

Nel regno delle galassie

di Sabrina De Grandi

Le galassie hanno svariate forme e colori: in alcuni casi le vediamo più rossicce, in altri casi quasi blu... ma cosa sono le galassie? Perché sono così diverse fra loro? Partiremo dalla galassia cui apparteniamo, la Via Lattea, e da questa capiremo gran parte delle nozioni che riguardano tutte le altre.

Osservando la volta celeste di notte in montagna o in posti particolarmente bui, vediamo migliaia di stelle (quasi esclusivamente appartenenti alla Via Lattea) e, oltre a queste, possiamo notare una banda lattiginosa, in alcuni punti solcata da una fascia più scura. Questa banda è la nostra galassia. È un insieme di stelle con una forma simile a un disco, che dipende dalla posizione piuttosto esterna del nostro Sole rispetto ad essa. Grazie a moltissimi studi che sono stati fatti con telescopi costruiti in zone remote del globo siamo arrivati a ricostruire questa forma; con le osservazioni abbiamo creato un'immagine che rappresenta la galassia fino in profondità, in punti molto lontani rispetto al nostro pianeta.



La Via Lattea è una galassia di tipo molto comune: è una galassia a spirale. È cioè composta da un disco stellare appiattito, di cui vediamo effettivamente la proiezione nel cielo, con al centro un bulge stellare densissimo, un gruppo di notevoli dimensioni formato da un gran numero di stelle. La Via Lattea contiene in totale circa 200 miliardi di stelle. Nel disco è presente una fascia scura, composta da gas (essenzialmente idrogeno) e polveri, residui della formazione stellare e delle esplosioni di supernova; questa banda e il bulge, oscurano la parte di galassia retrostante. La Via Lattea è stata in parte osservata, mentre la parte a noi invisibile è stata dedotta da osservazioni sul moto delle stelle visibili. Un altro elemento misterioso che compone la nostra galassia e che tutt'oggi è conosciuto soltanto

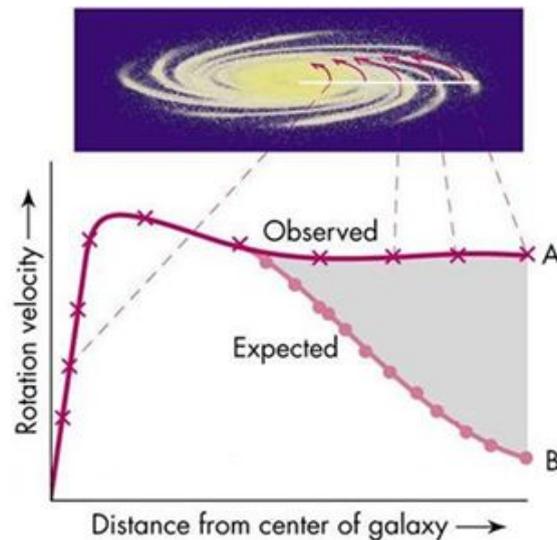
per i suoi effetti gravitazionali sulla parte visibile della galassia, è la materia oscura, che vedremo nel seguito.

Sono stati impiegati diversi anni e moltissime osservazioni di vario tipo per determinare questo modello di galassia: fino all'inizio del secolo scorso infatti si pensava che non esistesse nulla all'infuori della Via Lattea; fu solo nel 1920 che l'astronomo Hubble per primo scoprì il contrario.

Se potessimo uscire dalla galassia e posizionarci al di sopra del disco, vedremmo che il bulge non ha forma sferica ma è piuttosto allungato e ha una barra stellare centrale; dalle sue estremità si diramano due bracci stellari principali: i bracci di Spirale, il braccio di Centauro e quello di Perseo. Ci sono inoltre altri bracci minori come il braccio Norma e altri. Il sole è posizionato sul cosiddetto Sperone di Orione, in un punto abbastanza periferico (circa a due terzi di distanza dal centro della galassia) e ciò determina la visione parziale che abbiamo della Via Lattea. La materia visibile della galassia è principalmente concentrata sulle braccia, dove sono presenti stelle, zone di formazione stellare, gas e polveri. Ma ci sono fra le braccia anche zone a densità stellare minore, dove non c'è quasi alcun tipo di formazione stellare.

