Esplorazione dell'universo: le nuove frontiere

Approfondimento a cura di Margherita Hack

ASTROFISICA DEL XXI SECOLO

Oggi conosciamo molto bene come si formano le stelle, come evolvono e come finiscono la loro vita, sappiamo che sono raggruppate in grandi continenti stellari -le galassie- e queste a loro volta in gruppi di poche decine di individui, o in grandi ammassi contenenti parecchie centinaia di galassie, e anche gli ammassi di galassie sono raggruppati a formare i superammassi. Sappiamo che galassie e ammassi di galassie sono immersi in uno spazio praticamente vuoto che espande e li trascina nel suo moto di espansione; quindi lo spazio non è un contenitore inerte di materia, ma è dotato di un'energia che lo fa espandere. Oggi siamo riusciti ad osservare direttamente l'aspetto che aveva l'universo appena 380000 anni dopo il Big Bang, intendendo per Big Bang l'inizio dell'espansione; abbiamo osservato galassie formatesi quando l'universo aveva solo 700 milioni di anni, e dalla conoscenza della temperatura e della densità medie dell'universo possiamo calcolare temperatura e densità quando la scala dell'universo era migliaia di volte più piccola (intendendo per scala la distanza di due punti di riferimento, per es. due galassie). Si trova così che quando l'età dell'universo era di qualche miliardesimo di miliardesimo di secondo la materia era sotto forma di particelle elementari, quark, neutrini, elettroni e forse altre particelle finora sconosciute. Poi col procedere dell'espansione e la diminuzione di temperatura e densità, i quark sono stati imprigionati nei protoni e neutroni, che sono i costituenti dei nuclei atomici, poi neutroni e protoni hanno dato luogo a reazioni nucleari con la formazione di deuteroni (nuclei di idrogeno pesante, formate da un protone e un neutrone) e i due isotopi dell'elio e piccole quantità di litio, col proseguire dell'espansione temperatura e densità non sono più sufficienti per permettere altre reazioni nucleari;quando la temperatura scende a circa 3000 gradi sono passati 380000 anni. Il gas fino allora costituito da protoni, particelle alfa, ed elettroni, cioè particelle dotate di carica e quindi gas ionizzato, diventa neutro perché nuclei carichi positivamente ed elettroni carichi negativamente si ricombinano e danno un gas neutro. Mentre un gas ionizzato è completamente opaco alla radiazione, perché i fotoni rimbalzano, per così dire, da una particella carica all'altra, movendosi a zig zag, senza potersi propagare, un gas neutro è trasparente e così è possibile per noi osservare l'aspetto dell'universo all'età di 380000 anni, che a causa della bassa temperatura di 2,7 gradi assoluti ha un massimo di emissione a lunghezze d'onda millimetriche e centimetriche. Le colonne di Ercole da superare sono rappresentate dall'intervallo fra 380000 anni, in cui ancora le galassie e le stelle non si sono ancora formate e i 700 milioni di anni in cui sono già osservabili le più antiche galassie. In questo intervallo di tempo si devono essere formate le prime stelle e le prime galassie. La materia che va addensandosi è ancora fredda ed emette solo nel lontano infrarosso; inoltre lo spostamento verso il rosso dovuto all'espansione dell'universo (che come fa aumentare tutte le distanze, fa aumentare anche le lunghezze d'onda della radiazione emessa dai corpi celesti) fa sì che solo grandi telescopi sensibili al lontano infrarosso riusciranno a "vedere" l'epoca di formazione di queste galassie primordiali. Ci riuscirà probabilmente il successore del telescopio spaziale Hubble, ottimizzato per il lontano infrarosso (fra circa50 e 1000 micron) che viene assorbito dalla nostra atmosfera. Due grandi interrogativi aspettano una risposta: che cos'è la materia oscura? E cos'è l'energia oscura? Oggi ci rendiamo conto che la materia che si "vede" , che emette cioè una qualche forma di radiazione elettromagnetica , rappresenta solo il 4%; il resto fa sentire la propria presenza grazie alla sua forza di attrazione gravitazionale, ma non sappiamo cosa sia: In parte potrebbe trattarsi di stelle di bassa luminosità, come le nane brune, o grossi pianeti come Giove, o residui di grosse stelle finite come buchi neri, ma la maggior parte potrebbe essere costituita da particelle elementari che non interagiscono con la radiazione elettromagnetica: Un esempio

