

# \* NOVA \*

N. 487 - 21 LUGLIO 2013

ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI

## NUOVI STUDI SULLA FORMAZIONE DI SISTEMI PLANETARI

*Presentiamo due recenti studi sulla formazione di sistemi planetari, basati su dati raccolti dall'Osservatorio ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) in Cile (<http://www.almaobservatory.org/en/home>).*

### “TRAPPOLA PER LA POLVERE” VICINA A UNA STELLA GIOVANE

*Riprendiamo un Comunicato stampa ESO del 6 giugno 2013, <http://www.eso.org/public/italy/news/eso1325/>, relativo ad un ricerca di van der Marel et al, “A major asymmetric dust trap in a transition disk”, pubblicato sulla rivista Science nel giugno 2013.*

Alcuni astronomi, usando ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), hanno ripreso, vicino a una giovane stella, la regione in cui le particelle di polvere possono aggregarsi e quindi crescere. È la prima volta che viene osservata chiaramente e modellata una simile "trappola per la polvere". Si risolve un mistero di lunga data su come le particelle di polvere nei dischi stellari crescano fino a raggiungere dimensioni così grandi da formare, alla fine, comete, pianeti e altri corpi rocciosi. I risultati del lavoro vengono pubblicati dalla rivista Science il 7 giugno 2013.

Gli astronomi ora sanno che i pianeti si trovano in abbondanza intorno ad altre stelle. Ma non comprendono ancora fino in fondo come essi si formino e anche molti altri aspetti della formazione di comete, pianeti e altri corpi rocciosi sono ancora oscuri. Ora le nuove osservazioni, che sfruttano la potenza di ALMA, stanno rispondendo a una delle più importanti tra queste domande: come fanno i minuscoli grani di polvere nel disco intorno a una stella giovane a diventare sempre più grandi - fino a diventare sassolini e oltre, fino a massi ben più grandi di un metro?

Modelli numerici suggeriscono che i grani di polvere crescano quando entrano in collisione e rimangono attaccati tra loro. Ma quando questi grani più grandi si scontrano di nuovo ad alta velocità, spesso vengono distrutti e si ritorna al punto di partenza. Anche quando ciò non accade, i modelli mostrano che i grani più grandi si muovono velocemente verso l'interno a causa dell'attrito tra la polvere e il gas e cadono sulla stella madre, eliminando ogni possibilità di crescere ulteriormente.

In qualche modo la polvere ha bisogno di un rifugio sicuro dove le particelle possono continuare a crescere finché sono abbastanza grandi per sopravvivere da sole [1]. Tali "trappole per la polvere" erano state proposte ma finora non c'era nessuna prova osservativa della loro esistenza.

Nienke van der Marel, una studentessa di PhD al Leiden Observatory nei Paesi Bassi e prima autrice dell'articolo, stava usando ALMA insieme con i suoi collaboratori per studiare il disco di un sistema noto come Oph-IRS 48 [2]. Essi trovarono che la stella era circondata da un anello di gas con un foro centrale probabilmente creato da un pianeta non visibile o da una stella compagna. Osservazioni precedenti con il VLT (Very Large Telescope) dell'ESO avevano già mostrato che le piccole particelle di polvere formavano anch'esse un'analogia struttura ad anello. Ma la nuova visuale data da ALMA della zona in cui si trovano le particelle di polvere più grandi, di dimensioni dell'ordine del millimetro, era molto diversa!

"All'inizio la morfologia della polvere come appariva nell'immagine è stata una vera sorpresa", dice van der Marel. "Invece dell'anello che ci aspettavamo di vedere, trovammo una struttura con la chiara forma di un anacardio! Abbiamo dovuto convincerci che la forma fosse reale, ma il segnale forte e la nitidezza delle osservazioni di ALMA non lasciavano dubbi sulla struttura. Ci siamo quindi resi conto di quello che avevamo trovato."

Quello che avevano scoperto era una regione dove i grani di polvere più grandi sono rimasti intrappolati e possono crescere fino a diventare più grandi per mezzo di collisioni che li fanno rimanere incollati tra loro. Questa era la "trappola per la polvere" - esattamente quello che i teorici stavano cercando.

Come spiega van der Marel: "È probabile che stiamo guardando una sorta di fabbrica di comete, poiché le condizioni sono adatte per far crescere le particelle da un millimetro alla dimensione di una cometa. La polvere non produrrà probabilmente oggetti di dimensione planetaria a questa distanza dalla stella. Ma nel prossimo futuro ALMA sarà in grado di osservare questa sorta di cattura-polvere più vicino alla loro stella madre, dove sono in funzione gli stessi meccanismi. Queste "trappole" sarebbero veramente le culle dei nuovi pianeti neonati".