Il disco della spirale ha un raggio di circa 50000 anni luce. Oltre alle braccia è presente un alone sferico che circonda tutto il disco, l'Alone Galattico, dove la densità stellare è bassissima, è presente anche del gas estremamente rarefatto e gli ammassi globulari. Gli ammassi globulari sono tra gli oggetti più antichi dell'universo. Risalgono a circa 13 miliardi di anni fa, quando si formate contemporaneamente tutte le stelle che li compongono. Sono composti infatti da un'unica popolazione stellare ma, visto che le stelle si evolvono in base alla loro massa, alcune sono già esplose in supernove, altre sono diventate nane bianche e altre ancora sono nane rosse e continuano tutt'oggi a emettere luce. Studiando questi oggetti è stato possibile ricavare moltissime informazioni riguardanti la formazione stellare.

Parliamo ora della materia oscura. Possiamo affermare tutt'oggi di non conoscere tale sostanza, in quanto totalmente diversa dalla materia di cui siamo fatti (materia barionica), essendo essa invisibile ai nostri strumenti anche se compone gran parte dell'universo. Una delle prime prove dell'esistenza di tale materia fu fornita dallo studio della curva di rotazione delle galassie: essa consiste nella rappresentazione grafica del teorema del viriale, che mette in relazione la velocità di un corpo celeste intorno al suo centro di rotazione, la sua massa e la distanza dal centro di rotazione.



Usando la fisica abituale ci rendiamo conto di un'incoerenza, poiché, essendo la velocità proporzionale alla massa, il grafico dovrebbe fare una curva che cala a grande distanze dal centro galattico fino a quando la velocità non diventa uguale a zero, poiché allontanandosi dal centro della galassia la massa a un certo punto finisce e, aumentando il raggio, la velocità dovrebbe tendere a zero. Invece sperimentalmente si scopre che la velocità a un certo punto si assesta e rimane costante, senza mai annullarsi: ciò significa che la massa della galassia in qualche modo (anche se non vediamo alcun tipo di materia che possa possedere massa) aumenta proporzionalmente all'aumentare della distanza. Tale massa invisibile è chiamata materia oscura.

Un altro modo per constatare l'esistenza della materia oscura è fare il rapporto fra la massa di un oggetto e la sua luminosità: se questo è uguale a 1 (come ad esempio nel Sole), allora tutta la massa visibile è quella che fornisce luce e non c'è materia oscura, se è maggiore di 1 significa che c'è della massa invisibile oltre a quella luminosa stellare. In media, nella Via Lattea, il risultato di tale rapporto è circa uguale a 10, il che vuol dire che solo il 10% della massa di quella regione di spazio emette luce, la parte restante è materia oscura.

Ricapitolando ci accorgiamo dell'esistenza della materia oscura per i suoi effetti dinamici, perché le galassie si muovono come se ci fosse dell'altra massa a noi invisibile.

