermare in generale che la cosmologia aristotelica fosse in errore. Oggi questa supernova è nota come la *Supernova di Tycho* o *Stella di Tycho* o *Stella Tychonica*.

Questi mutamenti di colore raccontati da *Tycho Brahe* si devono probabilmente a un guscio di materia che la stella esplodendo lanciò nello spazio e che si raffreddò con il

procedere dell'espansione. I resti della supernova di *Tycho* sono stati cercati per molti secoli senza successo. Solo nel 1952 furono captati dei segnali radio emessi nei dintorni della posizione indicata da *Tycho*. *Rudolph Minkowski* utilizzando il telescopio di *Monte Palomar* è riuscito ad individuare anche la controparte ottica: una stella di neutroni. Successive osservazioni condotte con altri strumenti hanno confermato la scoperta fatta da *Minkowski*, ciò che rimane oggi della supernova di *Tycho* è un oggetto collassato superdenso cioè una stella di neutroni. Ulteriori studi hanno infine consentito di stabilire distanza e luminosità della SN 1572. La luminosità raggiunta, secondo gli studi condotti dall'astronomo *Walter Baade* presso l'osservatorio di *Mount Wilson* in *California*, fu compresa fra la magnitudine visuale apparente -4 e -4,5 cioè pari a quella di circa 300 milioni di Soli (magnitudine assoluta -16,5) essendo nota la distanza di oltre 10 mila anni luce.

1.4 SN 1604 (LA SUPERNOVA DI KEPLERO)

L'ultimo esempio di supernova apparsa nella nostra galassia è la supernova di *Keplero* che fu osservata per la prima volta il 9 ottobre del 1604, quando già aveva raggiunto uno splendore che superava quello di ogni altra stella in cielo. Nella stessa notte i pianeti Marte (magnitudine visuale apparente +0,76) e Giove (-1,87) erano in congiunzione in *Ofiuco*⁶, e si trovavano ad appena un paio di gradi di distanza dalla supernova.

La stella fu quindi osservata da *Altobelli* a Verona, *Clavius* a Roma, *Capra* e *Marius* a Padova, *Galileo* a Pisa e *Brunowski* a Praga. Quest'ultimo avvertì *Keplero*, che studiò accuratamente il fenomeno.

Quando fu vista per la prima volta, la supernova era luminosa quanto Marte, ma dopo pochi giorni essa superò lo splendore di Giove, e per molte settimane rimase l'oggetto più splendente del cielo dopo la Luna. La stella, quando scomparve nel tramonto a novembre, era ancora paragonabile a Giove, e al suo riapparire nel cielo del mattino nel gennaio del 1605 J. Keplero la trovava ancora più brillante di Antares. L'astro mantenne una luminosità superiore alla magnitudine -2 per circa un anno. Nel marzo del 1606 la stella spariva alla vista: era stata visibile ad occhio nudo per 18 mesi circa. I risultati del lavoro del grande astronomo tedesco sono raccolte nel trattato: "De Stella Nova in Pede Serpentarii".

L'astronomo *Walter Baade* nel 1943, presso l'osservatorio di *Mount Wilson* in *California*, ha stimato che il massimo fu raggiunto il 17 ottobre e il picco di magnitudine visuale apparente fu -2,25. Lo studio della curva di luce mostra che la stella fu una supernova di tipo I, *così come la stella di Tycho nel 1572*. Il resto di supernova è stato cercato con il telescopio di Monte Wilson e si è trovata una debole nebulosità di diciannovesima magnitudine. Nei pressi è presente una stellina di magnitudine 18,6 ma l'identificazione con il resto di supernova è dubbio. In base alla luminosità raggiunta (magnitudine assoluta -18) si può stimare in 20 mila anni-luce la distanza dalla supernova di *Keplero*. Ma dato che la supernova è apparsa in una direzione di cielo, quella di *Ofiuco*, prossima al centro galattico è molto probabile che l'assorbimento operato dal mezzo interstellare riduca la stima in un intervallo compreso fra 10 mila e 20 mila anni-luce.

[6] Ad appena otto gradi s SO era presente il pianeta Saturno (magnitudine visuale apparente + 0,96).

1.5 TABELLE RIEPILOGATIVE DELLE SUPERNOVAE

SUPERNOVAE STORICHE:

| N | Data | Costellazione | Magnitudine | Distanza | V | Osservatori | Tipo | Note |
|---|------------|---------------|---------------|-----------|----|-------------|------|---------------|
| 1 | 30/04/1006 | Lupo | [-6,5; -9] | 3 - 7.100 | 36 | AACGEI | Ia | PKS 1459 - 41 |
| 2 | 04/07/1054 | Toro | [-6; -6,5] | 6 - 6.500 | 22 | ACKGI | II | M1 + NP 0532 |
| 3 | 06/11/1572 | Cassiopea | [- 4; -4,5] | > 10.000 | 16 | CKE | I | 3C 10 |
| 4 | 08/10/1604 | Ofiuco | [-2,25; -2,5] | 20.000 | 18 | CKE | I | 3C 358 |

