

BETELGEUSE, IL GIGANTE CHE STA MORENDO



La posizione di Betelgeuse (freccia) nella costellazione di Orione

Betelgeuse, il cui nome deriva dall'arabo e significa "la mano del gigante", è la seconda stella più luminosa della **costellazione di Orione** dopo Rigel, e, mediamente, la decima più brillante del cielo notturno vista ad occhio nudo. È uno dei vertici del **Triangolo invernale**, assieme a Sirio e Prozione.

Betelgeuse inizia a scorgersi bassa sull'orizzonte orientale nelle serate tardo-autunnali (inizio dicembre), ma è durante i mesi di gennaio e febbraio che l'astro domina il cielo notturno, essendo la stella di colore rosso vivo più brillante dell'inverno. Il mese di maggio invece la vede tramontare definitivamente sotto l'orizzonte ovest, tra le luci del crepuscolo; torna ad essere visibile ad est, poco prima dell'alba, nel mese di agosto.

La maggior parte delle stelle della costellazione di Orione appartengono ad un'associazione stellare di cui fanno parte quasi tutte le stelle blu visibili nella costellazione, in particolar modo quelle che costituiscono la Cintura e la Spada, che si trova in stretta associazione con il vasto complesso di nubi

molecolari giganti noto come **complesso di Orione**, formatosi molto recentemente, a partire da soli 10 milioni di anni fa (sulla Terra era il Miocene, il periodo dei grandi mammiferi giganti, e i dinosauri erano ormai scomparsi da molto tempo). Successivamente alla sua formazione, Betelgeuse ha subito due accelerazioni gravitazionali che l'hanno portata nell'attuale posizione: una prima che l'avrebbe spostata dalla regione di formazione a circa 200 parsec e una seconda, avvenuta circa un milione di anni fa, responsabile dell'attuale moto proprio. Questa seconda accelerazione sarebbe stata causata dall'esplosione, nella regione compresa tra l'associazione e la vicina bolla di Eridano, di una o più supernovae, le cui onde d'urto avrebbero modificato il moto di rivoluzione dell'astro attorno al centro galattico in un moto lineare.

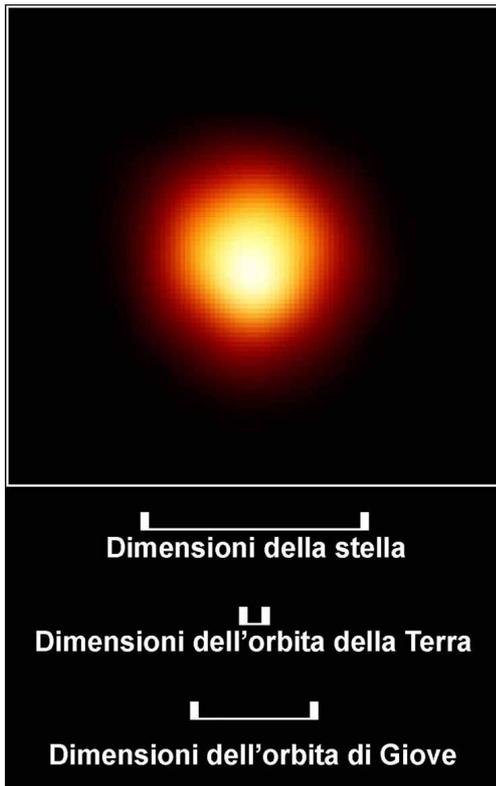
Betelgeuse e il complesso si trovano all'interno della Via Lattea e precisamente nel **Braccio di Orione**, un braccio galattico secondario posto tra il Braccio di

Perseo e il Braccio del Sagittario al cui interno è situato anche il nostro sistema solare; i due bracci sono separati da circa 6500 anni luce di distanza.

Betelgeuse è una **supergigante rossa**, ovvero una stella in una fase già piuttosto avanzata della sua evoluzione, che mostra episodi di variabilità dovuti a **pulsazioni** quasi regolari dell'astro con un periodo tra i 2070 e i 2355 giorni. La sua distanza dalla Terra era stimata sino a pochi anni fa