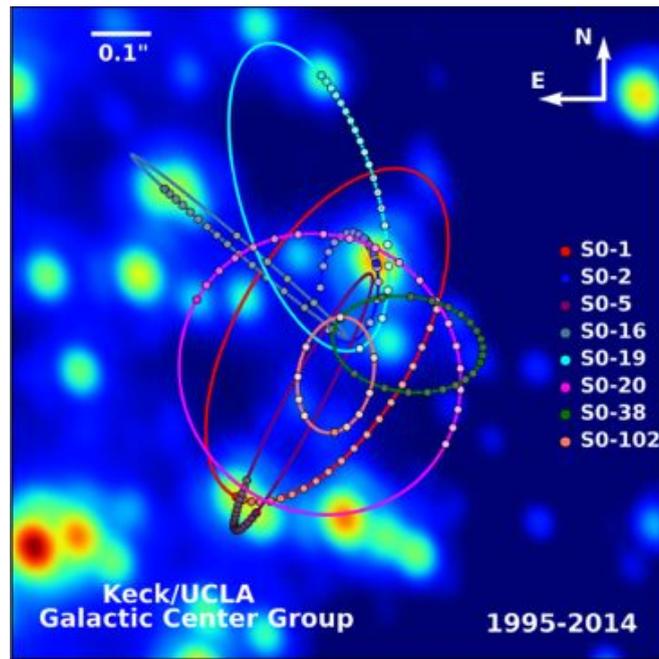
Il primo a ipotizzare l'esistenza di tale materia fu Zwicky nel 1937, la cui teoria fu però largamente dibattuta, imputando le incoerenze sopracitate ad errori di calcolo o di misurazione. In seguito, negli anni '70, grazie al lavoro di Vera Rubin che studiò le curve di velocità di altre galassie a spirale oltre alla Via Lattea, si constatò che effettivamente tutte presentavano curve di rotazione simili a quella trovata da Zwicky, cioè le stelle in esse si muovevano come se ci fosse della massa aggiuntiva rispetto a quella visibile.

Si stima oggi che la materia oscura sia circa l'85% della massa totale dell'universo; tuttavia nessuno ancora ha scoperto di cosa sia composta. Ne conosciamo però alcune caratteristiche, di cui la più importante è il modo in cui interagisce gravitazionalmente con la materia "normale".

Il centro della nostra galassia è stato osservato a diverse lunghezze d'onda. Il visibile è stato osservato dall'Hubble Space Telescope (HST): mette in evidenza soprattutto degli archi di gas illuminati dalle stelle, prodotti dall'intensa attività di formazione stellare che avviene nel centro della galassia, che è molto denso. Con gli infrarossi, osservati con il telescopio spaziale Spitzer, si vedono essenzialmente stelle giovani e fredde e formazioni di gas e polveri, riscaldate dalle stelle. Con il satellite Chandra il centro galattico è stato osservato nei raggi X: questi svelano la presenza di stelle di neutroni e piccoli buchi neri dovuti alla formazione stellare. Sovrapponendo i diversi risultati si ottiene una ricostruzione del centro galattico abbastanza completo.



Studiando con le leggi della dinamica le orbite delle stelle e delle nubi di gas vicino al centro, grazie a osservazioni iniziate nel 1995, si è potuto dedurre che nel centro della Via Lattea è presente un buco nero super massiccio, con massa pari a quella di 4 milioni di soli (mentre i buchi neri dovuti alla formazione stellare hanno massa di 8-10 volte quella solare).



A questo punto è possibile dare una definizione di galassia: essa è un enorme insieme di stelle, gas, polveri e materia oscura, tenuto insieme dalla forza di gravità. La distanza media fra due stelle è di 3 anni luce, e il diametro di una galassia può variare fra i 30.000 e i 300.000 anni luce. Una galassia può contenere da poche decine di milioni di stelle fino a diversi miliardi (cioè da 10^{11} a 10^{12} volte la massa del nostro Sole).

Il colore delle galassie varia dal rosso fino all'azzurro/blu, ciò dipende dal tipo di stelle presenti, in particolare, grazie al grafico di Hertzsprung-Russel, possiamo dedurre che una galassia azzurra ha al suo interno molte stelle giovani e quindi c'è molta formazione stellare, mentre una galassia tendente al rosso avrà una popolazione stellare vecchia e sarà priva di formazione stellare al suo interno.