SUPERNOVAE NON DOCUMENTATE:

| N | Data | Costellazione | Magn. | Distanza | V | Osservatori | Tipo | Note |
|----|----------------|---------------|-------|----------|----|-------------|------|-----------|
| 1 | 134 a.C. | Scorpione | ? | ~ 9.000 | - | Ipparco e C | SN I | Sco X-1 |
| 2 | 07/12/185 d.C. | Centauro | -8 | ~ 8.200 | 20 | Cinesi | SN | RCW 86 |
| 3 | 386 | Sagittario | ? | ? | 3 | Cinesi | nova | ? |
| 4 | 393 | Scorpione | -1 | ? | 8 | Cinesi | nova | Indeterm. |
| 5 | 436 | Scorpione | ? | ? | ? | Cinesi | nova | ? |
| 6 | 716 | ? | ? | ? | ? | Armeni | ? | ? |
| 7 | 827 | Scorpione | ? | ? | ? | Arabi | nova | ? |
| 8 | 15/05/1054 | ? | ? | ? | ? | Armeni | ? | ? |
| 9 | 4 - 6/08/1181 | Cassiopea | 0 | ~ 10.000 | 6 | CG | SN | 3C 58 |
| 10 | 1203 | Scorpione | ? | ? | ? | Arabi | nova | ? |
| 11 | 1224 | Scorpione | ? | ? | ? | Arabi | nova | ? |
| 12 | 1240 | Scorpione | ? | ? | ? | Arabi | nova | ? |
| 13 | 1408 | Cigno | -3 | ? | ? | Arabi | SN | ? |
| 14 | ~ 1670 | Cassiopea | ? | ~ 10.000 | ? | radiotelesc | SNII | Cas A |

La prima supernova di cui si ha notizia è datata 134 avanti Cristo e fu osservata dal grande astronomo greco *Ipparco* di Nicea. La notizia di questa apparizione ci è pervenuta grazie all'opera dello scrittore latino *Plinio il Vecchio* vissuto nel I secolo dopo Cristo. Sembra che la comparsa di questa *stella nuova* abbia indotto *Ipparco* a compilare un catalogo di stelle. Non rimangono molte informazioni su questo evento che fu anche osservato dai *Cinesi*. Negli ultimi decenni grazie all'utilizzo in astronomia di radiotelescopi è stata individuata nella costellazione dello Scorpione la più intensa sorgente radio denominata Sco-X1 che potrebbe essere il residuo della supernova del 134 a.C.. Numerosi astronomi ritengono che la *stella nuova* che apparve a *Ipparco* sia stata una supernova e non una nova. La distanza che ci separa da questa intensa sorgente radio è

stata stimata in circa 9000 anni luce. *Scorpius X-1* è la più intensa sorgente raggi X, dopo quella dei corpi del sistema solare, si tratta di un sistema binario costituito da una stella di neutroni di circa 1,5 masse solari e da una compagna di circa 0,42 masse solari. La stella di neutroni esercita una forte attrazione gravitazionale sulla compagna strappando del materiale stellare superficiale e creando un disco di accrescimento. *Scorpius X-1* mostra delle regolari variazioni di intensità di circa una magnitudine con un periodo di circa 18,9 ore. Ciò è dovuto ad una reciproca eclissi delle due stelle dal punto di osservazione della Terra. Le due stelle non sono probabilmente nate insieme, recenti ricerche suggeriscono che il sistema binario si sia formato da un incontro ravvicinato all'interno di un ammasso globulare.

La più antica tra le *supernovae* è quella osservata nel 185 dopo Cristo dai Cinesi nella costellazione del Centauro. La sua luminosità rivaleggiava con quella della Luna al primo quarto e quando apparve, il 7 dicembre, pur sorgendo quasi contemporaneamente al Sole fu ugualmente individuata. La registrazione cinese alla data del 7 dicembre recita così:

«Una stella ospite è apparsa nella costellazione di Nan-men “La porta del Sud” (nei pressi di Alfa e Beta Centauri). Essa era luminosa, multicolore e scintillante. La sua brillantezza diminuì gradualmente e scomparve nel sesto mese dell'anno successivo. Secondo le normali predizioni ciò significa “insurrezione”».

La *stella Ospite* rimase visibile ad occhio nudo per un periodo di circa 20 mesi. Oggi quel che rimane di quella violenta esplosione è un'intensa radiosorgente catalogata con la sigla RCW 86, situata fra Alfa Centauri (*Rigel Kentaurus*) e Beta Centauri (*Haidar*). Recentissime osservazioni (2006) effettuate da due telescopi che operano nella banda X-XMM, il *Newton* dell'ESA e il *Chandra* della NASA, hanno fornito le prove che il resto di supernova RCW 86 è proprio ciò che rimane di quella antica esplosione stellare. La loro visione composita di RCW 86, in falsi colori, mostra il guscio gassoso in espansione con emissione di raggi X. Attraverso la misurazione delle onde d'urto in banda X emesse dal guscio è possibile stimare l'età apparente del resto di supernova. La nebulosa, grande 50 anni luce, si trova vicina al piano galattico e ne dista 8200 dal sistema solare.

I Cinesi osservarono una *stella nuova* nel 386 nella costellazione del Sagittario ma diedero solo informazioni imprecise. Dalle registrazioni sembra che la stella rimase visibile

per un periodo di circa 3 mesi. Molto probabilmente si trattò di una nova. *Cinesi e Arabi* osservarono ben sei successive *novae* nel 393, 436, 827, 1203, 1224 e 1240. In particolare alcuni studi si sono occupati dell'apparizione di una *stella nuova* nel 393. Dalle registrazioni si evince che la stella era molto brillante più di ogni altra stella visibile in cielo. La sua visibilità durò per un periodo di circa 8 mesi.

Un mistero rimane la comparsa di una luminosissima stella nell'anno 716 riportata dagli *Armeni*. Di questo evento non esistono tracce di registrazioni presso i *Cinesi* e gli *Arabi*.