Le trappole per la polvere si formano quando le particelle di polvere più grandi si muovono in direzione delle regioni di pressione più alta. Modelli al computer hanno mostrato che queste regioni di alta pressione possono originarsi dal moto dei gas al bordo di un disco - proprio come quello trovato nel disco.

"La combinazione di un lavoro teorico sui modelli con le osservazioni di alta qualità che ALMA ci fornisce rende questo un progetto unico nel suo genere", aggiunge Cornelis Dullemond dell'Institute for Theoretical Astrophysics di Heidelberg, Germania, un esperto di evoluzione della polvere e modelli di disco, oltre che un membro della squadra. "Al tempo in cui queste osservazioni sono state ottenute, stavamo lavorando su modelli che prevedevano esattamente queste strutture: una coincidenza molto fortunata".

Le osservazioni sono state effettuate durante la fase di costruzione di ALMA. Sono stati usati i ricevitori della Banda 9 di ALMA [3] - dispositivi costruiti in Europa che permettono ad ALMA di creare le immagini finora più nitide.

"Queste osservazioni mostrano che ALMA è in grado di produrre scienza innovativa, anche usando meno di metà dell'intera schiera di antenne", sostiene Ewine van Dishoeck del Leiden Observatory, uno dei maggiori contributori al funzionamento di ALMA per più di 20 anni. "Il salto incredibile sia in sensibilità che in nitidezza dell'immagine nella Banda 9 ci dà l'opportunità di studiare aspetti fondamentali della formazione dei pianeti in modi semplicemente non possibili fino ad oggi."

## Note.

[1] La causa dell'intrappolamento della polvere, in questo caso un vortice nel gas del disco, ha una durata tipica di centinaia di migliaia di anni. Anche quando la trappola non funziona più, la polvere ivi accumulata impiegherebbe milioni di anni per disperdersi, dando perciò tempo ai grani di polvere di diventare più grandi.

[2] Il nome è una combinazione del nome della costellazione della zona di formazione stellare in cui si trova il sistema e del tipo di sorgente, per cui Oph indica la costellazione di Ofiuco, mentre IRS indica che si tratta di una sorgente infrarossa. La distanza tra Terra e Oph-IRS 48 è di circa 400 anni luce.

[3] ALMA può osservare in diverse lunghezze d'onda. La Banda 9, a lunghezze d'onda dell'ordine di 0,4 - 0,5 millimetri, è quella che fornisce le immagini più nitide.

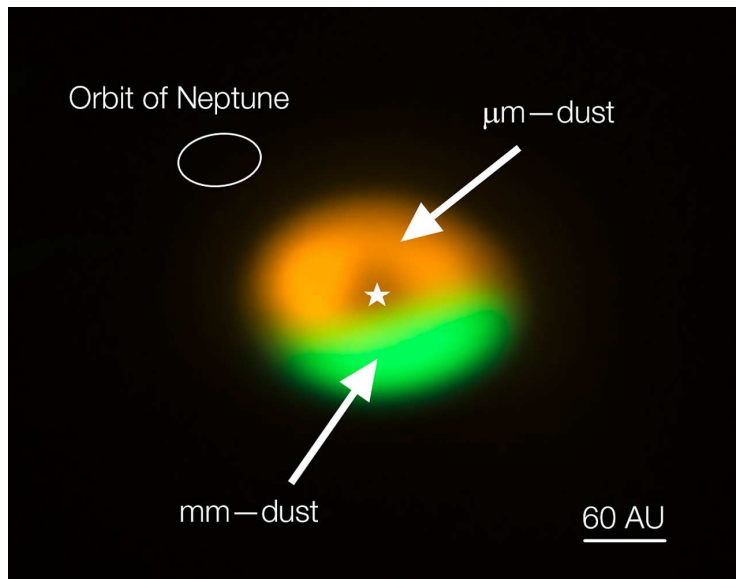
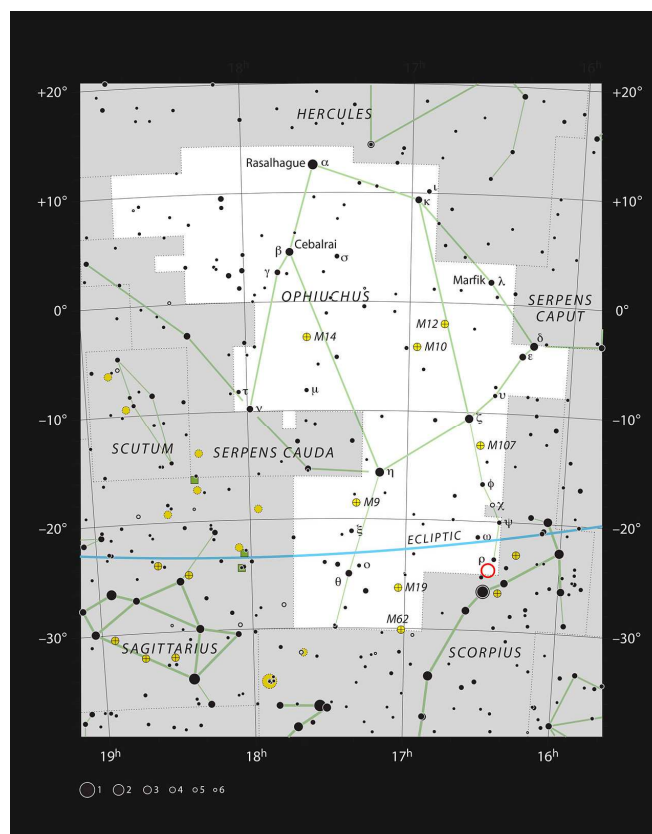