Osservando la galassia M31 (galassia di Andromeda), che è uno dei pochi oggetti esterni alla Via Lattea osservabili a occhio nudo, possiamo ricavare molte informazioni sulle galassie a spirale e sulla nostra, essendo pressappoco due galassie gemelle. M31 è una galassia a spirale, ha un bulge molto denso, dei bracci con grande presenza di formazione stellare e un centro arancione/rosso con forma abbastanza sferica. Le galassie a spirale sono circa il 62% delle galassie presenti nell'universo osservato, tutte hanno nel centro un buco nero e hanno un senso di rotazione attorno al centro comune a tutte le stelle dovuto all'imprinting derivante dalla nube primordiale da cui la galassia si è formata.

Un altro genere di galassie è quello ellittico: hanno la forma di ellissoidi triassiali con orbite stellari disordinate, quasi totalmente prive di gas e polveri e quindi senza formazione stellare. Hanno un colore tendente al rossiccio poiché, non essendoci formazione stellare al loro interno, hanno una popolazione stellare vecchia. Le galassie ellittiche rappresentano circa il 13% delle galassie dell'universo.

Inoltre ci sono le galassie lenticolari, che sono una via di mezzo fra le galassie a spirale e quelle ellittiche, in quanto hanno un disco contenente gas e polvere, ma hanno anche un

alone stellare ellissoidale. Hanno una discreta attività di formazione stellare al loro interno e hanno un colore fra il rossiccio e l'azzurro. Esse costituiscono il 22% delle galassie totali. L'ultimo tipo di galassie, che costituisce il 4% dell'universo è quello irregolare: esse hanno apparenza caotica e disordinata e sono generalmente nane o disturbate dall'interazione con altre galassie. Le galassie irregolari più vicine a noi sono le due Nubi di Magellano, che orbitano intorno alla Via Lattea.

Negli anni '90 fu scoperta una relazione fra la massa del buco nero al centro di una galassia (misurabile indirettamente) e quella delle stelle del bulge (che è inteso come la parte centrale di una galassia a spirale o un'intera galassia ellittica): più il bulge è massiccio più massa ha il buco nero al centro della galassia stessa. Grazie a immagini viste nel campo ottico e con le onde radio si deduce che la materia giunge presso il buco nero perché attirata dalla sua forza gravitazionale e viene frantumata andando a formare il disco di accrescimento, il quale lentamente cade nel buco nero e contribuisce ad "accenderlo", ovvero renderlo un nucleo galattico che produce enormi getti visibili sia nell'ottico che nella banda radio. Un modo per spiegare questa relazione tra il buco nero e il bulge in una galassia a spirale è la seguente: nella prima fase di formazione della galassia si forma il disco e si forma un buco nero centrale, il buco nero attira materia e si "accende" provocando un'enorme onda d'urto che spazza via i gas e le polveri responsabili della formazione stellare dalla zona centrale della galassia; un buco nero piccolo formerà un bulge piccolo mentre un buco nero più massiccio formerà un bulge maggiore. Le parti esterne al bulge si evolveranno indisturbate in bracci spirale con formazione stellare.

Nell'universo osservabile (cioè nelle regioni di spazio sufficientemente vicine affinché la luce possa arrivare fino a noi) ci sono circa 100 miliardi di galassie, intervallate dallo spazio intergalattico. Questo non è completamente vuoto ma presenta tracce di idrogeno a densità inferiore a un atomo per metro cubo. Hubble fu il primo fisico che, avendo trovato un modo efficace per misurare la distanza fra i corpi celesti con osservazioni dello spazio profondo, capì che alcuni corpi luminosi non appartenevano alla Via Lattea e iniziò a classificare tutte queste galassie esterne in base alla loro forma e al loro colore in un diagramma detto "a forchetta".

