
 NOTE DI COSMOLOGIA
 (di Franco Milani)

I presupposti di base della cosmologia moderna sono in fondo le ipotesi di conservazione dell'energia e della densità di momento, in un universo visto come sistema isolato (non interagente con altri sistemi).

Applicando le equazioni tensoriali di campo gravitazionale alla metrica dello spazio-tempo in quattro dimensioni, si ottiene un sistema di equazioni tensoriali che dovrebbe descrivere l'universo nel suo insieme. Queste equazioni possono essere rappresentate in una forma analoga a quelle dei fluidi, ed ecco che allora l'approccio successivo consiste nel considerare la materia come "polvere" fluida fredda. A questo punto ci sono due interpretazioni possibili e ugualmente valide: immaginare la materia 'esplosa' e diffusa sotto forma di polvere, oppure considerare le galassie come molecole di fluido... interessante qui è il collegamento fra il 'macroscopico' e il 'microscopico'.

Nelle equazioni compaiono una pressione cinetica P , una densità di energia totale D , un flusso di calore Q e una pressione anisotropica P_1 dovuta a fenomeni di viscosità, tutte quantità tipiche del comportamento dei fluidi.

Se analizziamo la velocità relativa delle 'particelle' per avere qualche idea sul fenomeno del movimento globale della massa di fluido troviamo tre quantità fondamentali: un tensore di espansione Z , uno di rotazione W ed uno di distorsione D . Gli effetti di queste tre componenti sono i seguenti:

Z dà una pura espansione di volume mutando la sfera fluida in un'altra sfera fluida di volume differente;

W provoca un cambiamento di orientazione senza mutare il volume né deformarlo (pura rotazione);

D causa distorsioni trasformando la sfera in un ellissoide, e lascia invariato il volume.

Gli effetti di Z , W , D si sommano per rappresentare il fenomeno reale del movimento.

Nel sistema delle equazioni di campo le incognite sono funzioni delle coordinate spazio-temporali, ed è necessario, per poter accedere a qualche soluzione, introdurre ulteriori ipotesi semplificative che siano in accordo con esperienze e osservazioni (della solita serie: le equazioni si, ci sono, ma non possiamo trovare una soluzione esatta...).

La prima ipotesi che allora si assume è di considerare il fluido come 'omogeneo', e appare giustificata dal fatto che la distribuzione spaziale delle galassie e della radiazione di fondo è uniforme nello spazio visibile.

La seconda è l'ipotesi di 'isotropia', basata sul fatto che la distribuzione della materia nell'universo non mostri direzioni preferenziali.

Queste due assunzioni comportano simmetria sferica, assenza di rotazione e consentono una comoda trasformazione delle coordinate: le equazioni di campo diventano così quattro, con cinque funzioni incognite di cui due rappresentano la distribuzione di densità e di pressione.

Come nel caso dei fluidi, la pressione cosmica P rappresenta la densità di energia dei movimenti 'disordinati' a cui si oppongono le forze gravitazionali, e si può scomporre come somma delle pressioni associate alla materia e alle radiazioni (queste ultime sembrano in massima parte composte da neutrini). La densità D che compare nelle equazioni di campo deve invece essere l'equivalente della somma di

tutte le energie esistenti (ossia masse di quiete, energie cinetiche, gravitazionali, elettromagnetiche, magnetiche, di particelle, ...) ed e' quindi estremamente arduo misurarne il valore, comunque puo' essere valutata con stime statistiche, anche se con margini di incertezza notevoli.

Il problema principale sta nel fatto che le funzioni incognite sono in due variabili: spazio e tempo. Se puo' essere possibile valutare almeno in modo approssimativo un'evoluzione della densita' durante l'espansione, e' molto piu' arduo rappresentare una distribuzione di densita' nello spazio. Si e' tentato di farlo introducendo una struttura 'gerarchica' in cui le galassie appaiono distribuite in ammassi, i quali saranno distribuiti in 'super-ammassi' e cosi' via, e cosi' si ottengono dei modelli di universo interessanti ma poco 'duttili' per le interpretazioni matematiche delle osservazioni.

