

Le stelle

Oltre il sistema solare

Sfere di gas incandescente

Tutti conosciamo le stelle. Persino nel cielo delle nostre città, così penalizzate dall'inquinamento luminoso, riusciamo a scorgerne qualcuna. E forse riusciamo anche a distinguerle in base a differenze di colore e luminosità. In effetti ci sono tanti tipi di stelle e per darne una definizione che le comprenda tutte è necessario spendere qualche parola sulle loro proprietà intrinseche.

Le stelle sono gigantesche palle di gas incandescente sospese nel vuoto che brillano di luce propria. Questa non è esattamente la definizione che potremmo trovare su un qualsiasi vocabolario di lingua italiana, ma probabilmente ci aiuta a focalizzare la vera natura di questi puntini luminosi che da sempre affasciano gli esseri umani.

In effetti tutte le stelle hanno forma sferica o semisferica a causa dell'attrazione gravitazionale. La materia presente nell'universo genera infatti una forza attrattiva solo per il fatto di avere massa. Se la distribuzione di materia è uniforme, come per esempio all'interno di una nube di gas, intorno al centro di gravità la massa tende ad accumularsi in maniera identica da tutte le direzioni, formando quindi corpi celesti di forma sferica. Poiché però la gravità è una forza debole, ne vediamo gli effetti quando le masse in gioco sono molto grandi. Non a caso tutte le stelle hanno dimensioni notevoli. Il Sole ha un diametro di 1,4 milioni di km, oltre 100 diametri terrestri. Ma il Sole è una stella media: i diametri stellari variano da qualche centesimo a qualche centinaio quello solare.

Eppure anche le dimensioni delle stelle, per quanto enormi, sono piccole rispetto alle distanze che le separano. Proxima Centauri, la stella più vicina al nostro Sistema Solare, si trova 250 mila volte più lontana dalla Terra di quanto non lo sia il Sole. La stessa luce di Proxima, pur viaggiando all'incredibile velocità di 300 mila km al secondo, impiega 4 anni per raggiungerci.

Ora sappiamo che le stelle sono enormi sfere disperse nel vuoto degli spazi interstellari. Di cosa sono fatte? Non abbiamo ancora detto nulla sulla loro composizione. Le stelle sono costituite da gas ad alta temperatura. Sebbene esistano numerosi tipi di stelle, l'analisi della luce che emettono ha mostrato che sono composte principalmente da idrogeno (70%) ed elio (poco meno del 30%), gli elementi più semplici e abbondanti dell'universo, oltre a percentuali minime di elementi più complessi come, ad esempio, carbonio, ossigeno, azoto e ferro.

Il gas stellare si trova a temperatura molto elevate. La superficie del Sole si aggira intorno ai 6000 gradi, ma alcune stelle possono essere quasi 10 volte più calde. Ogni corpo circondato da un ambiente più freddo tende a liberarsi della propria energia interna irradiandola sottoforma di luce e calore. Per questo le stelle emettono luce; tanto più sono calde tanto più sono luminose a parità di superficie emittente. La potenza irradiata dal Sole sottoforma di luce e calore è uguale a quella di diecimila miliardi di bombe atomiche esplose su Nagasaki (vedi sezione Il Sistema Solare). E ci sono stelle che sono un milione di volte più luminose del Sole!

Ma c'è di più. Le stelle sono colorate. In una notte invernale, per esempio, osservando la grande costellazione di Orione, si nota che la spalla sinistra del cacciatore è distintamente rossa, mentre il piede destro è decisamente blu. Per un astronomo il colore di una stella fornisce una preziosa indicazione sull'energia a cui viene emessa la maggiore quantità di radiazione. Poiché il modo con cui viene emessa la luce in una stella dipende solo dalla sua temperatura superficiale, ecco che il colore diventa un indicatore di temperatura. Le stelle più calde, la cui superficie può raggiungere 40mila gradi, emettono soprattutto luce blu, mentre le più fredde, "solo" 2000-3000 gradi, irradiano principalmente una radiazione rossa. Il Sole con i suoi 6000 gradi appare di un colore giallo. In base a questa proprietà è possibile procedere a una classificazione delle stelle; abbiamo così i principali gruppi O, B, A, F, G, K, M dalle più calde alle più fredde.

Sfere di gas in equilibrio

Torniamo alla definizione iniziale che abbiamo dato di stella.

Sofferamoci innanzitutto a pensare se abbiamo mai osservato un gas assumere una forma definita, come una sfera, in

assenza di un contenitore. La risposta ovviamente è no, perché i gas tendono a espandersi ed occupare tutto il volume possibile. Allora come è possibile che il gas delle stelle si trovi confinato in qualche modo e non si disperda nel vuoto? La spiegazione risiede ancora una volta nel comportamento dei gas: comprimendolo, un gas si scalda; scaldandolo, un gas si espande. Le stelle si trovano in un equilibrio idrostatico grazie al bilanciamento tra due forze di uguale intensità ma di verso opposto: la gravità, che tende a far collassare la materia verso il centro, e la pressione determinata dall'espansione del gas caldo, diretta verso l'esterno.

