

ENERGIA OSCURA

Nel 1998 tre astrofisici: Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt e Adam Riess fecero una scoperta che gli è valsa il Premio Nobel per la Fisica (2011).



Scoprirono che l'espansione dell'Universo dovuta al Big Bang, anziché rallentare, sta accelerando.

Ciò presuppone l'esistenza di una forma di energia che si oppone alla forza di gravità, che tenderebbe a far rallentare l'espansione; quest'energia, in analogia con la materia oscura, viene chiamata "energia oscura" (EO).

Nel modello cosmologico basato sul Big Bang, l'energia oscura è un esempio di energia a pressione negativa diffusa in tutto lo spazio.

L'introduzione dell'EO è attualmente il modo più accreditato fra i cosmologi per spiegare le osservazioni dell'Universo in espansione accelerata e per giustificare la frazione di massa-energia mancante.

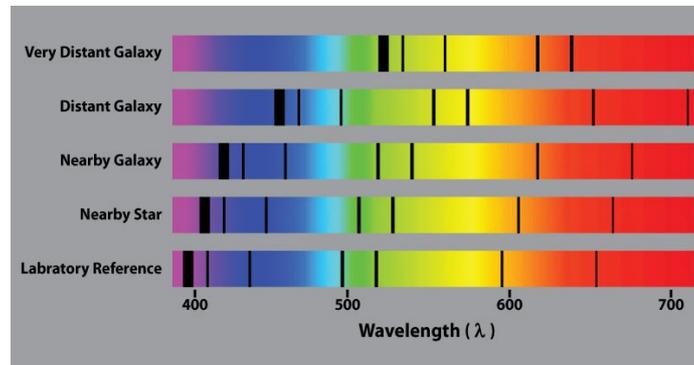
La teoria quantistica della materia (primi anni del '900) ha evidenziato che anche il vuoto possiede una ben definita energia, determinata dalle coppie di particelle e antiparticelle che si formano e si annichilano continuamente.

L'ipotesi dell'EO, oltre a giustificare l'esistenza di una forza antigravitazionale presente in tutto l'Universo, potrebbe anche rappresentare l'energia del vuoto prevista dalla meccanica quantistica.

Le supernove di tipo Ia offrono la miglior prova per l'esistenza di EO.

Applicando la legge dello spostamento verso il rosso (redshift) per misurare la velocità di allontanamento di tali supernove, si riscontra un aumento della loro velocità in misura direttamente proporzionale alla loro distanza:

$$v = H_0 \cdot r \quad H_0 \Rightarrow \text{costante di Hubble} = 71 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc} \approx 23 \cdot 10^{-19} \text{ s}^{-1}$$



Le osservazioni indicano che l' 'Universo non sta rallentando, come ci si aspetterebbe in un Universo dominato dalla materia ma, al contrario, sta accelerando; ciò porta a ipotizzare un tipo di energia con pressione negativa.

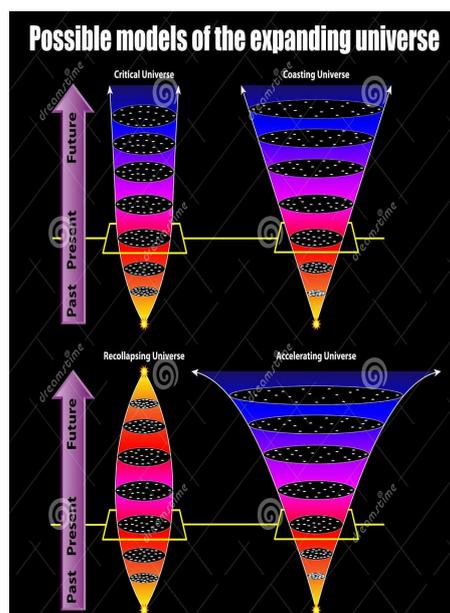
I cosmologi ipotizzano che l'accelerazione dell'espansione dell' 'Universo sia iniziata ≈ 4 miliardi di anni fa e ritengono che nella fase precedente, l'espansione fosse in decelerazione a causa della forza gravitazionale attrattiva esercitata dalla materia barionica e dalla materia oscura.

Le misurazioni precise dell'accelerazione dell'espansione dell' 'Universo possono rivelarsi decisive nella determinazione del suo destino ultimo nell'ambito della teoria del Big Bang.

E' stato calcolato che la densità della materia in un Universo in espansione dovrebbe ridursi più velocemente rispetto all'energia oscura e quindi questa prendere il sopravvento.

