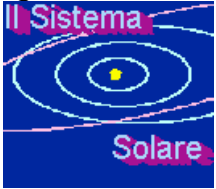


Sezione

Il Sistema Solare

Testo Parte IV

<p>Argomenti trattati</p>  <p>FORMAZIONE DEL SISTEMA SOLARE</p>	<p>La formazione del Sistema Solare</p> <p>La teoria di Laplace</p> <p>Obiezioni alla Teoria di Laplace</p> <p>Il Sistema Solare: la nebulosa protoplanetaria</p>	<p>Il Sistema Solare: la formazione dei planetesimi</p> <p>Il Sistema Solare: la formazione dei pianeti</p> <p>Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare</p>
---	---	--

La formazione del Sistema Solare.

Fino agli inizi del XX secolo, con le prime osservazioni di W. Herschel relative alla struttura della Galassia, quasi tutta l'Astronomia riguardava il Sistema Solare ed in particolare era concentrata sullo studio del moto dei pianeti che lo compongono.

I primi tentativi di formulare una teoria consistente della formazione del Sistema Solare risalgono alla teoria "catastrofica" di Kant e Laplace.

Lo studio della dinamica dei pianeti e la sempre maggior conoscenza dei corpi celesti che lo compongono, ed in particolare quelli cosiddetti "minori" asteroidi e comete, ha permesso il superamento e la riformulazione della teoria originaria di Kant e Laplace.

Negli ultimi decenni l'enorme aumento di dati ed immagini relative ai corpi del Sistema Solare ha permesso la formulazione della *"Teoria della Nebulosa Molecolare Primitiva"*.

Abbandonato il modello di Laplace si è sviluppata la *"Teoria della Nebulosa Molecolare Primitiva" di formazione del Sistema Solare.*

La teoria di Laplace.

● La teoria di Laplace

Un primo tentativo per dare una risposta al problema della formazione planetaria fu tentato da Laplace (1749-1827). L'idea base consisteva nell'ipotesi che i pianeti si erano formati utilizzando lo stesso "materiale" che aveva formato il Sole.



Si trattava soltanto di stabilire se tale materiale :

era quello non utilizzato nel processo di formazione solare

oppure

era stato successivamente espulso dal Sole

Si possono fare evidenti obiezioni a questo modello che è stato detto *"Teoria Catastrofica" di formazione del Sistema Solare.*

Obiezioni alla teoria di Laplace.



Il primo caso riguarda l'ipotesi che il materiale utilizzato nella formazione del Sistema Solare non era lo stesso che formato il Sole.

Dal momento che il Sole costituisce la maggior parte della massa del Sistema Solare, si sarebbe dovuto "trascinare" dietro anche la maggior parte del momento angolare. Avvenne

Iperastro- Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare-Parte IV

invece proprio il contrario in quanto il 99.5 % del momento angolare (sia di rivoluzione che di rotazione dei futuri pianeti) è detenuto dai pianeti che hanno solo 1/750 della massa complessiva !



Nella seconda possibilità il materiale utilizzato nella formazione del Sistema Solare era stato espulso dal Sole.

Secondo questa ipotesi l'unica possibilità di "estrarre" materiale dal Sole è tramite una azione mareale dovuta ad un incontro ravvicinato con un altro corpo celeste. Dapprima si pensò che le comete fossero in grado di produrre questa forza di marea ma poi si scoprì che esse erano oggetti molto piccoli e che non avevano alcuna possibilità di produrre sul Sole effetti così devastanti. Rimaneva l'ipotesi di un incontro con un'altra stella ma un tale evento appare, date le enormi distanze, talmente improbabile da rendere questo secondo meccanismo poco plausibile.

Oggi la teoria di Laplace è stata abbandonata e la teoria dominante è quella della "*nebulosa molecolare primitiva*".

Il Sistema Solare: la nebulosa protoplanetaria.

●La nube protoplanetaria.