Immagine di ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) che mostra la trappola per la polvere nel disco che circonda il sistema Oph-IRS 48. La trappola offre un rifugio sicuro per le minuscole particelle del disco e permette loro di aggregarsi e crescere fino a dimensioni che permettano loro di sopravvivere da sole. La regione in verde è la trappola, dove le particelle più grandi si accumulano. Nell'angolo in alto a sinistra è indicata la dimensione dell'orbita di Nettuno per dare un'idea della scala. (Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Nienke van der Marel)



La carta mostra la grande costellazione di Ofioco. Sono indicate la maggior parte delle stelle visibili a occhio nudo in un cielo buio; un cerchio rosso indica l'ubicazione del sistema Oph-IRS 48. (Credit: ESO, IAU e Sky & Telescope)

## IDENTIFICATA LA 'LINEA DELLA NEVE' DEL MONOSSIDO DI CARBONIO IN UN GIOVANE SISTEMA PROTOPLANETARIO

Riprendiamo, con autorizzazione, da MEDIA INAF del 18/07/2013, <http://www.media.inaf.it/2013/07/18/la-dove-ghiaccia-il-monossido-di-carbonio/>, un articolo di Marco Galliani.

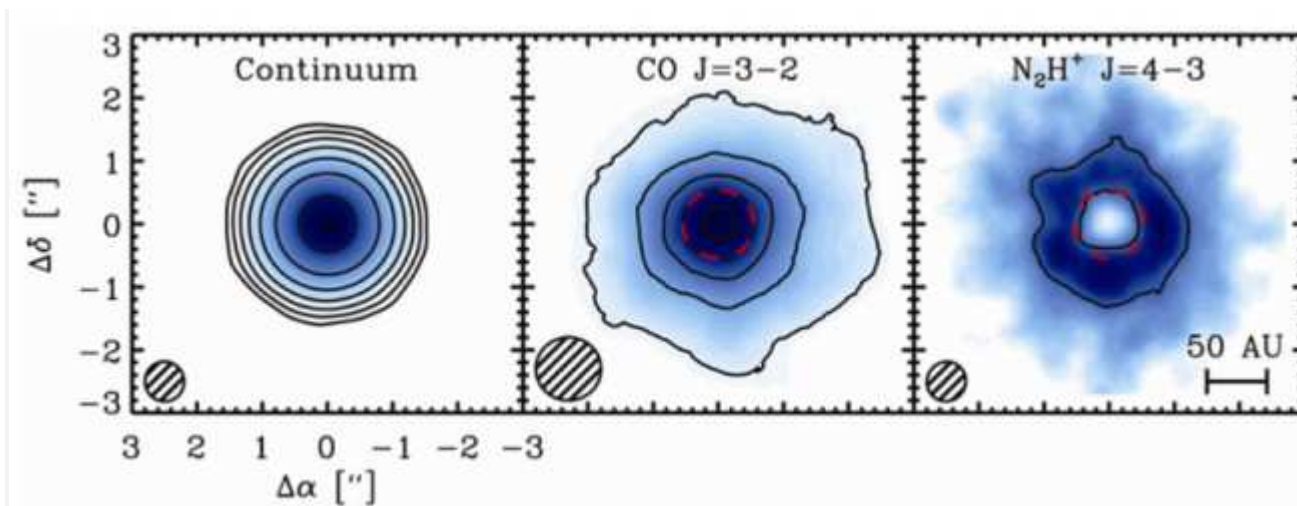


Immagine artistica del gelido disco di formazione planetaria intorno alla giovane stella TW Hydrae, a circa 175 anni luce di distanza nella costellazione dell'Hydra.  
(Credit: ESA/NASA/JPL-Caltech/Leiden Observatory)

Non è certo dietro l'angolo, ma per gli astrofisici TW Hydrae è comunque il miglior esempio di sistema planetario in formazione a noi noto. Attorno alla stella che gli dà il nome, grande all'incirca come il Sole e distante 176 anni luce, si trova un disco ricco di gas e polveri dove piccoli granelli di ghiaccio 'sporco' si stanno ammassando per formare oggetti sempre più grandi e, forse, anche pianeti. Una specie di *replay* di quello che avvenne circa quattro miliardi di anni fa, quando prese forma il nostro Sistema solare. Ma il disco di TW Hydrae possiede un'altra fortunata peculiarità: quella di essere quasi perfettamente perpendicolare alla nostra linea di vista. Un grosso vantaggio che permette di scandagliarne la struttura e la composizione in modo piuttosto dettagliato, dalla sua periferia fino alle regioni più interne.

