

L'universo mancante

Alberto Bolognesi

Nel suo avvincente libro "I Mostri del Cielo" l'astronomo Paolo Maffei apre così l'ultimo capitolo dedicato alla "massa mancante": "Alle più grandi distanze accessibili ai nostri telescopi, negli sterminati spazi intergalattici che fino a poco tempo fa ci apparivano del tutto vuoti, stiamo per incontrare l'ultimo mostro... Questo misterioso intruso è stato trovato nei remoti ammassi di galassie".

Ma la storia è probabilmente ancor più tenebrosa. L'"intruso" è qui, fra noi; e si mostra impudentemente nei display delle nostre calcolatrici, non negli sterminati spazi intergalattici. Eppoi non è nemmeno un "mostro" e neanche un "intruso"; forse è un latitante, o forse neanche questo. Ha cambiato nome molte volte: da "mancante" è diventato rapidamente "oculto", poi "invisibile". Adesso pretende di chiamarsi "materia oscura". Ecco un caso clamoroso in cui la materializzazione viene imposta da un calcolo che non torna: la massa c'è ma non si vede.

La prima menzione di "massa mancante" appare nelle ricerche effettuate dal grande astronomo olandese Jan Oort intorno al 1932 sulla densità media della nostra galassia. Oort si proponeva di calcolarne la massa complessiva attraverso un conteggio statistico del gas e della componente stellare in un determinato volume di cielo. Al di là delle difficoltà che implica un conteggio del genere, la ricerca si presentava di enorme interesse perché in pratica andava a verificare il limite ipotetico al di sotto del quale la Via Lattea dovrebbe sfasciarsi e disperdersi nello spazio. Oort trovò solo il 40% della materia necessaria a mantenere stabile il sistema.

A quell'epoca la disgregazione precoce dell'Universo non sarebbe stata drammatica, perché il modello del Big Bang non era così strenuamente difeso come lo è oggi: il problema era causato dall'osservazione di popolazioni stellari con età dell'ordine di molti miliardi di anni.

Se la densità era quella, insomma, non si spiegava come un'aggregazione così antica come la Via Lattea avesse potuto restare in equilibrio per tanto tempo con così poca massa.

Le sole ipotesi possibili erano di ammettere l'esistenza di una materia che era sfuggita all'indagine, oppure di rassegnarsi all'evidenza che la legge di gravitazione, così accurata nel descrivere i sistemi planetari, non è più valida quando la si applica all'ordine di grandezza delle galassie.

Ai tempi delle misurazioni di Oort gli scienziati erano troppo rigorosi per inventarsi materia; si credeva tra l'altro di avere a portata di mano una Teoria Unitaria in grado di rappresentare la Natura a ogni livello di scala. Inoltre, la densità delle aggregazioni stellari poteva essere ricavata con un altro metodo, cioè ricercando le curve di rotazione delle galassie a spirale attraverso l'analisi spettroscopica.