L'idea di una nube primigenia per l'origine del Sistema Solare risale a Cartesio e fu ripresa da Kant e Laplace alla fine del settecento. Oggi si ritiene che il Sistema Solare si sia formato *circa 4 miliardi e mezzo di anni fa* e che vi fosse, nella zona della Via Lattea corrispondente all'attuale Sistema Solare, una fredda nube molecolare in rotazione su se stessa. La sua composizione doveva essere prevalentemente di Idrogeno, Elio ed in percentuali minori, qualche per cento, di elementi più pesanti. La formazione di un nucleo di condensazione ha determinato una concentrazione di materia che, sotto l'effetto della propria autogravità, è collassata producendo una o più sottostrutture.

●Che cosa ha innescato la instabilità gravitazionale ?

Secondo una delle ipotesi più ricorrenti una causa esterna, ad esempio l'esplosione di una supernova vicina alla nube primordiale, ha compresso la nube stessa determinando la massa minima (*massa di Jeans*) necessaria affinché le forze gravitazionali possano causarne la contrazione senza più alcun contributo esterno.

●Le prime fasi della contrazione gravitazionale

L'astronomia infrarossa ha permesso di ottenere prove relative alla formazione di stelle nelle nubi molecolari, come ad esempio nella nebulosa di Orione. Queste osservazioni mostrano la esistenza di corpi luminosi che si possono considerare delle vere e proprie *protostelle*. Si tratta delle *stelle T-Tauri* che sono circondate da un mezzo tenue di gas e polveri in moto turbolento. Se l'ipotesi di "perdita di massa" è vera ecco che si potrebbe avere una fase di "vento stellare" in cui la protostella perde parte della sua massa originaria.

Iperastro- Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare-Parte IV

●Il proto-sole

Non è certo che anche il Sole, nella sua *fase protostellare*, fosse una stella di tipo T-Tauri in quanto queste stelle hanno almeno 3 volte la massa del Sole. È però ragionevole supporre che il Sole possa avere avuto una fase di vento stellare tale da produrre una perdita fino al 50 % della sua massa originaria.

Il Sistema Solare: la formazione dei planetesimi.

All'interno della *nebulosa originaria* inizia la fase di contrazione. L'azione combinata della rotazione della nebulosa con la contrazione porta alla formazione, in circa **100 000 anni**, di un sottile disco circolare piuttosto appiattito. Il momento angolare è ancora tutto concentrato nel proto-sole.

La nebulosa proto-sole + disco è composta da Idrogeno, Elio ed altri gas ma anche da polvere, grani di silicati, ferro e ghiaccio. I granuli sono essenziali in quanto la loro interazione con le molecole di gas in moto turbolento ne ha determinato la loro continua aggregazione. Si sono così prodotti, tramite le loro reciproche collisioni, una serie di aggregati sempre più consistenti per dimensioni e forma.

Con il tempo l'aggregazione si è fatta sempre più significativa sino a produrre, nel vortice primordiale, della vera e propria materia solida. Ciò ha portato alla formazione dei *planetesimi*, oggetti già sufficientemente massicci e con dimensioni sino a qualche km. Il fenomeno di aggregazione continuò anche per i planetesimi i quali orbitavano a migliaia quasi sullo stesso piano dell'orbita e strutturati in anelli analoghi a quelli oggi osservati attorno a Saturno.

●**Nella regione degli attuali pianeti esterni.** Oltre le 4 U.A. le collisioni favorirono la aggregazione in corpi più grandi, ma poiché le temperature erano molto più basse delle regioni interne, furono favorite le condensazioni di acqua ammoniacca ed altre specie volatili.

●**Nella regione degli attuali pianeti interni.** Entro un raggio di 4 U.A. i corpi di dimensioni dell'ordine del km si accumularono per circa 100000 anni sino a formare oggetti grandi quanto l'attuale Luna mentre il gas interplanetario veniva spazzato via.

●**La zona centrale della nebulosa.** Nel frattempo la zona centrale della nebulosa era diventata così calda e densa da produrre *l'inesco delle reazioni termonucleari*.

