

La materia oscura nell'Universo

In astronomia è possibile rivelare un corpo celeste attraverso l'osservazione diretta, oppure misurando gli effetti che la sua presenza esercita su di un altro corpo. Si è così scoperta la cosiddetta *materia oscura*, cioè materia invisibile che può essere rivelata solo grazie agli effetti gravitazionali che essa esercita sugli altri corpi celesti. Di fatto la maggior parte (almeno l'80%) della materia contenuta nel nostro Universo è *materia oscura*. Essendo così abbondante, essa è anche la principale sorgente di forza gravitazionale del nostro Universo e pertanto ha giocato e gioca un ruolo importante nella sua formazione ed evoluzione.

Cortesia di NASA (A. Fruchter), STScI (S. Baggett, Z. Levay)



Abell 2218

Gli ammassi di galassie sono uno dei principali indicatori di materia oscura. Dal 1930, infatti, sappiamo che le galassie in ammasso hanno velocità molto elevate, e che per non lasciare l'ammasso e disperdersi nello spazio esse devono essere trattenute da una forza gravitazionale maggiore di quella deducibile dalla massa visibile nell'ammasso.

Un'evidenza più recente di materia oscura deriva dalle osservazioni con il telescopio spaziale *Hubble*. Esse hanno portato alla scoperta dei cosiddetti *archi gravitazionali*, fenomeno previsto dalla relatività generale di Einstein. Un esempio spettacolare è riportato nella **figura a sinistra**. L'ammasso *Abell 2218* agisce come una potente lente gravitazionale, che amplifica e distorce l'immagine di galassie poste molto più lontano, le quali assumono una forma ad arco attorno alle galassie più massicce dell'ammasso. La quantità di massa necessaria per produrre questo effetto di lente è molto maggiore della massa visibile sotto forma di galassie e gas.

L'importanza di questo fenomeno è duplice. Oltre a rivelarci la presenza di massa oscura, permette anche di studiare galassie deboli e lontane che, senza questo effetto di amplificazione, non sarebbero visibili con la strumentazione attuale.

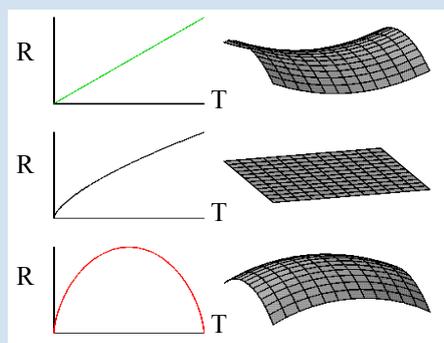
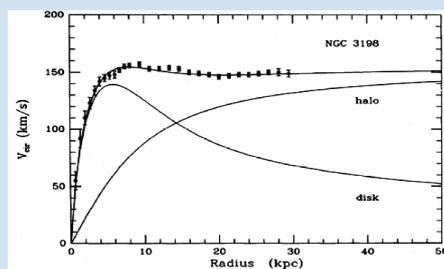
Un'altra prova importante della presenza di materia oscura deriva dall'analisi della rotazione delle galassie a spirale. Questo studio, iniziato attorno al 1970, si basa sul fatto noto che queste galassie ruotano attorno al loro centro di massa, così come i pianeti ruotano attorno al Sole, seguendo le leggi di Keplero: le diverse regioni delle singole galassie ruotano con velocità che dipendono dalla loro distanza dal centro galattico (rotazione *differenziale*, vedi pannello *Le galassie a spirale*) e dalla massa contenuta all'interno dell'orbita che percorrono. Con grande sorpresa si è scoperto che le velocità di rotazione misurate nelle zone più esterne delle galassie sono molto maggiori di quanto ci si aspetta sommando la massa delle stelle e del gas. Un esempio è riportato nella **figura a destra in alto**, che mostra la velocità di rotazione misurata a diverse distanze dal centro (punti) e quella prevista (linea denominata *disk*) per la galassia a spirale *NGC 3198*. Per spiegare le alte velocità nelle regioni più esterne si ipotizza l'esistenza di un alone di materia oscura, il cui contributo segue la linea denominata *halo*.

La materia oscura rappresenta un vero e proprio problema per gli astronomi. Non potendo osservarla direttamente, non si sa da che cosa sia formata e si stanno formulando alcune ipotesi. Al momento si sono individuate due grandi famiglie di possibili costituenti: materia oscura *barionica* e materia oscura *non barionica*. A sua volta la materia oscura non barionica può essere divisa in due famiglie: *materia oscura fredda* (*Cold Dark Matter*) e *materia oscura calda* (*Hot Dark Matter*). La materia oscura barionica sarebbe materia ordinaria come la conosciamo, ma raccolta sotto forma di oggetti compatti molto massicci la cui osservazione diretta è al momento impossibile o molto difficile. Esempi di questa famiglia sono stelle molto piccole e oggetti compatti collassati quali le nane bianche, le stelle di neutroni e i buchi neri (vedi pannello *Come muore una stella*). Purtroppo però non c'è prova che questi oggetti siano così abbondanti nell'Universo da fornire tutta la massa necessaria.

La materia oscura non barionica calda sarebbe costituita da particelle massive che viaggiano a velocità prossime a quella della luce (ad esempio *neutrini*). Il problema principale che presenta questa ipotesi è che tale materia sembra aver bisogno di troppo tempo per aggregarsi a formare le galassie. La materia oscura non barionica fredda rappresenta allo stato attuale l'ipotesi più accreditata. Tale materia potrebbe essere costituita da particelle sub-atomiche massive che viaggiano a una velocità molto minore di quella della luce (ad esempio il *folino* o il *neutralino*). Però nessuna di queste particelle è mai stata osservata fino a oggi.

La presenza di materia oscura nell'Universo influenza profondamente sia la geometria che l'evoluzione dell'Universo stesso. Nella **figura a destra in basso** sono riportate l'evoluzione del raggio dell'Universo (R) in funzione del tempo (T) e una rappresentazione grafica della geometria dell'Universo nel caso *chiuso*, *piatto* e *aperto* (dal basso verso l'alto, rispettivamente). Il nostro Universo continuerà a espandersi indefinitamente (caso aperto e piatto) o ricollasserà su se stesso dopo un certo tempo (caso chiuso) a seconda della quantità di materia oscura presente nell'Universo stesso.

Cortesia di MACHO Collaboration



Cortesia di N. Wright

Per saperne di più:

- <http://chandra.harvard.edu/resources/illustrations.html> (immagini in banda X)
- <http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pictures.html> (immagini Telescopio Spaziale Hubble)
- <http://www.nrao.edu/imagegallery/php/level1.php>
- Pannello La genesi dell'Universo