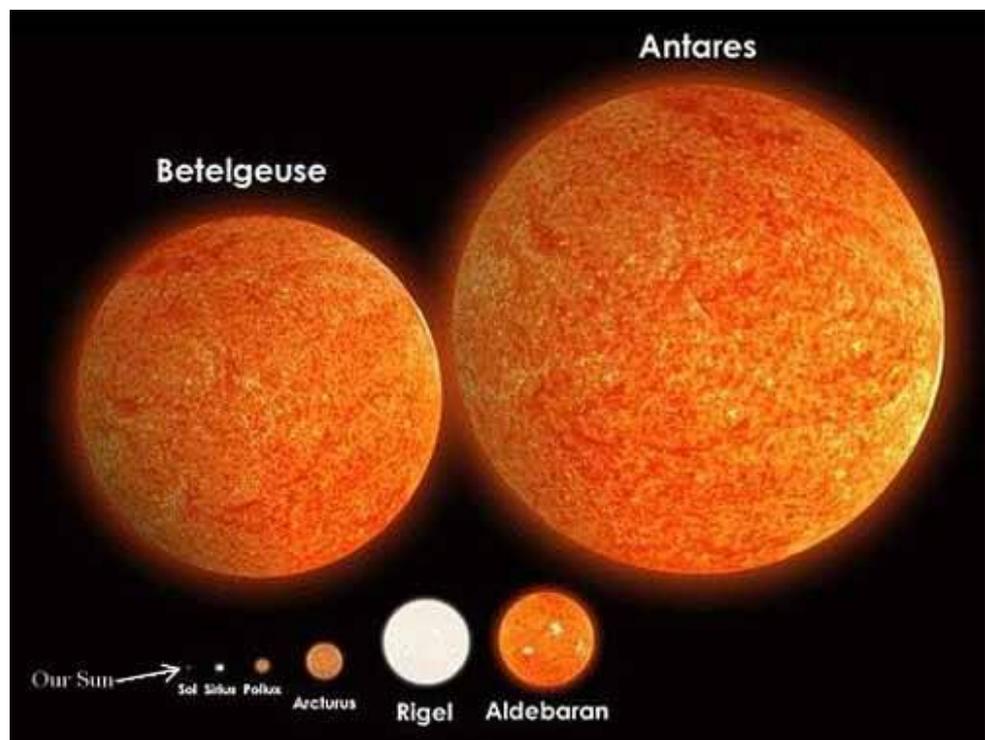
sui 427 anni luce, ma recenti misurazioni della parallasse hanno suggerito un valore maggiore, pari a circa **600-640 a.l.**; alla luce di questo nuovo valore è stato necessario aggiornare buona parte dei parametri stellari, in particolare il suo raggio. Il diametro angolare misurato dalla Terra suggerisce, da questa distanza, che Betelgeuse sia una stella di dimensioni colossali, addirittura una tra le più grandi conosciute: il suo raggio misurerebbe in media 4,6 UA (unità astronomiche), pari a circa **1000 volte il raggio solare**. Per avere un'idea delle sue dimensioni, se la stella si trovasse al posto del Sole, la sua superficie si addentrerebbe nella fascia principale degli asteroidi, arrivando ad inglobare l'orbita di Giove.



Data la grande superficie radiante, Betelgeuse possiede anche una forte luminosità, che la rende anche una tra le stelle più luminose in assoluto. Tuttavia, una simile luminosità non è imputabile esclusivamente alla vasta superficie; per questa ragione gli astronomi propendono a ritenere che la stella possieda una **massa elevata, pari a 15-20 volte quella del Sole**. Pertanto è possibile che la stella concluderà la sua esistenza esplodendo in una supernova.

Le grandi dimensioni sono anche, in parte, all'origine dell'elevata luminosità della stella, che nel visibile è circa 9400 volte la luminosità solare. Tuttavia, se si tiene in considerazione l'emissione alle altre lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico, in particolare nell'infrarosso, la stella raggiunge una **luminosità nettamente superiore, oltre 135.000 volte quella del Sole**. La ragione di questa grande emissione nell'infrarosso è dovuta alla

bassa temperatura superficiale (circa 3500 K) che fa sì che il picco dell'emissione luminosa si collochi nell'infrarosso; infatti, l'astro emette solamente il 13% della sua energia radiante sotto forma di luce visibile. Se l'occhio umano fosse sensibile a tutte le lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico, Betelgeuse sarebbe la stella più brillante del cielo ed apparirebbe con una



magnitudine apparente vicina a quella del pianeta Venere.

Considerando insieme dimensioni e massa, la densità della stella risulta estremamente bassa: infatti, sebbene il volume dell'astro sia oltre 160 milioni di volte il volume del Sole, il rapporto

massa-volume dà una densità media di $2-9 \times 10^{-8}$ volte quella della nostra stella, una **densità addirittura inferiore al miglior vuoto spinto** realizzabile sulla Terra. La bassissima densità è tuttavia una caratteristica comune a tutte le supergiganti rosse.