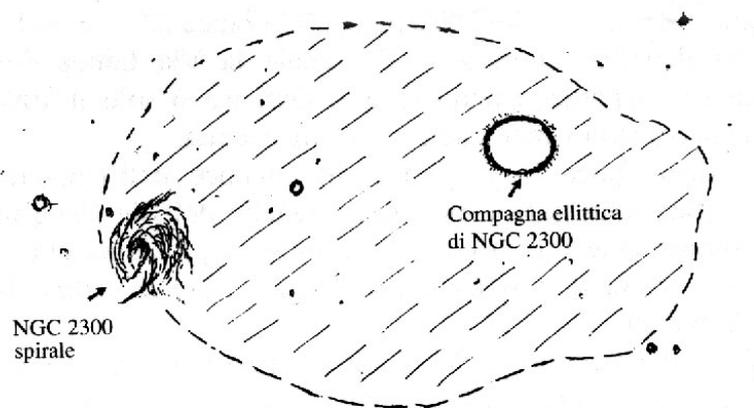


Fig. 1): L'area tratteggiata delimita la sorgente estesa a raggi X individuata dal satellite ROSAT nel campo NGC 2300 e di altre due piccole compagne. Se l'associazione non è prospettica, la sorgente dovrebbe avere un diametro di oltre un milione di anni luce, una temperatura di 10 milioni di gradi, ed una massa equivalente a 500 miliardi di unità solari. Per trattenere una nube così massiccia, a partire dalla data di nascita generalmente accettata per tutte le galassie, si dovrebbe osservare una massa 30 volte superiore a quella visibile nelle tre galassie. Una conferma indiretta della materia oscura o una smentita dell'ipotesi convenzionale?

Questa indagine, resa affidabile dallo straordinario progresso tecnologico degli ultimi quarant'anni, ha consentito di stabilire con grande accuratezza le dinamiche di rotazione e i profili di brillantezza delle regioni esterne di un gran numero di spirali. Gli spettrografi più sensibili sono infatti in grado di rilevare i moti di avvicinamento e di allontanamento delle stelle lungo la nostra visuale: quando la fenditura d'ingresso dello spettrografo è allineata all'asse maggiore della spirale esaminata, lo spostamento verso il blu della luce delle stelle che muovono verso di noi e lo spostamento verso il rosso di quelle che ruotano in direzione opposta distorcono i dettagli dello spettro conferendogli una tipica curva a S. Queste distorsioni possono essere rilevate anche nella banda radio, sulla riga di 21 cm. dell'idrogeno gassoso - presente solitamente anche a grande distanza dal centro galattico. Un altro metodo di scansione - assai delicato - è possibile nelle onde millimetriche del monossido di carbonio, a 2,6 mm.

Ora, se si ammette che la velocità della materia orbitante è determinata dalla massa che sta all'interno dell'orbita - come siamo abituati ad aspettarci dai tempi di Newton - e che tutta la materia mostri all'incirca lo stesso rapporto tra massa e luminosità, allora allontanandosi dal centro della galassia presa in esame, la distribuzione delle velocità di rotazione delle stelle dovrà raggiungere un picco al di là del quale vi sarà necessariamente una caduta di tipo kepleriano. Si assiste invece ad un fatto straordinario che va in qualche modo a coincidere con la discordanza trovata da Oort: la velocità rimane quasi costante, indipendentemente dalla distanza del punto che si osserva dal centro.

Nei casi più drammatici lo spostamento per difetto dal limite atteso è dell'ordine delle centinaia di volte. Ma dov'è allora tutta questa massa?

È difficile sottrarsi dal sospetto che su strutture macroscopiche come quelle delle galassie siano in gioco dinamiche più complesse della semplice gravitazione: a differenza della fisica newtoniana o della stessa Teoria della Relatività Generale, questa apparenza è indotta dall'osservazione. La sperimentiamo direttamente dalle galassie "in azione". Rischiando l'annullamento retroattivo dei loro dottorati, e pur di non introdurre materia invisibile, J. Bekenstein, M. Milgrom e R. Sanders hanno esaminato soluzioni al di fuori della gravitazione universale: forse i processi che conducono alla formazione delle galassie seguono modalità e dinamiche di "condensa" che non è possibile descrivere col solo ausilio della gravitazione; la scoperta dei plasmi, per esempio, le loro proprietà per effetto della ionizzazione sono così diverse da quelle dell'idrodinamica classica, che gli astrofisici sono costretti a riformularle radicalmente, fra grandi difficoltà, con ipotesi aggiuntive. Milgrom e Sanders, in particolare, hanno avanzato l'ipotesi che su scale rapportabili alle galassie e alle loro interazioni (milioni di anni luce), l'attrazione gravitazionale non diminuisca al crescere del quadrato della distanza, ma semplicemente al crescere della distanza¹.