Una supernova esplosa nel 1181 venne completamente ignorata in Occidente, e le informazioni a suo riguardo ci derivano solo dalle cronache cinesi e giapponesi. Queste riferiscono che nell'estate del 1181 (*fra il 4 e il 6 agosto*) apparve in cielo una stella che aveva la stessa luminosità della stella Vega. In tempi recenti i radiotelescopi hanno localizzato una sorgente radio siglata 3C 58 posta ad una distanza di circa dieci mila anni luce. Successivamente il satellite *Chandra* per l'astronomia X ha scoperto nel resto gassoso 3C 58 una delle più giovani pulsar, appena 820 anni. La pulsar denominata PSR J0205+6449 ruota su se stessa 15 volte al secondo. Un team di astronomi guidato da *Stephen Murray* dell'*Harvard-Smithsonian Center of Astrophysics di Cambridge* hanno scoperto un'estesa sorgente di raggi X prodotta da una nube di particelle energetiche che circonda la pulsar. Inoltre la pulsar sta ruotando veloce come quando era appena formata, dato inusuale per una pulsar che rallenta man mano che invecchia.

Nel 1408 nella costellazione del Cigno apparve una *stella nuova* che superò ampiamente in luminosità tutte le altre stelle del cielo. Ne diedero notizia gli *Arabi* senza precisare altro.

Infine appartiene ad un giallo stellare la scoperta fatta da astronomi nel XX secolo di un resto di *supernova* in *Cassiopea* chiamato *Cas A*. Secondo i calcoli degli scienziati basati sulle velocità di espansione dei resti nebulari la stella esplose intorno al 1670. Probabilmente si tratta di un evento di tipo II. Tuttavia di questo evento non c'è traccia nelle registrazioni antiche.

CAPITOLO 2: LE SUPERNOVAE EXTRAGALATTICHE

Nel primo capitolo è stato ribadito che le *supernovae* sono variabili eruttive con rapido e notevole incremento di splendore, anche di 20 grandezze stellari, che ha tutte le caratteristiche di un'esplosione, causata molto probabilmente dall'enorme pressione di radiazione che si origina per eccessiva produzione di energia nel cuore della stella. Proprio questo enorme aumento di luminosità permette di vederle anche in altre galassie, a volte distanti centinaia di milioni di anni luce. Infatti con i più potenti telescopi attualmente in esercizio gli astronomi di tutto il mondo possono scrutare il cielo per osservare la comparsa di *supernovae* in galassie lontane. Finora ne sono state catalogate circa 1800 e ogni anno questo numero aumenta considerevolmente grazie all'impiego dei CCD.

Queste esplosioni della durata di qualche settimana possono superare in luminosità tutti gli altri miliardi di stelle della galassia alla quale appartengono. In questa sezione descriverò due esempi storici di *supernovae* extragalattiche: **SN 1885** e **SN 1987A**, che hanno permesso alle scienze astronomiche di aprire nuovi scenari nella ricerca.

2.1 SN 1885 (LA SUPERNOVA DI ANDROMEDA)

Il 20 agosto 1885 apparve improvvisamente una stella nella zona centrale della galassia vicina alla nostra, la *Grande Nebulosa di Andromeda*. La stella aumentò rapidamente la propria luminosità fino a raggiungere la settima grandezza. A quel tempo non si sapeva ancora se la nebulosa di *Andromeda* e le altre nebulose simili fossero oggetti appartenenti alla nostra galassia o a sistemi di stelle al di fuori di essa. Si suppose allora che la *nuova stella* apparsa non fosse altro che una nova ordinaria e da ciò si dedusse una stima della distanza della nebulosa, la quale ricadeva all'interno della nostra galassia.

Il lavoro svolto negli anni Venti del XX secolo da *Edwin P. Hubble* sulle stelle variabili presenti nella *Nebulosa di Andromeda* dimostrò che tali sistemi sono esterni alla nostra galassia e distanti milioni di anni-luce. Quindi la distanza della galassia di *Andromeda* non era dell'ordine delle migliaia di anni luce ma dell'ordine dei milioni di anni luce, questo perché SN 1885 aveva brillato di un fattore 10^4 volte rispetto ad una nova ordinaria. Ecco i dati caratteristici riassuntivi di SN 1885:

data di apparizione: 08/1885 (S 185) galassia: Andromeda (M 31 o NGC 224)

magnitudine visuale apparente massima: $\sim +7$

distanza dal sistema solare: $\sim 2,25$ milioni di anni-luce.

2.2 SN 1987A (LA SUPERNOVA DELLA GRANDE NUBE DI MAGELLANO)

Secondo *Hubert Reeves*: « Nel 1987 il cielo ci ha fatto un regalo sontuoso: una supernova visibile a occhio nudo esplosa nella galassia più vicina alla nostra: la Grande Nube di Magellano. Questa stella è esplosa in realtà centosettantamila anni fa, quando gli esseri umani stavano scoprendo le tecniche del fuoco e della costruzione delle abitazioni. A partire da tale data l'irraggiamento di questa esplosione sta percorrendo gli spazi intersiderali. Esso è pervenuto all'altezza del nostro pianeta il mattino del 23 febbraio, alle sette, trentacinque minuti e quaranta secondi (tempo universale).

La prima radiazione a raggiungerci non fu di natura luminosa: si trattò di un intenso flusso di neutrini, mentre i fotoni arrivarono qualche ora dopo. Non che i neutrini si propagano più velocemente dei fotoni, ma solo perché sono partiti prima. Queste esplosioni hanno inizio al centro della stella prima di propagarsi verso la superficie. Dal 23 febbraio 1987 gli scienziati seguono in diretta l'evoluzione di questa catastrofe stellare nella galassia satellite. Numerosi strumenti misurarono l'intensità e la variazione delle radiazioni emesse, per confrontarle in seguito con i modelli matematici calcolati dai teorici. Il lampo di neutrini dimostra che il collasso di un corpo stellare e l'intensità di questo lampo ben corrisponde al meccanismo dell'esplosione stellare.