Betelgeuse si trova attualmente nelle ultime fasi della propria evoluzione: la fase di supergigante rossa, altamente instabile, è infatti il preludio all'estinzione dell'astro. Gli astronomi ritengono che



Betelgeuse, per via della sua massa, durante la sua fase di sequenza principale sia stata una stella di classe B, dal tipico colore bianco-azzurro, e che sia rimasta in questa fase per almeno 8-10 milioni di anni. Conclusa questa fase di stabilità, nell'ultimo milione di anni la stella avrebbe subito una serie di collassi che ne avrebbero innescato le successive reazioni nucleari, provocandone alla fine l'espansione allo stato attuale di supergigante rossa. Data la sua grande massa, gli

astronomi ritengono che la stella concluderà la propria esistenza esplodendo in una brillantissima **supernova di tipo II**. Non si sa con esattezza quando ciò avverrà; le opinioni sono differenti. Alcuni vedono la variabilità della stella come un indizio del fatto che si trovi già nella fase di fusione del carbonio in ossigeno e neon e sia quindi a qualche migliaio di anni dalla fine. Altri rifiutano questa ipotesi, ritenendo che sarà necessario ancora qualche milione di anni prima che si verifichi

l'esplosione; altri ancora non ritengono improbabile che il fenomeno possa essere già avvenuto, ma escludono che sarà visibile entro un tempo relativamente breve (su scala umana), al massimo qualche secolo.

La stella si è mantenuta in vita grazie alle reazioni di fusione nucleare (nucleosintesi)



La costellazione di Orione come potrebbe apparire qualora Betelgeuse esplodesse in supernova. La stella brillante nell'angolo inferiore sinistro dell'immagine è Sirio, quella nell'angolo superiore destro è Aldebaran.

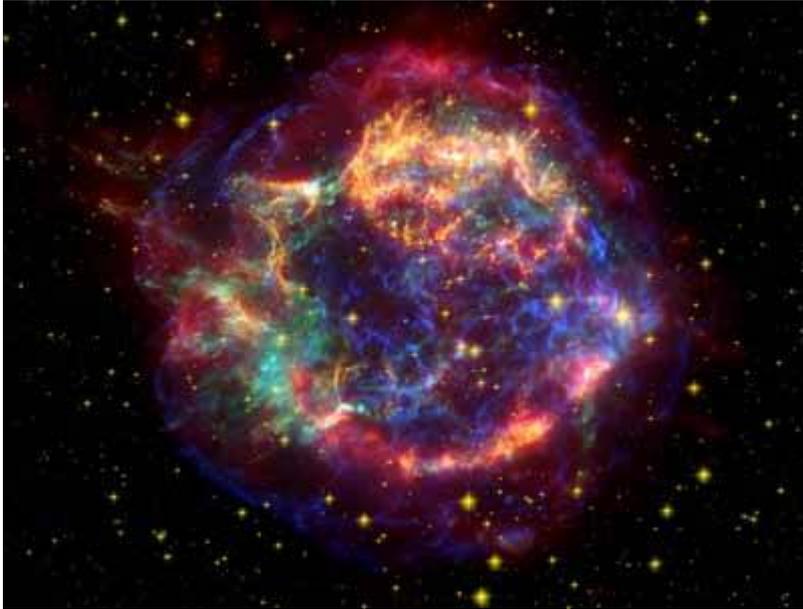
all'interno del suo **core**, che hanno sprigionato l'energia necessaria a contrastare la forza di gravità che altrimenti avrebbe fatto collassare l'astro su se stesso. Mentre le stelle meno massicce (come il Sole), nelle fasi seguenti la sequenza principale fondono l'**idrogeno** in uno strato superiore al