Piu' accessibili appaiono i modelli a pressione uniforme, perche' la densita' vi e' funzione solo del tempo e non dello spazio, ma un altro problema lo pone la funzione di curvatura. La geometria dello spazio puo' essere euclidea, iperbolica o sferica a seconda dei valori della funzione di curvatura, e la curvatura e' funzione dello spazio e del tempo. Questo significa che lo spazio si puo' presentare con caratteristiche geometriche diverse in luoghi diversi e in tempi diversi, rendendo impossibile una generalizzazione. Si e' quindi costretti a limitare la visuale in un 'intorno' della attuale posizione, cercando poi di interpolare i risultati su vasta scala. I modelli a pressione uniforme sembrano i piu' 'trattabili' perche' in essi la curvatura e' solo funzione del tempo, ma rimane sempre una funzione incognita...

Ponendo invece pressione nulla e densita' uniforme, e supponendo il fluido perfetto, si ottiene un sistema di equazioni che consentono un approccio semplificato in un intorno della 'zona' attuale, e danno la possibilita' di determinare la curvatura se sono note la pressione e la densita': hanno difatti il vantaggio di presentare una curvatura costante nello spazio e nel tempo. Queste equazioni costituiscono un frequente riferimento in problemi cosmologici, ma si tratta soltanto di una prima approssimazione delle equazioni di campo. Attualmente in un intorno della 'zona' spazio-temporale in cui ci troviamo sembrano attendibili, ma poiche' il supporto dei dati osservativi e' ancora estremamente scarso e limitato, ogni deduzione prematura apparirebbe come un'illazione piu' che un risultato scientifico.

Molte domande sono ancora senza risposta. In che misura il red-shift delle galassie e' veramente dovuto ad effetto doppler (e quindi a un allontanamento) e in che misura dipende da altri effetti? sembra piu' probabile l'effetto doppler, ma qualcuno sostiene ancora che dal punto di vista teorico potrebbe sussistere il caso opposto.

Anche l'ipotesi dello 'stato stazionario' dell'universo (secondo cui la quantita' di energia persa si ricrea) non e' escludibile a priori, e ha ancora i suoi sostenitori.

I progressi della fisica, che spesso anziche' dare risposte creano nuove ipotesi, stimolano comunque a nuove ricerche.

Massicci lavori statistici negli ultimi anni hanno cercato di dare un valore ai parametri delle equazioni di campo dei modelli a pressione nulla (densita' di materia nell'universo, parametro di decelerazione e curvatura spaziale), ma le statistiche spesso si basano su paragoni con oggetti osservabili vicini, e quindi finiscono per interpolare quantita' incognite basandosi su dati notevolmente incerti.

Si e' arrivati al punto di sopperire alla mancanza di informazioni su certe possibilita' teoriche introducendo dei "principi" imposti a mo' di postulati, che non fanno che rendere ancora piu' evidente l'insufficienza di dati disponibili.

Se poi si tenta di seguire a ritroso verso stadi primevi l'espansione dell'universo, le temperature aumentano e con esse le difficolta', in

quanto il fluido a temperature elevate non segue piu' le usuali leggi fisiche.

Una questione importante e sempre aperta riguarda poi la possibilita' o meno della rotazione. Nel fluido cosmico in rotazione le linee temporali si chiudono, e il tempo ritorna su se stesso. D'altra parte, in assenza di rotazione ci si trova nella infelice condizione che le equazioni di campo, viaggiando a ritroso con l'espansione, portano l'universo a confluire in un punto nel quale semplicemente scompare... lasciando i ricercatori in profonda costernazione.

Per evitare questo fenomeno (detto "singolarita' iniziale"), si deve ammettere una rotazione almeno in tempi remoti, ma questo costringe ad accettare che il tempo possa retrocedere, ipotesi che e' malvista da certi teorici fino al punto di indurli a creare altri "principi". Il fatto e' che probabilmente le equazioni di campo non sono del tutto in grado di descrivere l'evoluzione completa dell'universo a partire dagli stadi primevi.

Comunque sia, le incertezze e i problemi, come sempre nel corso della storia dell'uomo, non fanno che stimolare a nuove ricerche, e col progredire delle tecniche e soprattutto della quantita' di dati osservabili, forse certe domande avranno un domani una risposta.

Per il momento la cosmologia sta mettendo a dura prova diversi rami della scienza, ma dobbiamo onestamente riconoscere che il cammino da compiere per giungere a qualche certezza e' appena agli inizi e sara' ancora molto, molto lungo.