Vari mesi dopo l'esplosione iniziale, un flusso di raggi X e γ emergeva progressivamente dalla massa stellare in espansione. Queste radiazioni ci hanno permesso di identificare la presenza di nuclei radioattivi di cobalto alla superficie della supernova. Questo risultato conferma una predizione dei fisici teorici: gli atomi di ferro provengono dalle supernovae per successivo decadimento radioattivo β dei nuclei di nichel e cobalto. Questi decadimenti radioattivi rilasciano grandissime quantità di energia nucleare e sono responsabili della violenza dell'esplosione». La SN 1987A in questi ultimi venti anni si è dimostrata un ottimo laboratorio per testare, con esperimenti, la teoria della relatività ristretta (ad esempio validità della formula dell'effetto Doppler relativistico), ma anche la rivelazione di neutrini sulla Terra.

Riporto di seguito i dati caratteristici di SN 1987A:

data di apparizione: 23/02/1987 galassia: Grande Nube di Magellano

stella progenitrice: Sanduleak 20626 (circa 20 masse solari)

magnitudine visuale apparente massima: $\sim +4,50$

distanza dal sistema solare: ~ 170 mila anni-luce

CAPITOLO 3: LA PROSSIMA SUPERNOVA

3.1 Considerazioni sulla probabilità di apparizione di una supernova

L'apparizione in cielo di stelle nuove ha sempre affascinato l'uomo perché rappresenta uno dei misteri dell'universo. Osservare il "*canto del cigno delle stelle*", così viene chiamato, costituisce per gli *astrofisici* la chiave di volta nella comprensione dei processi e dei meccanismi dell'evoluzione stellare. Le *supernovae* sono uno dei fenomeni più energetici che si conoscano e sono responsabili della produzione degli isotopi più pesanti (chiamate *ceneri nucleari*) necessari alla formazione dei pianeti e della vita.

Secondo gli studi più accreditati la comparsa di una supernova in una galassia come la nostra avviene statisticamente *ogni quattrocento anni circa*. Ad una analisi più attenta e approfondita emerge anche un altro dato significativo: *in una galassia con caratteristiche simili alla Via Lattea è probabile che in un secolo si verifichino da due a tre eventi di supernova*.

Attualmente per le informazioni che si dispongono (*vedi paragrafo 1.5 a pag. 11*) si è riusciti a classificare solo quattro *supernovae* certe, delle quali conosciamo tutti gli elementi (*data, coordinate celesti, magnitudine apparente e assoluta, la curva di luce, la distanza, il residuo, la velocità di espansione dei resti nebulari*) che hanno consentito di rintracciarle negli ultimi decenni. Se si considera che l'ultima supernova è apparsa nel 1604, al tempo di *Keplero* e *Galileo*, ricordando la frequenza espressa precedentemente, quella dei 400 anni, da qualche anno è stata superata la faticosa soglia.

Per comprendere meglio la tematica è necessario per il proseguo separare dal punto di vista concettuale due probabilità associate all'evento di supernova. Precisamente si ritiene fondamentale distinguere due *funzioni di probabilità*. La prima è la *probabilità potenziale* calcolata considerando il numero complessivo di stelle, singole o in sistemi multipli, facenti parte della nostra galassia. L'insieme oggetto di stima è noto come campione galattico. L'altra è la *probabilità osservativa* cioè la probabilità di osservare dal sistema solare una supernova esplosa nella Via Lattea, indipendentemente dal tipo di evento.

La *probabilità potenziale* viene stimata considerando il numero totale di astri che popolano la nostra galassia, vuoi che questi siano astri massicci, vuoi che siano nane bianche con massa prossima al limite di *Chandrasekhar* appartenenti a sistemi binari con

dischi di accrescimento. Quindi rispettivamente indipendenti dal tipo di supernova. Secondo le stime la *probabilità potenziale* equivarrebbe alla comparsa di due o tre eventi di supernova ogni 100 anni.

La seconda probabilità, detta *probabilità osservativa*, fornisce mediamente l'intervallo di tempo intercorso fra due successive apparizioni di supernova viste dal sistema solare. *Calcoli molto recenti, condotti con moderne e sofisticate tecniche statistiche, indicano un intervallo di tempo medio compreso fra 250 e 400 anni.* Inutile dire che su queste cifre non tutti gli studiosi sono concordi. C'è chi ritiene che queste cifre dovrebbero essere riviste al rialzo per la carenza di informazioni storiche e astronomiche.

Quindi le due probabilità introdotte sono concettualmente diverse anzi più chiaramente la *probabilità osservativa* è inclusa nella *probabilità potenziale* come caso particolare. Tuttavia potrebbe esistere il caso, teorico, che le due probabilità coincidano solo quando ogni esplosione di supernova, indipendentemente dal tipo, sia osservabile necessariamente da tutta la galassia! *Questa situazione potrebbe verificarsi se il sistema solare occupasse una posizione privilegiata rispetto alla struttura della galassia, ad esempio in una posizione esterna al piano galattico e al bulge e quindi immaginandolo nell'alone galattico.* Come noto il sistema solare occupa una posizione periferica nel sistema siderale distando circa 32.600 anni luce dal centro della galassia.

Le due probabilità introdotte sono quindi differenti e non coincidono. E allora ci si chiede come mai non coincidono? La risposta che fornirò è articolata e complessa e dipende da una serie di fattori che saranno esaminati da qui a breve.