Proprio come hanno fatto nel loro lavoro appena pubblicato online su *Science Express* un gruppo di ricercatori guidato da Chunhua Qi dell'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics di Cambridge, negli USA, e Karin Öberg dell'Università della Virginia, sempre negli Stati Uniti. Il team si è concentrato sull'individuazione della cosiddetta "linea della neve" della molecola del monossido di carbonio (CO), ovvero la zona oltre la quale questa molecola si trova a una temperatura così bassa da passare dallo stato gassoso a quello solido. Per far questo hanno sfruttato le osservazioni del telescopio ALMA (l'Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) in Cile per mappare la presenza e la distribuzione nel disco attorno a TW Hydrae di una molecola molto reattiva, composta da due atomi di azoto e un protone (N<sub>2</sub>H<sup>+</sup>), dall'esotico nome di diazenylium.

La scelta è caduta su questa molecola perché è una sorta di antagonista del monossido di carbonio, la cui emissione è assai difficile da individuare con un'elevata precisione spaziale. In pratica, il diazenylium è abbondante solo dove il CO allo stato gassoso è quasi del tutto assente poiché è passato alla fase solida sotto forma di ghiaccio. Con questo accorgimento, osservando dove si concentra l' $\text{N}_2\text{H}^+$  si può determinare quindi la zona in cui ghiaccia il monossido di carbonio e tracciare così il profilo della sua "linea della neve". L'analisi della distribuzione della molecola di diazenylium ha portato a individuare questo confine alla distanza di circa 30 unità astronomiche dalla stella (4 miliardi e mezzo di chilometri), approssimativamente lo spazio che separa Nettuno dal Sole.



Osservazioni della polvere, del monossido di carbonio e della molecola di  $\text{N}_2\text{H}^+$  del disco protoplanetario di TW Hydrae. Da sinistra: mappa a 372 GHz prodotta da ALMA, distribuzione del CO ottenuta con SMA e infine quella dell' $\text{N}_2\text{H}^+$  ottenuta dalle osservazioni di ALMA.

“La questione affrontata nell’articolo riguarda la cosiddetta *snow-line* (linea della neve) cioè il limite oltre il quale una specie molecolare lascia la fase gassosa per depositarsi sulla superficie dei grani di polvere. In parole povere, come ci si allontana abbastanza dalla protostella, la temperatura è sufficientemente bassa per fare congelare le specie molecolari. Va da sé che in questa regione è facilitato il processo di formazione di particelle di polvere sempre più grandi (e chimicamente ricche) per arrivare, dopo un lungo, complicato, e non del tutto compreso processo, ai pianeti” commenta Claudio Codella, dell’INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri”.

Ultimamente si era studiata la *snow-line* dell’acqua, molecola ovviamente fondamentale per lo studio di sistemi planetari, in due dischi: lo stesso TW Hydrae e DG Tauri (quest’ultimo grazie ad un coinvolgimento di ricercatori INAF (v. <http://www.media.inaf.it/2013/02/22/quanta-acqua-intorno-a-dg-tau/>). Qi e collaboratori ora mostrano in TW Hydrae la *snow-line* del CO, che è la specie molecolare più abbondante dopo l’ $\text{H}_2$ . In pratica, gli autori tracciano la distribuzione spaziale dell’ $\text{N}_2\text{H}^+$ , uno ione che si distrugge velocemente in presenza di CO in fase gassosa. Le immagini ALMA sono spettacolari mostrando un anello centrato attorno alla stella che identifica in maniera magistrale il punto dove il CO comincia a depositarsi sui grani.

Il contributo di Qi e collaboratori è un piccolo assaggio di quello che il nuovo interferometro ALMA può e potrà fare in futuro per il campo dello studio della formazione di stelle di tipo solare. In particolare, l’alta sensibilità (ottenuta grazie ad una ventina d’antenne che diventeranno più di sessanta) e ottenute nella finestra (sub-)millimetrica, combinata con l’alta risoluzione angolare (frazioni di secondo d’arco) permetterà di investigare come mai prima il gas molecolare associato con sistemi proto-planetari, come è il caso di TW Hya. Il prossimo passo sarà sperabilmente quello di localizzare l’eventuale presenza di molecole organiche complesse, cioè i mattoni usati da una chimica pre-biotica”.

MARCO GALLIANI