Un'altra ipotesi alternativa, ben in linea con i dati dell'osservazione, è quella di ammettere la presenza di una grande quantità di polveri e nubi molecolari, non rilevabile coi mezzi attuali. Non è proponibile per le giganti ellittiche, nelle quali gli indizi dell'esistenza di polveri sono scarsissimi, ma può ben essere applicata alle galassie a spirale e alle irregolari, solitamente molto ricche di materiale diffuso². Risposte cruciali giungeranno dai futuri telescopi all'infrarosso, installati su satelliti, in grado di detectare molecole H₂ anche alle più basse temperature.

Vi sono poi le ipotesi "di frontiera" sullo spostamento verso il rosso, legate allo stato della materia. Se le emissioni di radiazioni possono variare da un sistema all'altro, in che misura può incidere il redshift *intrinseco* sulle curve di rotazione? E quanto potrebbe contribuirvi il misterioso "effetto K", lo spostamento sistematico verso il rosso che mostrano le stelle dei primi tipi O e B e che costituiscono uno dei più affascinanti e irrisolti enigmi dell'astronomia statistica?³

E ancora: coincide la velocità di rotazione differenziale delle stelle con quelle dei gas e delle nubi molecolari all'interno delle galassie? Si conoscono casi di spirali barrate in cui il disco stellare ruota addirittura in senso contrario rispetto al gas ionizzato: nello spettro ottico di NGC 4546, per esempio, è possibile vedere le righe in assorbimento e quelle in emissione del gas inclinate in sensi opposti! Come si fa ad annettere questa caratteristica al fenomeno delle collisioni e delle

¹ Sanders R.H. - European Southern Observatory Scientific Preprint 439, 1984.

² Fra i sostenitori di "galassie polverose" citiamo J. Davies, M. Disney e S. Phillips dell'Università del Galles; J. Lauberts e E. Valentijn dell'ESO di Monaco di Baviera.

³ Si tratta di un effetto noto fin dai primi anni Venti e tuttora inspiegato, che coinvolge le stelle giovani e luminose della nostra Galassia.

fusioni fra galassie? Come è avvenuto un incastro così prodigioso? Come si sono conservati moti così opposti? Dove è finito il gas congruente al disco stellare che ruota in NGC 4546?⁴

Esiste comunque un metodo del tutto indipendente per calcolare le masse, ed è quello che i cosmologi chiamano *il computo delle velocità residue*.

Se si ammette, infatti, che la causa del redshift delle galassie è determinata dalla espansione dell'universo, le eventuali oscillazioni di velocità intorno al valore medio di recessione renderanno conto dei moti peculiari delle galassie satelliti intorno alle più massicce, almeno per quel che riguarda la componente della velocità secondo la nostra visuale. Appariranno cioè sommate o sottratte al valore fissato dalla costante di Hubble per quella distanza e per quell'ammasso, in funzione dei loro moti relativi, e cioè del potenziale gravitazionale dell'ammasso stesso di cui fanno parte.

Ma questa cruciale verifica ha condotto a risultati ancor più imbarazzanti. Non solo le masse complessive non coincidono affatto con quelle già così carenti ottenute sulle curve di rotazione delle singole galassie, ma la differenza è dell'ordine delle decine e delle centinaia di volte! Per visualizzare questa ulteriore, abnorme carenza di massa, si può prendere come esempio l'ammasso della Chioma di Berenice nel quale sono state contate dagli astronomi circa 1700 galassie. Ebbene, per renderlo "stabile", cioè per far quadrare i conti con l'espansione e con la presunta età dell'universo, si può dire grossolanamente che occorrerebbero almeno altre 10.000 galassie in quell'ammasso...

In altri raggruppamenti il risultato ottenuto è stato più o meno drammatico: complessivamente l'applicazione dei teoremi della gravitazione universale ad una metrica in espansione, pone i cosmologi del Big Bang nella paradossale situazione di dover ipotizzare un universo di "materia oscura" *almeno cento volte più massiccio di quello luminoso*. Ce n'è probabilmente abbastanza per far rifare i conti a tutti, Gamow compreso...

