

Ammassi di Galassie

L'Universo ha la buona abitudine, specialmente per le sue caratteristiche osservabili, di rivelarsi per gradi.

Si era ancora negli anni venti, e la comunità astronomica non aveva ancora risolto la questione sulle origini extragalattiche o meno della cosiddetta Nebulosa di Andromeda (M31), non potendo attribuirle con certezza una distanza. Passarono pochi anni e, nel '29, Edwin Hubble con la sua legge velocità-distanza fornì alla scienza uno strumento estremamente potente per stabilire la scala delle distanze. M31 venne collocata (soltanto qualche anno dopo con la dovuta precisione) a circa 2 milioni e mezzo di anni luce dal centro della Via Lattea, e il Cosmo parve espandersi di colpo: *ad ogni misura di redshift (o quasi) fu possibile accostare una distanza*. Le galassie apparvero disseminate ovunque, fin dove era possibile arrivare con l'osservazione, permeando lo spazio in modo apparentemente isotropo. Di tanto in tanto apparivano però oggetti uniti a coppie, a quintetti, a catene, e dopo tutto la stessa Via Lattea mostrava almeno due galassie satelliti (le Nubi di Magellano) ed era gravitazionalmente legata ad M31 ed altre galassie. Si fece dunque strada l'idea che le galassie su vasta scala potessero essere organizzate in **Ammassi**, e negli anni '50 se ne ebbe la prova certa grazie all'opera di astronomi leggendari come *Zwicky* e *Abell*.

Le prime evidenze furono di tipo "statistico": c'erano zone in cielo in cui la densità osservata di galassie cresceva di colpo, arrivano a descrivere raggruppamenti estesi fino a 10 milioni di anni luce, contenenti da qualche centinaio a qualche migliaio di galassie.

Inizialmente il problema fu capire se queste strutture fossero permanenti, cioè se tutti i componenti di ciascun sistema fossero legati gravitazionalmente alla massa totale dell'Ammasso o se invece la struttura fosse destinata a disperdersi nel Cosmo in un tempo più o meno breve. Per dirimere questa questione fu necessario un altro tipo di osservazione. Alle lunghezze d'onda del visibile (grosso modo da 370 a 760 micron), gli ammassi mostravano soprattutto il contenuto stellare delle galassie componenti. Tuttavia quando fu possibile osservare anche alle cosiddette *Alte Energie*, dalle lunghezze d'onda X in giù (a partire da circa 0.1 micron, ovvero da fotoni con energia di 1000 elettronvolt o superiore), gli ammassi apparvero come **immense sacche di gas ionizzato estremamente caldo**, con temperature che toccavano punte di 10^7 gradi. Vale la pena di ricordare che questo tipo di osservazioni, del tutto impossibili da Terra a causa del taglio atmosferico della ionosfera, furono possibili grazie all'invio di satelliti, all'inizio anche molto rudimentali, concepiti da scienziati come Riccardo Giacconi (Nobel per la fisica dell'anno appena trascorso). Giustificare la presenza di un mezzo gassoso tanto caldo richiedeva particolari ipotesi fisiche, e attraverso l'impiego massiccio delle simulazioni via computer si dimostrò che soltanto un sistema legato poteva fornire al gas tanta energia, in qualche modo "sottraendola" all'energia cinetica delle galassie. Oggi la teoria maggiormente in voga è quella del "**rilassamento violento**" cioè di una fase, molto antica nella storia dell'universo (perché la temperatura del gas intra-ammasso appare molto alta anche a z elevati), in cui tutta l'insieme di galassie collassa rapidamente verso un baricentro comune, convertendo la parte della propria energia in energia di agitazione termica che riscalda il gas.

Col progredire delle tecniche osservative, la descrizione di un ammasso-tipo si è arricchita via via di maggiori dettagli.

Osservazioni spettroscopiche alle alte energie (molto più difficoltose di quelle in ottico) hanno dimostrato che il mezzo intra-ammasso è ricco di elementi pesanti altamente ionizzati e tipicamente prodotti da attività di tipo stellare: indizio che, se la temperatura elevata deriva dai moti delle galassie, l'abbondanza chimica è probabilmente dovuta ad un tasso costante di perdita di materiale da parte di ogni singola galassia, per effetto di **espulsioni di materia stellare** in fenomeni tipo nebulosa planetaria o supernova.

Studi nella morfologia delle galassie ospiti dell'ammasso hanno permesso di osservare una certa regolarità di comportamento, significativamente diversa da ciò che si osserva per galassie non d'ammasso: **la distribuzione delle morfologie è quasi invertita**, nel senso che tipicamente in un ammasso i 2/3 dei componenti sono galassie ellittiche e il restante 1/3 è fatto di spirali (mentre fuori da un ammasso le proporzioni sono invertite). Questo ha portato alla luce due diverse teorie: secondo la prima è l'ambiente d'ammasso a modificare una distribuzione altrimenti identica a quella esterna all'ammasso, perturbando le spirali in diversi modi e facendole diventare ellittiche; invece la seconda vorrebbe la formazione delle galassie diversa già in partenza, e strettamente dipendente dall'ambiente di formazione. La visione più corretta è probabilmente un ibrido delle due, perché entrambe hanno pregi e difetti: la situazione è probabilmente resa ibrida dal fatto che non tutte le galassie si sono formate in un ammasso già costituito, ma alcune di queste (molte ellittiche) si devono essere formate prima del rilassamento violento.

