

## STELLE T TAURI a cura di Roberto Perenna

T-Tauri è una stella variabile nella costellazione del Toro a 460 anni luce dalla Terra ed è il prototipo di una classe di oggetti che portano il suo nome. Si tratta di una **protostella**, cioè una stella che si sta formando, di circa un milione di anni di età. Ha una magnitudine apparente che oscilla tra 9,3 e 14 in modo non periodico e si trova in un sistema multiplo di tre stelle delle quali due sono visibili solo nell'infrarosso; si trova nei pressi della nebulosa a riflessione NGC 1555 alla quale sembrerebbe associata e che quindi potrebbe essere generata dalla protostella stessa.



T Tauri osservata nell'infrarosso

Le stelle T Tauri hanno masse e temperature simili a quelle del Sole, ma possono essere più grandi in termini di diametro e decisamente più luminose. Ruotano velocemente su sé stesse, tipicamente in pochi giorni (invece che in un mese circa come il Sole), e sono molto attive. Hanno campi magnetici estremamente intensi, che attraggono i gas vicini risucchiandoli lungo le linee di campo, provocando massicci brillamenti ed estese macchie sulla loro superficie. Le stelle T Tauri hanno, inoltre, emissioni di raggi X e radio intense e variabili, circa 1.000 volte superiori a quelle del Sole e molte hanno venti stellari estremamente potenti.

Le stelle T-Tauri si trovano nelle prime fasi di evoluzione, o di *Pre-Sequenza Principale* nel diagramma HR, e la maggior parte dell'energia emessa è originata dal collasso gravitazionale della nube molecolare, non dalle reazioni di fusione nucleare, perché il loro nucleo non ha ancora raggiunto le temperature minime di qualche decina di milioni di kelvin per attivare l'ignizione dell'idrogeno.

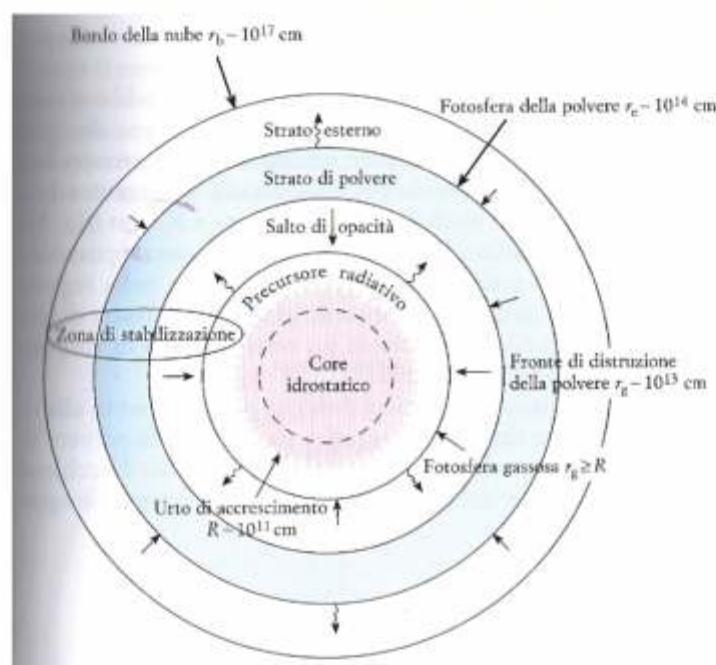
Il collasso gravitazionale in una nube molecolare si verifica a seguito di un addensamento di materia molto superiore a quella del mezzo circostante. Le cause di questo evento possono essere dovute alla compressione di gas caldi di una limitrofa regione HII (idrogeno ionizzato), oppure dal fronte d'urto propagato da una supernova, come si suppone essere successo per il Sole.

Se la massa in tale addensamento è superiore a quella critica, chiamata massa di Jeans e definita dalla relazione  $M_j = d - 2(P/G)^{3/2}$  (dove d è la densità, P la pressione gassosa e G la costante gravitazionale), allora inizia il collasso e la formazione della protostella. E' una fase non facile da osservare, ed è spesso individuata per l'emissione di radiofrequenza o la presenza di silhouette oscure più o meno regolari chiamate Globuli di Bock.

Una protostella è la parte più densa del nucleo di una nube gassosa di massa circa 10.000 masse solari, costituita quindi da gas e polveri che collassano sotto la loro stessa attrazione gravitazionale e che causano una continua attrazione di materia. Nelle sue prime fasi di vita, una protostella ha solo l'1% della sua massa finale, la quale incrementa grazie al materiale che precipita dalla nube. Dopo alcuni milioni di anni si innesca nel suo nucleo la fusione nucleare ed un fortissimo vento stellare spazza via le polveri residue circostanti. La protostella entra a quel punto nella sequenza principale.