Questo, in breve, il deficit accumulato dai cosmologi dell'espansione nei confronti dell'osservazione. Ma come colmarlo?

Nel gennaio del 1993 i giornali di mezzo mondo hanno annunciato "la scoperta della materia oscura" per mezzo del satellite ROSAT. Val la pena di darne un breve cenno, perchè la vicenda è tipica del modo con cui i media divulgano scienza, amplificando e deformando a proprio piacimento ipotesi e rilevazioni strumentali.

È avvenuto che un'équipe di ricercatori americani che sollecitava indagini in astronomia X per alcune associazioni di galassie, si è vista assegnare un tempo di osservazione ROSAT strettamente limitato a tre piccole galassie, NGC 2300 e compagne. Ma il nastro contenente le rilevazioni ha lasciato di stucco il gruppo capitanato da R. Mushotzky: l'indagine del satellite rivela che queste galassie si trovano sulla stessa linea di una sorgente estesa che emette raggi X e che, se posta alla medesima distanza del terzetto, avrebbe un diametro di oltre un milione di anni luce, una massa equivalente a 500 miliardi di Soli ed una temperatura di una decina di milioni di gradi.

Un bel colpo, non c'è che dire, per un'occhiata tanto fugace!

Ma lo "scoop cosmologico" è un altro. Assumendo che l'associazione non sia prospettica, il potenziale gravitazionale delle tre galassie non avrebbe mai potuto trattenere la nube individuata da Rosat a partire dalla data di nascita abitualmente ipotizzata per tutto l'universo: se ne deduce che poichè la nube è ancora lì, ci deve essere una gran massa di materia invisibile nei dintorni della nube e di NGC 2300... a vigilare sull'ipotesi cosmologica!

Quale commento dare a "razionalizzazioni" del genere?

È perfettamente verosimile che la densità dell'universo sia sottostimata e che una frazione anche importante della materia cosmica sfugga sistematicamente alle osservazioni: gas, polveri, stelle di bassa luminosità, pianeti massicci e forse "nane brune", non potrebbero essere rilevati alle grandi distanze; ma affermare che la quasi totalità della Natura deve trovarsi allo stato invisibile di "materia oscura" perché è il solo modo per saldare i conti col divenire cosmico e con gli eccessi di redshift, equivale ad annunciare scoperte mai avvenute.

Ma il punto di vista convenzionale è costretto a pretenderlo, e vi rovescia dentro ogni cosa: neutrini e particelle esotiche, rocce, plasmii primordiali, corone oscure, aloni, buchi neri e oceani di gas intergalattico...

⁴ Mentre andiamo in stampa ci giunge notizia dall'Osservatorio di Asiago della scoperta di un'altra galassia con gas in controrotazione. Si tratta della spirale Sa NGC 3626, osservata dagli astronomi Galletta, Bettoni e Ciri dell'Università di Padova.

Questa massa, introvabile a qualsiasi lunghezza d'onda, dovrebbe aumentare con prodigiosa esattezza al crescere del raggio ed al diminuire della materia luminosa, disponendosi *sempre nella quantità giusta*, sia intorno a galassie isolate che a sistemi binari, sia intorno a piccole associazioni di tre o quattro membri che fra i grandi ammassi di centinaia e migliaia di galassie.

Quanto più si osservano regioni lontane e deboli, tanto più si dovrebbe supporre uno schermo crescente di materia oscura fra noi ed il mondo visibile: data la formidabile concentrazione di massa nascosta e la popolarità di cui gode l'effetto lente gravitazionale, ci si dovrebbe attendere uno straordinario affollamento di oggetti, di archi ed anelli alle grandi distanze.

Avremmo, in conclusione, una materia oscura che cresce linearmente con la distanza in scrupolosa sincronia con la costante di Hubble. La facile profezia é che perfino gli astrologi ne faranno largo uso: in particolare quando i loro pronostici si discosteranno clamorosamente dagli avvenimenti.