Osservazioni dettagliate delle regioni centrali degli ammassi più luminosi hanno mostrato la presenza di galassie particolarmente massicce (contenenti fino ad 1/100 della massa luminosa totale, anche 10^{13} masse solari; la Via Lattea ne contiene probabilmente 10^{11} in stelle), simili ad ellittiche ma più estese nello spazio, definite **galassie CD**. E' possibile che questi "mostri" siano originati proprio dall'acquisizione progressiva di materia da più galassie catturate ed inghiottite nel loro passaggio vicino al nucleo dell'ammasso, e da altra materia gassosa in caduta dalle regioni più esterne dell'ammasso.

Sempre nelle regioni centrali, anche se a raggi di circa 3mln di anni luce, si osserva un punto in cui il gas tocca il massimo del calore, per poi scendere bruscamente per distanze minore. E' questo raggio definito il **raggio di raffreddamento**: a distanze inferiori il gas perdere energia per irraggiamento e, raffreddandosi, si comprime "risucchiando" via via altro gas, col risultato che la massa centrale di ciascun ammasso risulta in accrescimento costante, al tasso di qualche centinaio di masse solari l'anno.

Forse la più importante tra tutte le osservazioni realizzate sugli Ammassi di Galassie, è quella che ha permesso ancora negli anni '60 di calcolare il cosiddetto rapporto Massa/Luminosità (grossomodo: rapporto tra massa che genera il campo di gravità e luminosità in stelle o gas caldo). Questo calcolo venne per la prima volta realizzato da Zwicky in modo abbastanza approssimativo, ma portò ad un risultato inatteso: se per una singola galassia il rapporto M/L era circa 30, se si considerava il rapporto complessivo per un ammasso di galassie si otteneva circa 300. Questo significa essenzialmente che un ammasso non si ottiene semplicemente "sommando" tante galassie e molto gas caldo, ma che **è necessario considerare anche una terza componente**, tutt'ora ignota, che aggiunge massa senza aggiungere luminosità. Per questa ipotetica "massa oscura" sono stati proposti diversi candidati: stelle massicce di luminosità piccola (nane brune, resti di supernovae), corpi planetari, piccole galassie di luminosità superficiale bassissima ed infine un mare di particelle "esotiche" difficilmente rivelabili (assoni, neutrini, monopoli magnetici ecc...).

Questa ultima osservazione ha importanti implicazioni Cosmologiche, al momento che il grande volume occupato da un Ammasso-tipo costituisce probabilmente un buon campione dell'Universo nella sua complessità, e porta a ritenere che la presenza della massa oscura sia un fenomeno che interessa il Cosmo a tutte le scale, rinviando al problema della curvatura dello spazio (che è strettamente influenzata dalla densità di materia, ovvero di energia totale).

L'astronomia degli ultimi anni si è spinta ancora più in là. Cercando la formazione di Ammassi estremamente lontani nel tempo e nello spazio, ci si chiesti quale scenario di universo (aperto, chiuso, piatto) e quale valore esatto della densità totale potesse descrivere il numero di ammassi formati ad un dato z. La loro evoluzione, infatti, è strettamente collegata alla densità di energia dello spazio, in quanto una maggiore densità fornisce un addensarsi più rapido in strutture complesse (...)

Nel 1943, nella sua tesi di dottorato, il giovane **Karl Seyfert** (purtroppo destinato a morire poco dopo in un incidente automobilistico) indicò l'esistenza di una classe di galassie estremamente più brillanti della norma, emittenti in maniera molto intensa in banda radio e (lo si scoprì qualche tempo più tardi) in banda X. Nel corso degli anni questa tipologia di oggetti fu meglio definita e venne chiamata col suo nome, distinguendo tra tipo *Seyfert1* (galassie che mostravano righe di emissione molto larghe, indice di velocità elevate del gas appartenente alla sorgente) e tipo *Seyfert2* (galassie che mostravano le stesse righe di emissione ma molto più strette, indice di velocità più basse).

Nel 1962 **Marteen Schmidt** identificò una classe di oggetti ancora più strana: sorgenti dall'apparenza puntiforme, con righe di emissione estremamente spostate verso il rosso, ad indicare una distanza elevatissima (dai cinque miliardi di anni luce in su, approssimativamente) e, data la luminosità osservata da Terra, una energetica alla sorgente davvero eccezionale: fino a 10^{50} erg/s, quando l'energetica tipica di una galassia a noi vicina è di non più di 10^{45} erg/s. Un salto di ben 5 ordini di grandezza (centomila volte) che all'astronomia del tempo risultava del tutto inspiegabile. Siccome questi oggetti furono inizialmente scoperti nel dominio Radio, vennero chiamati **Quasar**, acronimo inglese per *Sorgenti-Radio-Quasi-Stellari*. In realtà si scoprì in seguito che la porzione dei QSR radioemittenti è soltanto un decimo del totale, e che tutti sono invece molto attivi a tutte le lunghezze d'onda.

Queste due scoperte, seguite a ruota da un gran numero di osservazioni a diverse lunghezze d'onda (in special modo in quelle dell'appena nata astronomia dei raggi X) che arrivarono a identificare altre sorgenti "anomale" (oggetti BL Lacertae, Liners, OVV, ecc... una selva infinita di sorgenti, per le quali si usa spesso la denominazione collettiva di *Blazars*), portarono al concetto della *evoluzione cosmologica* delle sorgenti astrofisiche; nelle nostre vicinanze infatti si osservano rarissimi casi di attività nucleare intensa nelle galassie, mentre ad alti z la frequenza aumenta vistosamente. Siccome la coordinata z del redshift ha anche un significato temporale, legando l'oggetto ad un'epoca precisa dell'espansione del Cosmo, oggetti ad alto z sono anche oggetti appartenenti ad epoche antiche del Cosmo, e sono quindi oggetti "giovani" (qualche miliardo di anni).