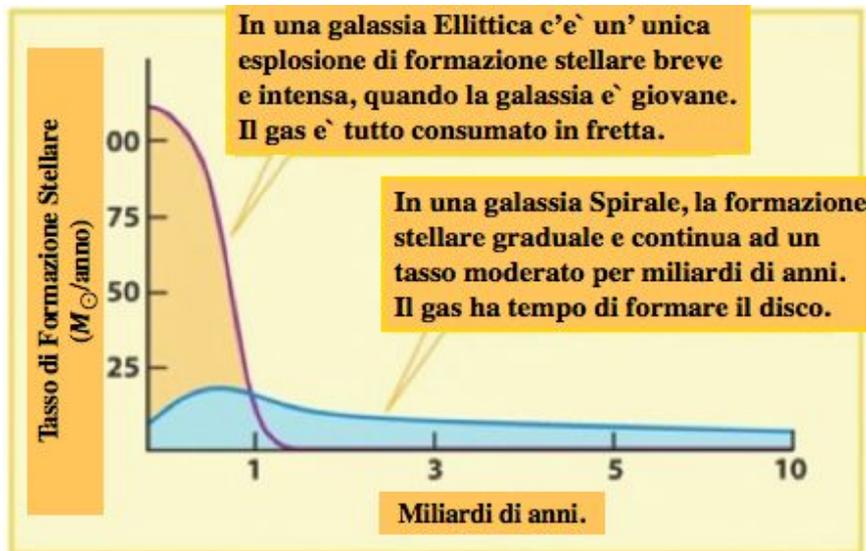


Tale grafico ci permette di vedere la variazione di colore in funzione dell'età della popolazione stellare e ci svela che le galassie ellittiche sono generalmente più massicce, ma più povere di gas, rispetto a quelle a spirale. Esiste una relazione fra la densità delle galassie in una certa regione di spazio e la loro morfologia: le galassie a spirale tendono a stare nelle zone a bassa densità, mentre quelle ellittiche si trovano in zone dove c'è una maggiore presenza di galassie, chiamate filamenti o ammassi di galassie. Se ne deduce che la forma di una galassia è connessa all'ambiente che la circonda. Le galassie sono influenzate dalla forza di gravità che permea tutto l'universo e per questo non sono distribuite uniformemente nello spazio ma tendono a raggrupparsi in gruppi (poche galassie) e in ammassi (fino a migliaia di galassie in una zona ristretta di spazio).

Al giorno d'oggi possiamo osservare nello spazio profondo fino a distanze corrispondenti a quelle di 11 miliardi di anni luce (un anno luce è la distanza che percorre la luce nel vuoto alla massima velocità possibile in natura): con l'Hubble nell'ultra deep field è stata osservata la galassia Z11, formata quando l'universo aveva circa mezzo miliardo di anni. Sono stati anche osservati 18 oggetti di dimensioni sub-galattiche con diametro di circa 2 o 3 miliardi di anni luce e di colore blu, che indica un'intensa formazione stellare. Si è ipotizzato che essi siano i "semi" da cui si sono formate le galassie primordiali, che poi unendosi via via fra loro hanno formato galassie di dimensioni sempre maggiori. Si pensa dunque a una formazione galattica di tipo "gerarchico" (dalle galassie più piccole a galassie via via più grandi), guidata dalla forza di gravità.

Ma cosa fa sì che una galassia diventi una spirale o un'ellittica? Si ipotizza che le galassie si differenzino fra loro a seconda della velocità con cui si sono formate le prime stelle nella nube primordiale che le ha generate: le galassie ellittiche hanno una rapida formazione stellare iniziale che consuma velocemente tutto il gas a disposizione nella nube primordiale e dà origine a un insieme di stelle che, non avendo più carburante per formarne di nuove, invecchiano diventando via via più rosse; le galassie a spirale, al contrario, hanno una formazione stellare iniziale più lenta che forma un bulge e che, prima che tutto il gas si consumi, permette la formazione di un disco che mantiene parte del gas primordiale. Tale

gas rende possibile la formazione stellare anche dopo la fase iniziale di formazione della galassia. Tale formazione può continuare a lungo, fino all'età odierna dell'universo.



Questo modello di formazione galattica viene chiamato anche “modello monolitico”, perché prevede che una galassia si formi o spirale o ellittica dalla sua nube di gas primordiale.