Un fattore importante che limiterebbe l'osservazione di *supernovae* galattiche dal sistema solare sarebbe dato dalla particolare configurazione della nostra galassia. La Via Lattea è infatti una galassia a spirale, probabilmente barrata, costituita principalmente da quattro bracci di spirale: *Braccio di Perseo*, *Braccio del Sagittario*, *Braccio Scudo di Sobieski* - *Croce del Sud* e infine *Braccio della Squadra* (questi ultimi due interni al Braccio del Sagittario ed estesi per circa 180 gradi). Il numero di stelle appartenenti alla galassia è stato stimato con tecniche sempre più sofisticate⁷ nel corso degli ultimi decenni e il suo numero è accreditato intorno ai 300 miliardi di astri con un'indeterminazione di circa 50 miliardi. La massa della galassia, stimata con tecniche differenti, equivarrebbe a circa

[7] Nel 1983 il satellite per l'infrarosso della NASA IRAS individuò alcune decine di migliaia di stelle nel rigonfiamento centrale della Galassia. Le stelle che si trovano da un lato sono in media più vicine di quelle che si trovano sull'altro lato. Inoltre sono state scoperte delle nubi di gas a 5.000 anni luce dal centro galattico, il cui moto, molto rapido, fa pensare all'influenza gravitazionale di una barra in rotazione. Questi indizi fanno presumere che la Via Lattea non sia una spirale normale ma bensì barrata ovvero un oggetto nel quale i bracci anziché uscire dal nucleo, si innestano su una barra centrale.

105 miliardi di masse solari ($\sim 2,2 \times 10^{41}$ kg). La sua forma contribuisce a occultare, parzialmente o totalmente, l'apparizione di *supernovae* situate in un punto distante da quello occupato dal sistema solare, perché i bracci si sovrappongono lungo il piano galattico da non permettere di osservare in profondo la struttura più interna del sistema siderale.

Il secondo aspetto di cui si deve tener conto è la densità stellare, ossia il numero di stelle per unità di volume o, se si desidera, la quantità di materia nell'unità di volume. Questo numero, per la particolare configurazione della Via Lattea, non è costante ma varia a seconda delle direzioni di osservazione. La densità stellare cresce dalla periferia verso il centro. Quindi esistono delle direzioni privilegiate nel cielo, come appare dalla tabella del *paragrafo 1.5* a pag. 11 dalla quale si evince che le costellazioni attraversate dalla Via Lattea come *Sagittario*, *Oriente*, *Scorpione*, *Lupo*, *Centauro*, *Cigno* e *Cassiopea* sono fortemente interessate da fenomeni di *supernovae* perché ospitano entro i loro confini stelle di popolazione I, cioè *astri intrinsecamente brillanti e giovani*. Queste regioni di cielo presentano grandi nubi di idrogeno interstellare e il numero di astri visibili ad occhio nudo è maggiore che in qualunque altra direzione di cielo. Si pensi che all'interno dei confini delle costellazioni del Centauro e del Cigno sono visibili, *sotto cieli bui*, fino alla magnitudine visuale +6 circa 150 stelle!

Un ruolo fondamentale e centrale sulla probabilità di osservare una *supernova* è dato dall'assorbimento operato dal mezzo interstellare cioè da polveri e gas situati maggiormente all'interno dei bracci di spirale⁸. L'assorbimento del mezzo interstellare non è costante ma dipende, anche qui, dalle direzioni di osservazione. *In pratica tutte quelle regioni di cielo che contengono la lattesenza del sistema siderale presentano un maggior assorbimento della radiazione elettromagnetica*. Questo assorbimento dipende dalla frequenza o dalla lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica. Da esperienze condotte nei decenni scorsi è emerso che la radiazione che risente del minor assorbimento, dovuto a polveri e gas, è quella di lunghezza d'onda maggiore, ad esempio nella regione dell'infrarosso e delle microonde. In particolare nella finestra del visibile l'assorbimento interstellare può variare in direzione.

A questo punto della discussione, dopo aver analizzato alcuni aspetti, credo sia giunto il momento di porsi la seguente domanda: *ma quante sono le stelle capaci di generare un fenomeno di supernova nella nostra galassia?*

[8] In astrofisica quando si parla di assorbimento operato dal mezzo interstellare si introduce il parametro opacità. L'opacità di un gas è la resistenza che questo oppone a lasciarsi attraversare dalla radiazione elettromagnetica. La Via Lattea appare trasparente o opaca a seconda della direzione in cui si osserva.

Per il calcolo della *probabilità potenziale* bisogna considerare il campione stellare della galassia. Un'indagine statistica, basata su ricerca radiotelescopica, rivela che solo una esigua parte dello scenario stellare è costituita da stelle massicce. Secondo gli attuali modelli stellari⁹ solo le stelle che possiedono una massa iniziale superiore alle 10 masse solari sono capaci di esplodere in supernova. Quello che stupisce il neofita è che statisticamente solo l'1% delle stelle della galassia ha una massa superiore alle dieci masse solari e quindi capace di percorrere tutte le tappe dell'evoluzione stellare fino a raggiungere la fase di supernova. In genere ci si aspetterebbe di trovare una percentuale più significativa di stelle massicce, ma non è così, le osservazioni in tal senso sono abbastanza chiare e selettive. Anzi, dirò di più, con la messa in esercizio di telescopi sempre più potenti è probabile che riusciremo a scoprire stelle di massa minore di quella del Sole, *riuscendo così in parte a colmare la povertà del catalogo e la sua incompletezza.*

La probabilità che da una nube costituita da gas e polveri nasca una stella di una determinata massa è proprio inversamente proporzionale alla massa stessa. La conseguenza di questa affermazione è la seguente: *se in una nube in contrazione gravitazionale nascono ben 100 astri, mediamente solo uno ha una massa maggiore di 10 masse solari.* La situazione può anche essere vista da un'altra prospettiva: *per ogni stella massiccia ne nascono circa 99 di massa paragonabile a quella del nostro Sole.* Un esempio concreto e attuale è rappresentato dalla regione di Orione nella quale osserviamo la omonima nebulosa. Il telescopio spaziale Hubble (HST) ha osservato migliaia di *globuli di Bok* in formazione e che sono delle future stelle. Solo una piccola frazione però saranno stelle massicce, mentre la maggior parte avranno massa confrontabile con la nostra Stella. A questo punto, ricordando il famoso 1% di stelle cosiddette massicce, è necessario introdurre la variabile tempo allo scopo di discriminare la vita di ciascuna stella. In effetti non tutte le stelle vivono la fase prossima di *supernovae*¹⁰, cioè non tutte le giganti e supergiganti rosse si apprestano a ultimare il ciclo di produzione di elementi metallici. Ad esempio *Betelgeuse*, la stella di Orione, è una variabile semiregolare con pulsazioni che ne fanno oscillare la luminosità con un periodo di circa 5,5 anni. Ebbene questo indizio,