In particolare, quando il volume dell'universo raddoppia la densità della materia si dimezza, mentre l'energia oscura dovrebbe rimanere quasi invariata

L'esistenza di una forma di EO risolverebbe il problema della "massa mancante", intesa non come massa in senso stretto, ma come massa-energia ($\Delta E = c^2 \cdot \Delta m$).



Si ipotizzano quattro scenari alternativi.

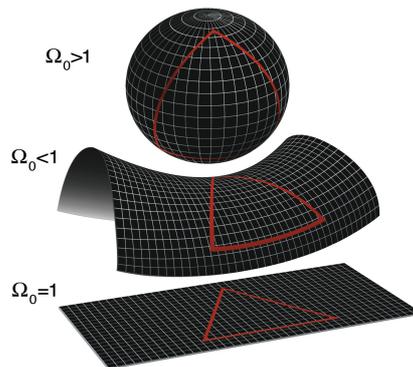
Uno suggerisce che l' Λ EO possa causare un'espansione "divergente" fino a dominare tutte le altre forze presenti nell'Universo; l' Λ EO distruggerebbe tutte le strutture legate alla gravità (stelle, galassie,...) e infine supererebbe le forze elettromagnetica e nucleare distruggendo gli atomi e facendo terminare l' Λ Universo con un "grande strappo": Big Rip.

Secondo un'altra ipotesi, l' Λ EO potrebbe scomparire con il tempo o addirittura diventare attrattiva, con la possibilità che la gravità diventi predominante e porti l' Λ Universo a una definitiva contrazione: Big Crunch.

Alcuni modelli, come quello dell' Λ Universo oscillante, prevedono che a ogni contrazione segua una nuova espansione in un susseguirsi ciclico: Big Bounce.

Un'altra ipotesi considera l' Λ Universo in espansione con accelerazione costante, quasi per inerzia; si avrebbe così un Λ Universo stazionario.

La meccanica relativistica prevede che l' Λ Universo in espansione possa avere tre possibili evoluzioni, a seconda della relazione tra la densità media di materia presente (ρ) e un valore detto "densità critica" (ρ_c).



$$\rho_c = 3 \cdot H^2 / 8 \cdot \pi \cdot G \approx 9,5 \cdot 10^{-27} \text{ kg/m}^3$$

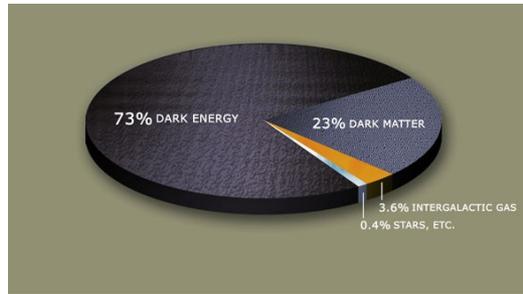
Ponendo: $\rho / \rho_c = \Omega$ si hanno queste soluzioni:

$$\rho < \rho_c \Rightarrow \text{Universo aperto} \quad \Omega < 1$$

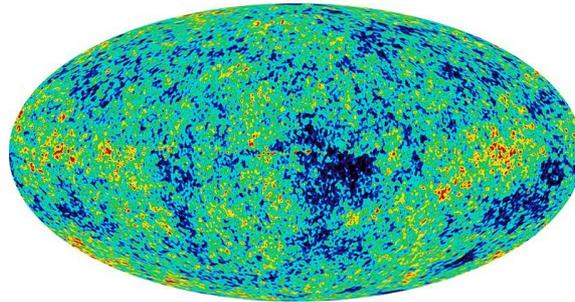
$$\rho > \rho_c \Rightarrow \text{Universo chiuso} \quad \Omega > 1$$

$$\rho = \rho_c \Rightarrow \text{Universo stazionario} \quad \Omega = 1$$

La teoria della nucleosintesi primordiale sulla formazione degli elementi leggeri (H, D, He, Li,..) e la teoria della struttura a grande scala dell' Λ Universo che regola la formazione di stelle, galassie, ammassi galattici,... suggeriscono che la densità d'energia dovuta alla materia presente nell' Λ Universo, costituita dalla materia barionica e dalla materia oscura, sia circa il 30% di quella necessaria per rendere l' Λ universo stazionario.



Misurazioni della radiazione cosmica di fondo effettuate dai satelliti WMAP (2001–10) e PLANCK (2009–13) indicano che l'Universo è molto vicino a una curvatura nulla ($\Omega = 1$); è quindi possibile concludere che una parte di energia non visibile, "oscura", debba costituire il restante 70% circa.



Radiazione cosmica di fondo, misurata dal satellite WMAP (2006). La mappa si riferisce a tutto lo spazio che ci circonda (centrato rispetto alla nostra galassia). Le zone con colori differenti corrispondono a zone con temperature (energie) differenti.