

## Universo

### Energia e materia

#### La materia oscura

Ad oggi non sappiamo ancora di che cosa sia fatta la maggior parte del nostro Universo! Sono state raccolte svariate prove dell'esistenza di una materia invisibile che tiene legate gravitazionalmente galassie e ammassi di galassie, il suo nome è appunto materia oscura. Essa costituisce circa il 90 % della materia presente nell'Universo. La sua natura resta ancora sconosciuta, tuttavia la sua presenza viene rivelata da alcuni effetti indiretti prodotti nello spazio circostante:

##### 1) **Rotazione delle galassie a spirale**

Se in una galassia a spirale si osserva l'andamento della velocità di rotazione delle stelle in funzione della distanza dal centro galattico, si scopre che a grandi distanze anziché diminuire, la velocità resta alta. Questo fenomeno si spiega ammettendo l'esistenza di altra materia, non visibile, che produce un forte campo gravitazionale che fa aumentare la velocità.

##### 2) **Distribuzione di velocità negli ammassi di galassie**

Un ammasso è stabile se possiede una massa sufficiente a tenere legate al suo interno le galassie, e inoltre quest'ultime devono possedere una velocità non superiore a un limite preciso di stabilità.

Si è scoperto che in molti ammassi le galassie possiedono velocità molto superiori a questo limite, ma continuano a mantenere una struttura stabile. Questo implica che debba esistere un campo gravitazionale molto intenso in grado di tenerle legate. Tale campo non si spiega considerando la materia osservabile.

L'ammasso deve essere quindi tenuto insieme da una materia invisibile, molto più abbondante di quella luminosa.

##### 3) **Le lenti gravitazionali**

Le lenti gravitazionali sono oggetti o gruppi di oggetti dotati di una massa enorme, il cui campo gravitazionale è così intenso da deviare il percorso dei raggi di luce che vi passano vicini. Il risultato è che, se una di queste "lenti" si trova tra noi e una sorgente di luce lontana (per esempio un quasar), si producono più immagini dello stesso oggetto. Questa sorta di illusione ottica, ci permette però di stanare l'eventuale oggetto oscuro responsabile della deviazione dei raggi. Ma da che cosa è costituita la materia oscura? Potrebbe trattarsi di materia ordinaria, per esempio pianeti o "nane brune", talmente piccoli da non innescare le reazioni di fusione nucleare al loro interno. Tuttavia, il numero di questi oggetti è molto più basso di quello necessario per poter spiegare gli effetti osservati della materia oscura.

Un'altra ipotesi è che si tratti di neutrini dotati di massa. Si ritiene infatti che i neutrini siano particelle prive di massa, alcuni recenti esperimenti però fanno pensare che siano dotati di una massa, anche se piccolissima (1/5000 della massa di un elettrone). Dato che i neutrini sono comunissimi e permeano l'Universo, basterebbero da soli per rendere conto degli effetti osservati della materia oscura. Un altro tipo di materia oscura possibile è costituita da particelle, la cui esistenza non è ancora stata provata, chiamate WIMPS (*Weakly Interacting Massive Particles*).

### Energia oscura

Recenti osservazioni indicano che l'Universo, contrariamente a quanto si pensi, non sta rallentando, come ci si aspetterebbe in un Universo dominato da materia, ma sta accelerando. Tali osservazioni vengono spiegate postulando un tipo di energia con pressione negativa: l'**energia oscura**. Secondo la teoria della relatività, l'effetto di tale pressione negativa produce una **forza antigravitazionale** (spinta) su larga scala e permette di colmare quella significativa porzione di massa mancante. I due possibili candidati al ruolo di energia oscura sono: la **costante cosmologica**, una densità d'energia costante che riempie tutto lo spazio e la quintessenza, un **campo** la cui densità d'energia varia nello spazio e nel tempo.

### Il modello inflazionario

Due oggetti distanti sono causalmente connessi, quando possono comunicare tramite un segnale e l'uno provocare un

effetto sull'altro. Gli effetti di questo segnale si percepiranno non istantaneamente, ma dopo un certo tempo, tanto maggiore tanto più distanti sono i due oggetti, poiché la velocità con la quale i segnali viaggiano nello spazio è finita. L'orizzonte causale rappresenta proprio la regione dello spazio-tempo in cui i due corpi sono in connessione causa-effetto.

L'Universo è costituito da addensamenti di galassie e regioni relativamente vuote, ma nel complesso appare omogeneo e isotropo (ossia uguale in tutte le direzioni). Come è possibile che regioni tra loro molto lontane, al di fuori dell'orizzonte causale, possiedano proprietà simili? Nemmeno la luce, che viaggia con la velocità massima, avrebbe potuto connettere causalmente tali regioni. A questa domanda diede una risposta, a partire dei primi anni '80, il fisico e cosmologo statunitense *Alan Guth*. Egli propose di modificare il modello classico del Big Bang, aggiungendo il fenomeno dell'inflazione (modello inflazionario): nei primi istanti dopo il Big Bang, l'Universo era di dimensioni talmente ridotte che le galassie potevano trovarsi in contatto causa-effetto, all'istante  $t = 10^{-35}$  s iniziò ad espandersi in maniera rapida e improvvisa e nel giro di 10-32 secondi aumentò le sue dimensioni di un fattore  $10^{50}$ . Successivamente l'espansione proseguì secondo quanto previsto dal modello standard del Big Bang.