[9] Se la stella ha una massa iniziale inferiore a circa $9 \div 10$ masse solari allora si evolverà in *nana bianca* lasciando un interessante resto gassoso chiamato *nebulosa planetaria*. Se la stella invece possiede inizialmente una massa maggiore di $9 \div 10$ masse solari allora alla fine del processo evolutivo esploderà in *supernova*, lasciando un resto gassoso e un oggetto superdenso.

[10] Il campione di stelle massicce catalogate presenta circa 10^4 astri nella regione delle giganti e supergiganti rosse ma non tutte sono prossime ad esplodere. Eccezionale è il caso di stelle ipergiganti, se ne conoscono solo pochi casi in tutta la galassia. Un caso che ha destato vivo interesse è rappresentato dalla supernova extragalattica siglata SN 1987A. È stato dimostrato che la stella progenitrice è una supergigante azzurra chiamata Sanduleak 20626 di circa 20 masse solari. Finora infatti si credeva che le *supernovae* fossero generate esclusivamente dalle supergiganti rosse, cioè stelle alla fine dell'evoluzione stellare.

secondo i fisici, potrebbe significare che la stella sta per esaurire la combustione dell'idrogeno (ciclo α) nel nucleo e si avvia verso il ciclo 3α . In effetti solo conoscendo due parametri saremmo in grado di monitorare la situazione: *il ritmo di espansione dell'astro e il tasso di produzione dei neutrini*. Attualmente siamo lontani dal poter contare su questa ricerca, per ovvi motivi.

Non dimentichiamo che le *supernovae* possono essere anche di tipo I, cioè possono essere prodotte in particolari sistemi binari. Al computo fatto precedentemente bisognerà adesso aggiungere la percentuale di nane bianche che popolano sistemi binari nei quali è in atto lo scambio di materia stellare fra una gigante o supergigante e una nana bianca prossima al limite di *Chandrasekhar*.

Ma quanti sono quei sistemi binari che presentano tali condizioni? Difficile da quantificare ma va sottolineato che sono più frequenti i casi di *supernovae* di tipo I, cioè quelle prodotte in sistemi binari, che di tipo II, dovute esclusivamente a stelle massicce singole. D'altronde non deve stupire più di tanto questa affermazione: la stragrande maggioranza delle stelle vive in compagnia, in sistemi binari o multipli. Il Sole, come pochi altri casi¹¹, rappresenta l'eccezione che conferma la regola. Le *supernovae* 1006, 1572 e 1604 sono state prodotte dall'esplosione di nane bianche presenti in sistemi binari. Quella del 1006 è stata, in esclusiva, una candela standard. Ricordo inoltre che statisticamente per ogni evento di *supernova* se ne verificano mediamente ben 12 di *nova*. Legandomi a quanto detto in precedenza a riguardo dell'azione compiuta dall'assorbimento interstellare si ricorda che la comparsa di una *stella ospite* dipende anche dal tipo di supernova: quelle di tipo I sono più intense! Abbiamo notizia di una supernova extragalattica, SN 1937, che raggiunse magnitudine assoluta -18,6 cioè brillò al massimo come 1,8 miliardi di volte la luminosità del Sole.

L'assenza di *supernovae* all'interno della galassia si deve infine all'incompletezza del catalogo di eventi e alle informazioni storiche che ci sono state tramandate. Un caso tipico, già trattato all'interno del *paragrafo 1.5 a pag. 11* ha riguardato la supernova 1181, certamente esplosa ma con informazioni non chiare e di cui conosciamo il resto gassoso catalogato come la sorgente radio 3C 58. Ciò induce a pensare che probabilmente esistono altri casi non segnalati avvenuti nel corso del Medioevo, epoca povera di segnalazioni, soprattutto in Occidente.

[11] *Markab, Er Rai, Fomalhaut, Menkar, Deneb Kaitos, Hamal, Sheratan, Nashira, Hassaleh, Phercad, Wezen, Saiph, Naos, Gemma, Beta Gruis, Delta Crucis, Alfa Pictoris, Beta Pictoris, Atria, Achernar, Aspidiske, Gamma Muscae, Delta Pavonis, Alfa Hydri, Wazn, Zeta Tauri, Eta Leporis, Epsilon Leporis e Canopo* sono esempi di stelle singole (dati catalogo Hypparcos, ESA 1996).

3.2 DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

È giunto il momento di discutere le tematiche proposte in questa pubblicazione. *L'obiettivo dello studio è stato quello di ricostruire i principali eventi di supernova in chiave storico-osservativa.* Più volte è stato detto che la comparsa di una supernova rappresenta la chiara manifestazione di una catastrofe stellare e l'inizio di un processo di arricchimento dello spazio cosmico. Adesso si procederà ad esaminare i vari capitoli, analizzando gli spunti emersi durante le argomentazioni.