Gli astronomi hanno calcolato che al centro del Sole la temperatura raggiunge i 15 milioni di gradi e che la densità è una decina di volte quella del piombo. Eppure il centro del Sole è ancora gassoso perché a tali livelli di temperatura il gas si trova in uno stato particolare chiamato plasma in cui elettroni e nuclei, svincolati dalla classica struttura atomica, formano nuvole di particelle cariche elettricamente che fluttuano libere; in questo stato la materia è altamente comprimibile rimanendo allo stato gassoso.

Questa eterna lotta di prevaricazione tra forze dura per tutto la lunga vita di una stella. La longevità delle stelle è stato uno dei principali problemi da risolvere dell'astrofisica passata. Gli astri infatti ci appaiono eterni e immutabili rispetto alla durata della nostra vita. Prendiamo per esempio il Sole: poiché la Terra non può esistere senza la nostra stella, sappiamo che il Sole è vecchio almeno quanto il nostro pianeta e cioè 4,5 miliardi di anni. Non solo: i reperti fossili terrestri ci indicano che per tutto questo tempo il Sole ha continuato a brillare pressappoco come fa ai giorni nostri. Il problema dell'età è strettamente collegato al meccanismo di produzione dell'energia emessa. In effetti, tale energia potrebbe provenire unicamente dalla gravità: il Sole contraendosi si scalda e diventa luminoso. Calcoli effettuati sull'energia gravitazionale disponibile ad alimentare il processo dimostrano, però, che il Sole non potrebbe sopravvivere per più di 30 milioni di anni. Deve quindi esserci una fonte di energia alternativa che permetta la longevità osservata.

Sfere che brillano di luce propria

Per trovare il meccanismo in grado di scaldare così tanto il gas e per così tanto tempo dobbiamo tuffarci nel mondo microscopico dei nuclei atomici. Gli atomi possiedono una struttura ben precisa: hanno un nucleo, formato da particelle chiamate protoni e neutroni, intorno a cui orbita una nuvola di particelle più piccole, gli elettroni. Siamo nel mondo dell'infinitamente piccolo: prendiamo un millimetro, dividiamolo per un milione di volte e poi ancora per dieci e otterremo le dimensioni di un atomo. Normalmente gli atomi sono stabili, ma se sussistono particolari condizioni di pressione, densità e temperatura possono avvenire reazioni che trasformano gli atomi di un elemento in atomi di un altro elemento. Il sogno di ogni alchimista!

Il centro di una stella è un enorme reattore nucleare in cui si fondono atomi semplici per creare atomi più complessi. La maggior parte dell'esistenza di una stella è sostenuta dalla fusione dei nuclei di idrogeno in nuclei di elio. L'energia prodotta dalla reazione scalda il gas che si espande, contrastando il collasso gravitazionale, e poi raggiunge la superficie da cui si disperde nello spazio sotto forma di luce e calore. Proprio ora nel nucleo del Sole stanno bruciando 4 milioni di tonnellate di idrogeno al secondo; questo ritmo impressionante rimane invariato praticamente da 5 miliardi di anni e rimarrà costante per altri 5.

Quando finisce il combustibile principale che scalda il gas, si rompe il prezioso bilanciamento tra forze che tiene in vita una stella. Nell'affannosa ricerca di una nuova stabilità, l'astro evolve, instaurando processi di fusione di elementi più pesanti, come ad esempio il carbonio.

Dal centro di una stella come il Sole, poi, l'enorme quantità di energia prodotta risale in superficie alcuni milioni di anni. Attraversando strati di gas spessi e densi la radiazione non passa indenne; interagendo con gli atomi del gas, l'energia si degrada, un po' come l'energia cinetica di una palla da biliardo quando ne colpisce un'altra. Prima di essere libera, inoltre, l'energia deve passare attraverso uno strato turbolento di gas in cui colonne di gas, come enormi scale mobili, la trasportano letteralmente in superficie. Infine l'energia può disperdersi nello spazio e arrivare fino a noi.

Raggruppamenti stellari

Le costellazioni sono raggruppamenti di stelle che formano in cielo alcuni schemi familiari. Tuttavia, la sfera celeste non è altro che una proiezione bidimensionale dell'universo che ci circonda centrata sul nostro pianeta. Così considerando la

terza dimensione, cioè la profondità, stelle appartenenti a una stessa costellazione non sono legate tra loro da alcuna relazione, anzi, si trovano spesso a distanze considerevoli le une dalle altre. La credenza quindi che alcune costellazioni possano avere un'influenza sulla vita delle persone appare quindi del tutto infondata.

Tuttavia, non significa che stelle vivano da sole, tutt'altro. Spesso, infatti, le stelle formano sistemi complessi con due, tre o più componenti tenute insieme dalla mutua attrazione gravitazionale.

