

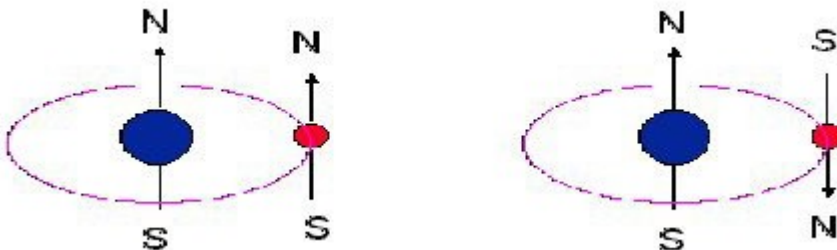
Le nubi interstellari (12/03/08)

Avendo parlato un po' dei meccanismi di emissione dell'infrarosso, e avendo capito perché l'infrarosso riguarda le molecole, piuttosto che gli atomi, ci manca solo un'ultima informazione prima di passare allo studio delle principali sorgenti infrarosse d'interesse astronomico. Bisogna introdurre la legge di Wien. Essa dice che un corpo nero di temperatura T emette uno spettro che raggiunge il massimo alla lunghezza d'onda $\lambda_{max} = 2898/T$, dove T è espressa in gradi Kelvin, e λ in micron. Per esempio, la temperatura del Sole è circa 6000 Kelvin, e dunque il massimo di luce è emesso a circa 0,5 micron, che corrisponde, come sappiamo, al colore giallo. Scendendo in temperatura, le stelle più fredde, attorno a 3000 Kelvin, emetteranno attorno a 1 micron. Un pianeta come la Terra, la cui temperatura è attorno a 300 Kelvin, emette attorno a 10 micron. La temperatura della radiazione di fondo è circa 3 °K, e dunque la sua emissione massima è a circa 1000 micron, ovvero un millimetro. A parte casi particolarissimi, non ci aspettiamo che un oggetto astronomico abbia una temperatura inferiore, e dunque le lunghezze d'onda infrarosse d'interesse astronomico si estendono tra circa 1 micron e circa 1 millimetro. Come curiosità, notiamo che le onde tra 1 mm e 30 cm vengono generalmente denominate *microonde*, e al di sopra di 30 cm si parla di *onde radio*.

Siccome le stelle sono studiate essenzialmente dall'astronomia nel visibile, già fin dai suoi inizi l'astronomia infrarossa prese in esame le nubi interstellari le quali, essendo fredde (temperature tra pochi °K e al massimo qualche decina di °K), emettono essenzialmente nell'infrarosso. Parliamo un po' di nubi.

Ce ne sono di diversi tipi. Dal punto di vista chimico, le più semplici sono quelle formate quasi esclusivamente di idrogeno ed elio. Le loro dimensioni possono essere enormi; si va da un minimo di circa 1 a.l. a centinaia di a.l. Malgrado siano addensamenti di materia, la loro densità è comunque estremamente bassa: da qualche decina a qualche decina di migliaia di atomi per cc. Comunque, le grandi dimensioni di queste nubi fanno sì che esse contengano molta massa: una nube sferica con raggio 1 a.l., con una densità media di soli 300 atomi/cc, ha una massa solare.

In questo tipo di nubi, quando la temperatura è molto bassa, l'idrogeno tende a combinarsi in molecole di H_2 , quasi completamente trasparente alla radiazione sia visibile che infrarossa, e dunque difficile da osservare, se non fosse per un dettaglio. Infatti, dove c'è molto H_2 , deve esserci anche idrogeno neutro. Il nucleo atomico dell'idrogeno è, come sappiamo, un protone, e il protone ha un suo piccolo campo magnetico (associato allo spin). Anche l'elettrone che ruota attorno al nucleo ha il suo piccolo campo magnetico, e quando i due spin sono diretti nello stesso verso, c'è una debolissima forza repulsiva tra protone ed elettrone.



Quando invece i due spin sono opposti, c'è una debolissima attrazione, per cui questa seconda condizione corrisponde a un'energia dell'elettrone un po' minore della prima. Come conseguenza, se un elettrone in un atomo d'idrogeno cambia stato da spin parallelo ad antiparallelo, emette un fotone con la corrispondente differenza di energia. Il fotone ha una lunghezza d'onda di 21 cm, ed è quindi nella regione di transizione tra le microonde e il radio. Osservando il cielo con rivelatori sensibili in questo intervallo di lunghezze d'onda, è dunque possibile individuare facilmente le nubi d'idrogeno freddo che, altrimenti, non sarebbero visibili in alcun modo. Comunque, questo tipo di

emissione non riguarda ancora l'infrarosso. Ma forse gli extraterrestri...

Chiediamoci come si formano le nubi di idrogeno molecolare, che vengono definite per l'appunto nubi molecolari. Esse emergono direttamente dal big bang, nel senso che possono rappresentare il residuo, ancora esistente ai nostri tempi, di condensazioni di gas che hanno dato luogo a galassie. Esse possono quindi essere presenti sia all'interno di una galassia, ma per i motivi che vedremo la prossima volta non ce ne aspettiamo molte, sia come aloni attorno alle galassie, laddove i processi di formazione stellare non sono stati ancora attivi, e in effetti è proprio lì che s'incontrano questi grandi accumuli di gas primordiale. Per esempio, l'immagine accanto illustra quel che si trova nei dintorni della galassia M31 in Andromeda, e la parte visibile nelle foto in luce ordinaria è solo il dischetto centrale vuoto. Ma ancor più interessante è quello che si trova nei vuoti intergalattici, in quanto sono state individuate delle nubi molecolari di dimensione galattica, che ancora non si sono condensate abbastanza da innescare al proprio interno i processi di formazione stellare. Nel corso dei prossimi miliardi di anni, queste nubi si accenderanno dando luogo a nuove galassie neonate, anche di grandi dimensioni. In ogni caso, non si tratta della "materia oscura", poiché la massa totale di queste galassie ancora in formazione è inferiore a quella delle galassie che si sono già formate.

Ragioniamo però su quello che succede a una nube molecolare che si trovi all'interno di una galassia, in una zona in cui siano presenti anche stelle. In primo luogo, la luce delle stelle può riscaldare l'idrogeno, dissociare le molecole e anche ionizzare gli atomi. In queste condizioni, la nube, da trasparente e invisibile, diventa luminosa, e ovviamente non si parla più di nube molecolare, ma di "regione H I" in caso di idrogeno neutro, oppure "regione H II" se l'idrogeno è ionizzato. Casi molto comuni di regioni H II sono le nebulose planetarie, in cui la ionizzazione dell'idrogeno è dovuta alla radiazione ultravioletta proveniente dalla stella centrale. Infatti, per ionizzare l'idrogeno, occorre radiazione ultravioletta di lunghezza d'onda 0,12 micron, e la temperatura di corpo nero associata è circa 25.000 °K. Però, bisogna fare molta attenzione su questo concetto: la stella centrale è molto calda ed emette più o meno come un corpo nero a 25.000 °K; la nebulosa planetaria continua a essere fredda, a pochi °K, però il suo idrogeno, essendo ionizzato, emette comunque luce, ma per emissione atomica. Ricordiamo questo concetto: l'emissione di corpo nero è quella a spettro continuo dovuta alla temperatura, l'emissione di righe è quella dovuta a transizioni atomiche, e non è necessariamente correlata con una temperatura alta. Infatti, in una nebulosa planetaria, il gas assorbe solo la riga corrispondente alla ionizzazione dell'idrogeno, e quindi non si scalda molto.