Per quanto riguarda il contenuto del primo capitolo, la ricostruzione *storica e osservativa* delle notizie relative alla supernova del Lupo non è completa e risulta priva di quelle informazioni che consentirebbero di migliorare i dettagli osservativi. Nella ricostruzione si segnala la totale assenza di testimonianze della cultura occidentale, a parte quelle già note del monaco svizzero *Hepidanus* e di un misterioso manoscritto ritrovato a Bologna ma di difficile attendibilità, forse, secondo alcuni, riconducibile all'evento del 1006. Inoltre la comparsa dei “*baffi di luce*” durante la visione dell'evento è dovuta alla particolare intensità della luce e alla bassa declinazione dell'oggetto osservato. Crea un certo effetto ricordare che la supernova del 1006 è stata definita dagli astronomi “*la stella più luminosa della storia*”. In base a ciò risulta ancora più forte la delusione di non poter disporre di ulteriori informazioni.

Anche della successiva supernova, quella del Toro, non si hanno testimonianze occidentali. La tesi proposta da *Fred Hoyle* sembra la più accreditata nello spiegare la totale assenza di racconti e di osservazioni in Europa. *Ci si è chiesti se sia possibile credere che i popoli europei non abbiano visto la supernova del Toro.* *Hoyle* risponde dicendo che ciò non è possibile, anzi è molto probabile che fu osservata perché apparsa in una costellazione zodiacale ben visibile alle latitudini europee. È probabile come afferma sempre *Hoyle* che i pregiudizi del tempo, fossero stati capaci di oscurare “*culturalmente*” quell'evento. Ignorare del tutto un evento così prodigioso significa affermare la supremazia del pensiero oscurantista che proprio in quei secoli ostacolava una possibile apertura indicata da certi ambienti culturali. Molti autori, fra i quali lo stesso *Hoyle*, si scagliano contro la Chiesa, unica responsabile, a loro dire, di un atteggiamento di sistematica opposizione al diffondersi di nuove idee, al progresso e all'evoluzione sociale.

Di contro si deve elogiare la cultura orientale che osservò le *supernovae* del 1006 e 1054. Però mentre in Asia si alternavano grandi astronomi, grandi visualisti, l'Europa viveva un momento di decadenza e di oscurantismo cioè di chiusura verso nuovi scenari. Infatti l'opera condotta dai post-aristotelici aveva avuto ripercussioni nella cultura del

tempo al punto da rifiutare la visione di una *stella nuova*. In definitiva le *supernovae* del 1006 e 1054 si collocano in un periodo storico di forte chiusura in Occidente, ma aperto nelle civiltà orientali, che seppero testimoniare la loro comparsa.

In un periodo storico totalmente differente, caratterizzato da un fervido rinnovamento di idee e di cambiamenti epocali, si inseriscono due eventi che furono giudicati come la cartina di tornasole di una teoria tolemaica giudicata troppo piena di artifici. Durante questo periodo, quello di matrice copernicana, si mise in discussione la visione geocentrica. La supernova di *Tycho* ebbe il merito, come fece *Copernico*, di mettere in discussione il principio di immutabilità dei cieli che aveva oscurato le *supernovae* passate. *Tycho* propose un alternativo modello cosmologico per altro discutibile. La supernova di *Keplero* del 1604 fu osservata da decine di astronomi del tempo e descritta nei particolari, così come quella del 1572.

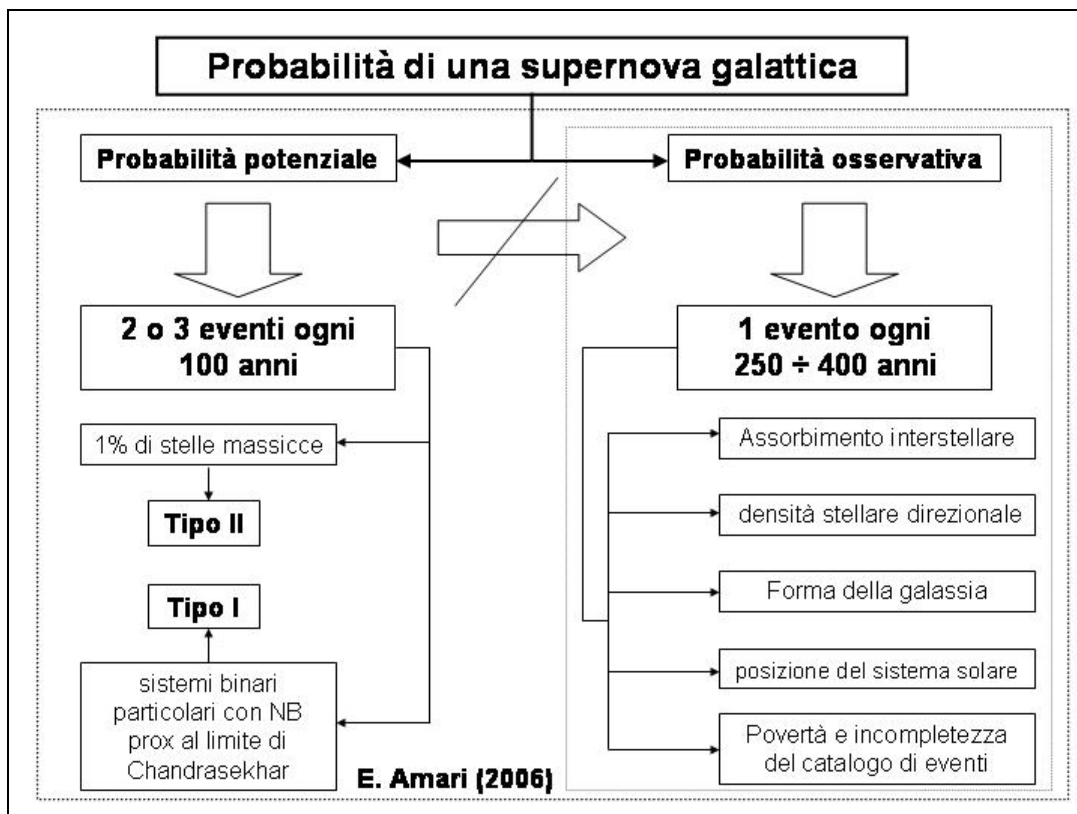
In conclusione delle quattro *supernovae pretelescopiche* ci rimane l'affascinante testimonianza delle civiltà orientali (Cinesi e Arabi) prima, e dopo di quelle europee. I moderni telescopi hanno individuato i resti gassosi di quelle enormi esplosioni firmando l'autenticità di quei racconti tramandati nei secoli.