conosciuto sono i neutrini, ma essi non possono spiegare la materia oscura nelle galassie, perché a causa della loro piccolissima massa hanno delle velocità quasi eguali a quelle della luce e quindi molto superiore alla velocità di fuga dalle galassie. Si ipotizza l'esistenza di particelle chiamate WIMP (Weakly Interacting Massive Particle) a cui i fisici stanno dando la caccia, per ora senza successo. L'energia oscura è una delle ultime sorprendenti scoperte. Sappiamo che l'universo è in espansione. Sappiamo che la densità di materia (inclusa la materia oscura) non è sufficiente a frenare l'espansione così tanto da arrivare ad una successiva fase di contrazione; si supponeva però che la stessa materia presente nell'universo esercitasse una autogravità che avrebbe comunque rallentato l'espansione. Invece più accurate misure della distanza di lontane galassie hanno mostrato che in realtà l'espansione andava rallentando fino a quando l'età dell'universo era di 4 o 5 miliardi di anni. Poi ha cominciato ad accelerare, come se ci fosse una forza che si oppone alla gravità. Si ritiene che il vuoto abbia una forma di energia, circa costante, opposta alla energia gravitazionale. Quest'ultima avrebbe prevalso sull'energia del vuoto nei primi 4 o 5 miliardi di età dell'universo, e poi col diminuire della densità, l'energia del vuoto avrebbe prevalso sulla gravitazione. Per conoscere meglio come è variata nel lontano passato la legge di espansione dell'universo è necessario osservare un gran numero di lontane galassie , quindi a epoche sempre più lontane nel tempo. Lo potranno fare i grandi telescopi dell'ESO (European Southern Observatory), con i suoi 4 specchi di 8 metri di diametro, e quello appena inaugurato, LBT, (Large Binocular Telescope), una collaborazione fra Italia, Germania e Stati Uniti, situato in Arizona, sul Monte Graham e costituito da due specchi di 8,40 metri di diametro portati da un'unica montatura, simile a un gigantesco binocolo. Questi grandi telescopi, che anticipano le tecnologie che saranno impiegate nel corso di questo secolo per costruire specchi di 50 e 100 metri di diametro, potranno anche mostrarci l'immagine diretta di pianeti extrasolari, che finora sono stati scoperti solo indirettamente, in conseguenza delle perturbazioni che causano al moto della loro stella. Infine due nuove "astronomie" potranno mostrarci altri aspetti dell'universo, così come l'astronomia dallo spazio ci ha mostrato l'universo a raggi gamma, a raggi X, ultravioletto e infrarosso, aspetti in precedenza completamente nascosti dalla nostra atmosfera. Si tratta dell'astronomia dei neutrini, e dell'astronomia gravitazionale. Tutte le stelle emettono grandi quantità di neutrini nel corso delle reazioni nucleari che avvengono nel loro interno. Grazie all'assenza di carica e alla loro minuscola massa i neutrini traversano liberamente tutto il raggio stellare e giungono fino a noi. In ogni istante il nostro corpo è traversato da sciami di neutrini provenienti da stelle e galassie. La difficoltà di osservarli consiste nella difficoltà di catturarli e misurarli. Per ora si sono misurati solo i neutrini provenienti dal Sole e dalla supernova della Grande Nube di Magellano di cui osservammo l'esplosione nel febbraio del 1987. I "telescopi " per neutrini sono sempre situati sotto grandi masse di terra, montagne come il Gran Sasso, o in profonde miniere, che arrestano tutte le altre particelle dei raggi cosmici, mentre solo i neutrini passano indisturbati. In grandi piscine contenenti trielina, o anche acqua, gli atomi colpiti da neutrini danno luogo a scintillazioni misurabili che permettono di contare i neutrini arrivati. Forse in questo secolo riusciremo a studiare tutto il cielo con i neutrini, a scoprire per es. l'esplosione di lontane supernovae che la polvere interstellare ci nasconde, misurando l'arrivo dei neutrini, che esse emettono in enorme quantità. Einstein aveva predetto che come una carica elettrica in moto genera onde elettromagnetiche, anche un corpo materiale in moto dovrebbe generare onde gravitazionali. Queste non sono state ancora osservate direttamente, anche se ci sono prove indirette della loro esistenza, fornite da una coppia di stelle di neutroni. L'Italia è impegnata nella ricerca della rivelazione delle onde gravitazionali con un grandioso strumento- VIRGO- una collaborazione italo-francese. Si tratta di un interferometro costituito da due bracci ad angolo retto, lunghi 3 km. Un raggio laser viene diviso in due da specchi semiriflettenti; i due raggi vengono riflessi avanti e indietro fino a raggiungere un cammino ottico di 120 km per ciascun braccio. Se i cammini ottici sono identici i due fasci daranno un'immagine luminosa. Una

minima differenza di cammino darà luogo a frange d'interferenza. Lo strumento è così sensibile da permettere di misurare differenze di cammino pari a una frazione di raggio atomico, e potrebbe rivelare le onde gravitazionali prodotte da esplosioni di supernovae o la fusione delle due stelle di un sistema binario nella nostra galassia o anche in galassie dell'ammasso della Vergine, il più vicino, a "soli" 50 milioni di anniluce. In tutte queste avventure astrofisiche del XXI secolo i ricercatori italiani sono presenti sia con le attrezzature dell'Osservatorio europeo dell'emisfero australe e dell'agenzia spaziale europea di cui l'Italia fa parte, sia col grande telescopio binoculare appena inaugurato, sia col telescopio nazionale Galileo situato alle Canarie, con la grandiosa attrezzatura per la rivelazione dei neutrini situata sotto il Gran Sasso, con l'interferometro VIRGO, con la partecipazione alla strumentazione di PLANCK, il satellite che andrà a studiare dettagli ancora più fini di quelli osservati dai suoi predecessori, delle caratteristiche dell'universo all'età di 380000 anni, per citare solo le imprese maggiori. Speriamo che i giovani che si affacciano oggi al mondo della ricerca abbiano la possibilità di sfruttare tutti questi straordinari strumenti e di potere iniziare la loro carriera di ricercatori nelle nostre università, nei nostri istituti di ricerca, senza essere costretti ad emigrare, in conseguenza della scarsa e irresponsabile attenzione che i nostri governanti dimostrano verso la ricerca. Nell'interesse dell'Italia e del suo posto in Europa ministri incompetenti e arroganti si degnino di ascoltare gli addetti ai lavori, invece di sbaraccare quelle nostre istituzioni, forse carenti in tanti aspetti, ma comunque capaci di formare ottimi ricercatori e costruire attrezzature di avanguardia.

NB: i termini evidenziati in rosso sono esplicitati nel documento "Definizioni"