nucleo di **elio** e, solamente qualora la massa sia sufficiente, possono arrivare a fondere l'elio in **carbonio** ed ossigeno, le stelle massicce, conclusa la fusione dell'elio in carbonio, raggiungono nei loro nuclei le condizioni di temperatura e pressione necessarie a far avvenire la fusione di quest'ultimo in elementi più pesanti: **ossigeno, neon, silicio e zolfo**. I prodotti finali della nucleosintesi sono il **nicel** e il **cobalto**, risultato del processo di fusione del silicio. Questi decadono rapidamente in **ferro**, che si deposita inerte al centro della stella. Quando il nucleo ferroso raggiunge una massa superiore al limite di Chandrasekhar, esso diviene instabile, incapace di emettere ulteriore energia con processi di fusione, ma piuttosto l'assorbe, e dunque collassa in una **stella di neutroni**; la formazione della stella di neutroni provoca l'emissione di un flusso di **neutrini**, che impiega circa un'ora per attraversare lo strato esterno di idrogeno della stella e fuggire nello spazio circostante. Il collasso genera una serie di onde d'urto che, dopo aver impiegato circa un giorno per raggiungere la superficie stellare, ne provocano lo smembramento, dando luogo ad un improvviso **flash di radiazione ultravioletta** di intensità pari a **100 miliardi di volte la luminosità solare**. Dopo il Big Bang, che tuttavia non liberò fotoni in quanto l'Universo divenne trasparente alla radiazione elettromagnetica solo successivamente all'era inflazionaria, l'esplosione di supernova è ritenuta essere la seconda più potente deflagrazione del cosmo in assoluto, capace di eguagliare e superare in brillantezza la luce dell'intera Galassia che la ospita. Tuttavia, fortunatamente per noi, nonostante la relativa vicinanza, si ipotizza che le radiazioni emesse dall'esplosione di Betelgeuse non causeranno grossi danni alla biosfera del nostro pianeta.



Nelle due settimane successive all'esplosione (oramai il tutto avviene in tempi davvero brevissimi), la luminosità totale della supernova subisce inizialmente una diminuzione, per poi raggiungere la brillantezza massima, mentre il materiale espulso si espande, raffreddandosi, fino ad una distanza pari a 100 UA dalla stella. A questo punto, la supernova permane in uno stato stazionario per circa 2–3 mesi, durante i quali la luminosità assoluta si attesta su un valore pari a un miliardo di volte quella del Sole, mentre la temperatura effettiva si mantiene sui 6000 K. Dalla distanza di 640 anni luce, Betelgeuse, o meglio quel che ne rimane, sarà visibile dalla Terra con **una magnitudine apparente pari a quella di un quarto di Luna**. In questa fase Betelgeuse risulterà **visibile anche durante le ore diurne** e tali condizioni perdureranno **per diversi mesi**.

Gli anni immediatamente seguenti sono segnati dal decadimento radioattivo del cobalto in ferro. Nel millennio successivo all'esplosione gli strati esterni che costituivano la stella si espandono sino a raggiungere i 20 anni luce di estensione, diventando sempre più freddi e rarefatti e poco



luminosi; si forma così **il resto di supernova**, che arricchirà il mezzo interstellare circostante degli elementi pesanti prodotti dalla stella sia durante le sue ultime fasi di vita sia nel corso dell'esplosione. **Elementi rari** come oro, platino, argento, uranio, si generano proprio durante la fase di supernova, in un tempo davvero breve di pochi secondi. E' tuttavia grazie a queste reazioni che le nubi interstellari (da cui, per effetto delle onde di compressione e della gravità si originano successivamente stelle di seconda

generazione come il Sole), sono ricche di tanti elementi e molecole preziose che, raccolte dai pianeti in formazione all'interno dei sistemi stellari, possono avviare quei processi dai quali, in particolari circostanze favorevoli, può avviarsi quell'insieme di reazioni elettrochimiche che noi chiamiamo **vita**.

La morte e la deflagrazione di Betelgeuse quindi, che probabilmente devasterà ed annienterà con le sue radiazioni un gran numero di sistemi stellari con possibili forme di vita o persino civiltà evolute, sterilizzando l'universo per molti anni luce, sarà anche causa di **rinascita** di nuove stelle e nuovi pianeti, sempre più ricchi di elementi e molecole complesse potenzialmente in grado di far risorgere la vita dalle proprie ceneri. Molte civiltà umane, che con i propri miti e religioni hanno spesso celebrato dei cicli di rinascita, con alternanza di vita e morte quale imprescindibile peculiarità del cosmo, senza rendersene conto sono davvero andate molto vicine alla verità, sebbene in questo universo ad entropia crescente nulla dura per sempre e tutto, fra molti eoni (un periodo davvero molto lontano che neppure siamo in grado di comprendere, tanto esula dalle scale temporali a cui siamo abituati), cesserà per sempre, nessuna stella più nascerà dalla morte di quelle precedenti, e in quell'istante dilatato, ormai senza tempo, o sarà davvero la fine, oppure la ciclicità coinvolgerà questa volta l'intera esistenza, e dalla morte termica di questo straordinario universo ne risorgerà uno nuovo, a quel punto davvero come parte di un ciclo eterno che qualcuno già chiama **eterna inflazione**.