Nel secondo capitolo sono state trattate le *supernovae* extragalattiche e il loro forte contributo dato nel campo della cosmologia. La supernova di *Andromeda* ha avuto il merito di ampliare le dimensioni dell'universo conosciuto di un fattore 10^3 , mentre la supernova del 1987 ha rimodellato le previsioni teoriche sull'evoluzione delle stelle.

Infine nel terzo capitolo è stato fondamentale distinguere sin dal principio due probabilità associate all'evento di supernova. Su questa distinzione si è basata la successiva discussione. Ci si è domandati quali fossero le cause di questa disuguaglianza concettuale e pratico-osservativa. È stato analizzato qualunque elemento che potrebbe limitare la visione di una supernova esplosa nella nostra galassia. La Comunità Scientifica, che è impegnata costantemente in questo settore, considera indispensabile l'utilizzo di radiotelescopi di dimensioni crescenti allo scopo di mappare e indagare con altissima risoluzione la struttura siderale. Lo spazio oggetto di ricerca è quello racchiuso dai bracci di spirale del *Sagittario* e dello *Scudo di Sobieski*. In questa porzione di spazio, secondo gli stessi scienziati, si celerebbe la spiegazione della mancanza di nuove *supernovae*.

Un altro dato significativo è rappresentato dalla disparità di eventi di tipo I rispetto a quelli di tipo II. La spiegazione di questa apparente anomalia si deve principalmente a due fattori: le stelle massicce sono solo l'1% del campione galattico e la stragrande maggioranza delle stelle vive in sistemi binari o multipli. Da ciò segue che la probabilità

che si verifichi un evento di tipo I è certamente maggiore della probabilità di un evento di tipo II. Sono stati eventi di tipo I la maggior parte delle supernovae storiche (1006, 1572, 1604, 1181, 134 a.C., 185), solo quella del 1054 è stata di tipo II. Infine ciò che discrimina la probabilità potenziale da quella osservativa è dovuto ad un elemento importante: *la densità stellare direzionale*. Il suo contributo risulta determinante ai fini della possibilità di osservare una supernova dal sistema solare (vedi diagramma a blocchi).



Considerazione a parte merita il problema della povertà e incompletezza del catalogo storico di eventi di *supernova*. Questa considerazione ha spinto gli studiosi a pensare che in altre epoche, ad esempio in quella classica, non sono state tramandate le apparizioni di stelle nuove, così come testimonia il caso della supernova di *Ipparco* datata presumibilmente nell'anno 134 avanti Cristo e riportata da fonti dubbie attraverso l'opera di *Plinio il Vecchio* durante il I secolo dopo Cristo. I *Cinesi* al riguardo riportano nei loro annali molte apparizioni di *stelle nuove* antecedenti al II secolo avanti Cristo.

BIBLIOGRAFIA

1. E. Amari, “*Viaggio fra le Stelle – Guida alle costellazioni per l’astrofilo*” (2004) - pubblicazione CODAS;
2. Luca Amendola, “*Il Cielo Infinito*” – La Nuova cosmologia: inflazione, materia oscura, frattali (2000);
3. Piero Bianucci, “*Stella per Stella – Guida turistica dell’Universo*” (1985) - Edizione Giunti Martello;
4. De Agostini, “*L’Universo - La Grande Enciclopedia dell’Astronomia*” (1997);
5. Stephen Hawking, “*Dal Big Bang ai buchi neri – Breve storia del tempo*” (1988) Biblioteca Universale Rizzoli (Supersaggi Quattordicesima ristampa);
6. Charles Kittel, Walter D. Knight, Malvin A. Ruderman, “*La fisica di Berkeley*” – Vol. I “*Meccanica*” (1970) - Zanichelli Bologna;
7. Hubert Reeves, “*L’evoluzione cosmica – La Storia della materia dalle origini dell’universo a oggi*” (1981) - Biblioteca Universale Rizzoli;
8. Roman e Hannelore Sexl, “*Nane Bianche Buchi Neri - l’astrofisica relativistica*” Universale scientifica Boringhieri, volume doppio (1981);
9. Sito CNN, “*Neutron star Scorpius in intergalactic thriller*” - June 6, 2001;
10. Sito <http://www.seds.org/> (SN 0185, SN 1006, SN 1054, SN 1181 e SN 1885);
11. Sito <http://www.racine.ra.it/planet/testi/novae.htm>;
12. The encyclopedia of Astrobiology Astronomy and spaceflight, “*Scorpius X-1 (3U 1617-15)*”;
13. Giovanni Treccani, “*Scientifica Treccani*” Istituto della Enciclopedia Italiana;
14. Wikipedia, the free encyclopedia: “*Scorpius X-1*” e “*SN 1987A*”;

In conclusione sento il dovere di esprimere sincera gratitudine al prof. Vincenzo Garofalo per la sua importante cooperazione nella revisione e correzione della bozza. Inoltre desidero ringraziare quanti hanno contribuito a migliorare il contenuto con validi consigli e suggerimenti soprattutto durante la conferenza svoltasi nei locali del Centro (Largo Amedeo di Savoia) in data venerdì 13 ottobre 2006. Per ulteriori informazioni o se volete contribuire a migliorare la seguente pubblicazione vi invito a scrivere al seguente indirizzo di posta elettronica: info@codas.it.

Emérico Amari