La configurazione più probabile è quella delle stelle doppie, coppie di stelle che orbitano intorno a un baricentro comune. Nei sistemi particolarmente stretti, le due componenti possono scambiarsi massa, a volte in misura imponente. L'attrazione gravitazionale della stella più densa e compatta provoca, infatti, il risucchio di materia dalla compagna più espansa, anche se di analoga massa.

Oltre alle doppie, si possono trovare sistemi multipli e veri e propri ammassi, raggruppamenti stellari legati insieme dalla gravità. Questi ultimi si distinguono in due famiglie: gli ammassi aperti e gli ammassi globulari. I primi sono costituiti da un numero che va da una decina a un migliaio di stelle di recente formazione concentrati in una regione con un diametro di una decina di anni-luce. Gli ammassi aperti sono, infatti, testimonianza dell'infanzia delle stelle che tendono a nascere in veri e propri grappoli all'interno del disco della nostra galassia. Su tempi scala di 1 o 2 miliardi di anni gli ammassi aperti sono destinati a disgregarsi: le interazioni gravitazionali agiscono come una fionda ed espellono tutte le stelle dell'ammasso. Numerosi sono gli ammassi aperti sufficientemente vicini a noi da essere visibili a occhio nudo: primo fra tutti per luminosità è quello delle Pleiadi nella costellazione del Toro, a soli 425 anni luce di distanza dalla Terra.

Altra cosa sono invece gli ammassi globulari. Molto più rari di quelli aperti, possono essere costituiti da più di un milione di stelle addensate in non più di un centinaio di anni-luce: sono così densi da sopravvivere per molto più tempo agli assalti gravitazionali che disgregano invece i più giovani ammassi aperti. E, infatti, gli ammassi globulari sono costituiti da stelle molto vecchie, nate quando la galassia era ancora in formazione, e sono distribuiti in un alone sferico intorno al centro. Gli scienziati li studiano proprio perché possono custodire segreti sulla formazione stessa della Via Lattea.

Il problema delle distanze

Uno dei principali problemi in astronomia è la misura delle distanze stellari. Abbiamo già osservato tutti gli oggetti vengono "schiacciati" su una proiezione sferica, detta appunto **sfera celeste**, che ha la Terra come centro. La mancanza della profondità porta inevitabilmente a considerazioni errate di luminosità e distanze tra gli oggetti. Il Sole, per esempio, è un oggetto di medie dimensioni, ma poiché è anche la stella più vicina a noi, ci sembra più grande e luminosa di tante altre stelle che, pur emettendo molta più luce, appaiono piccole e deboli a causa della lontananza. Ci sono diversi metodi per risalire alla distanza tra le stelle; uno di questi sfrutta il fenomeno della parallasse annua. La parallasse è lo spostamento apparente di un oggetto rispetto allo sfondo, quando viene osservato da due punti diversi. Più un oggetto è distante, più questo spostamento sarà piccolo e individuabile aumentando la distanza tra i due punti di osservazione. Poiché le stelle sono molto lontane, per poterne apprezzare la parallasse si fanno le osservazioni a sei mesi di distanza, cioè quando la Terra si trova a due estremi opposti della sua orbita intorno al Sole. Da qui il nome di parallasse annua. Misurando poi l'angolo sotteso a questo spostamento e conoscendo il raggio dell'orbita terrestre, è possibile calcolare la distanza che ci separa dall'oggetto attraverso una semplice regola trigonometrica: **$D = R_{terra} / \tan(\alpha)$** espressa in parsec. Il **parsec** è l'unità di misura utilizzata dagli astronomi per le distanze nell'Universo; il nome è l'abbreviazione di "**parallasse secondo**" ed è la distanza da cui si vede il raggio dell'orbita terrestre sotto un angolo di 1 secondo d'arco. **1 parsec equivale a 3,26 anni-luce**. Negli anni passati si sono stabilite con notevole precisione le distanze della maggior parte delle stelle vicine con il metodo parallattico grazie al satellite *Hipparcos*. Tuttavia risulta semplice intuire che la validità di questo metodo è limitata a stelle vicino a noi; per le stelle molto lontane l'angolo parallattico diventa talmente piccolo da non poter essere misurato e bisogna affidarsi a metodi di misurazione indiretti. Per esempio, si considerano alcune stelle variabili, la cui variabilità sia associata alla loro luminosità intrinseca. Misurando poi la luminosità apparente, quella cioè che misuriamo dalla Terra, è possibile risalire alla loro distanza. Appartengono a questa classe di candele campione diversi tipi di oggetti; i più noti sono le cefeidi, stelle piuttosto luminose da poter essere osservate anche nelle altre galassie oltre la Via Lattea. Proprio la precisione nella misura di queste stelle consentì all'astronomo Edwin Hubble di misurare le distanze delle galassie più vicine e scoprirne la recessione, aprendo la strada alla cosmologia moderna e

alla teoria del Big Bang. Oggi siamo in grado di valutare, anche se con un ampio margine di errore, distanze galattiche di centinaia di milioni, e addirittura miliardi, di anni-luce.