I modelli teorici relativi a una nascente protostella devono rendere conto di tre problemi: il primo è di tipo energetico perché per trasformarsi in una stella stabile dovrà liberare energia gravitazionale; in secondo luogo, ogni nube possiede un momento angolare che si conserva per cui, man mano che avviene il collasso, la rotazione aumenta. Se non ci fosse modo di eliminare questo eccesso di momento angolare, le forze centrifughe arresterebbero il collasso sul piano equatoriale. Infine, la nube è anche sede di un campo magnetico, la cui intensità è amplificata dal collasso; anche questo può arrestare il processo sul piano equatoriale.

La possibile struttura di una protostella è rappresentata in figura. Il nucleo è la porzione indicata come **core idrostatico**, costituito da gas e la cui evoluzione è più o meno indipendente dagli strati esterni. In questi vi è presente la polvere (evaporata nella fase iniziale) e sono associati al nucleo stesso da un flusso di accumulo di materia.



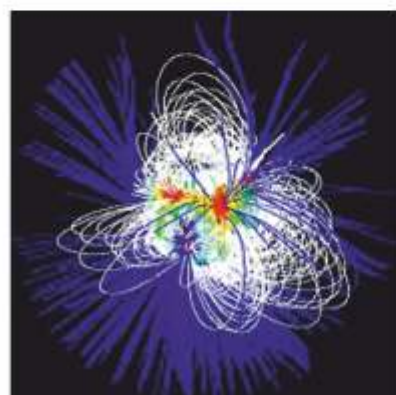
Possibile struttura di una protostella

All'interno della cosiddetta **fotosfera della polvere** la temperatura aumenta al diminuire della distanza dal centro per cui le polveri continuano a evaporare (la grafite lo fa a circa 2300 K), quindi il trasporto radiativo è determinato principalmente dalle proprietà del gas. Questo cade sul core idrostatico che si comporta come un corpo solido, per cui si ha un urto di accrescimento che ha l'effetto di dissipare l'energia cinetica della caduta. L'energia di legame gravitazionale viene così irraggiata e tale radiazione deve sfuggire passando attraverso la materia che si sta accumulando. In effetti è intrappolata dallo strato polveri e da questo riemesso efficientemente alla temperatura della fotosfera della polvere. Da questa descrizione è chiaro perché le protostelle

dovrebbero essere delle intense sorgenti infrarosse e anche come il primo problema viene risolto. Rimangono gli altri due, per i quali invece non c'è una soluzione chiara. Per il momento angolare, una potrebbe derivare dalla formazione di dischi gassosi di accrescimento intorno alla protostella.

Una seconda ipotesi si basa sul fatto che gas e polveri sono strettamente legati, e che la nube di gas rotante avvolga le linee di campo magnetico; la sua densità di energia, quindi, cresce e la forte pressione magnetica genera un'onda d'urto che si muove verso l'esterno, attraverso il plasma in caduta. La pressione magnetica cresce, l'avvolgimento del campo aumenta e, perciò, la conseguente pressione magnetica stessa sarà rilasciata. Il plasma, legato al campo magnetico, sarà quindi espulso lungo l'asse di rotazione dell'oggetto. Questa ipotesi risolve sia il problema del momento angolare, sia quella del campo magnetico e spiegherebbe la presenza dei getti di materia in questi giovani oggetti e anche la presenza di NGC 1555 vicino a T-Tauri.

Per quanto riguarda il vento, non appena la temperatura raggiunge il valore sufficiente perché i nuclei di idrogeno possano vincere la repulsione elettrostatica, si ha l'innesco delle reazioni di fusione nucleare di questo in elio, liberando 26 MeV per ogni nucleo di He prodotto. Questa energia, sotto forma di pressione radiativa, oltre a conferire la luminosità all'astro che si forma, stabilizza anche l'equilibrio con la gravità, andandosi a sommare alla pressione gassosa; essa svolge anche un'intensa azione repulsiva nei confronti del materiale diffuso circostante, generando negli strati superiori della neostella imponenti venti corpuscolari che, proiettati verso l'esterno, finiscono per ripulire lo spazio adiacente e arrestare ogni ulteriore accumulo di materia.



Il campo magnetico superficiale di SU Aurigae, una stella T Tauri

Alla fine, si forma attorno alla stella un disco a ciambella con diversa densità e composizione verso le parti più esterne.