Il Sistema Solare : la formazione dei pianeti.

Prima di entrare nella fase attuale di bruciamento dell'Idrogeno in Elio, il Sole, come già si è accennato, ha probabilmente sviluppato un potente vento solare che ha spazzato via le polveri rimaste nel Sistema Solare ed anche le atmosfere primitive dei pianeti interni.

●Formazione dei pianeti giganti esterni

Nella regione esterna i residui di gas, prelevati dalle regioni interne della nebulosa protoplanetaria, andarono accumulandosi attorno alle strutture di roccia e ghiaccio dei planetesimi. In questo modo si originarono i grandi pianeti gassosi Giove, Saturno, Urano e

Iperastro- Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare-Parte IV

Nettuno.

● **Formazione dei pianeti terrestri interni**

Nelle vicinanze del Sole invece rimasero oggetti con materiale prevalentemente roccioso quali Mercurio, Venere, la Terra e Marte.

Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas).

1 fase : Il processo di formazione planetario inizia dalla *nube molecolare primordiale* di gas e polvere

2 fase : in seguito si sviluppa una sottile *concentrazione di polvere e piccoli corpi solidi* nel piano centrale del disco

3 fase : ne risulta una serie di *instabilità gravitazionale* sulle piccole scale

4 fase : le instabilità gravitazionali producono i *planetesimi*: dei pianeti embrionali che iniziano a urtarsi tra di loro

5-6-7 fase : durante la fase di *crescita dei planetesimi* si possono aversi due tipi di accrescimento:

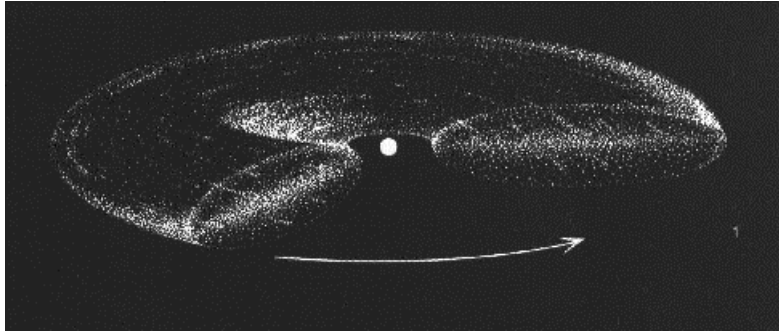
1. *si può verificare un "incontro ravvicinato" tra due o più planetesimi che aumentano le relative velocità radiali*
2. *oppure le collisioni producono un singolo planetesimo in un'orbita ellittica.*

In entrambi i casi *le velocità radiali dei planetesimi* (che comunque risentono di collisioni che però sono sempre meno numerose all'aumentare del processo di aggregazione) si riducono. In questo modo, diminuendo la probabilità delle collisioni, le orbite tendono sempre di più alla circolarità.

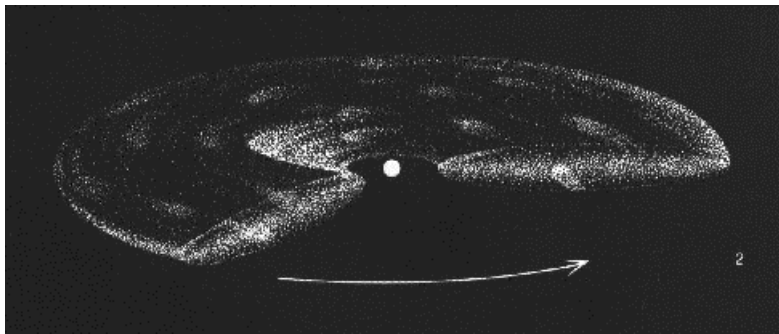
8 fase : l'ultima fase mostra lo stato del sistema così come apparirebbe alla *fine del processo di aggregazione dei planetesimi*, che non necessariamente corrisponde alla situazione attuale del Sistema Solare.

Iperastro- Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare-Parte IV

Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas): 1^a fase.



Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas): 2^a fase.

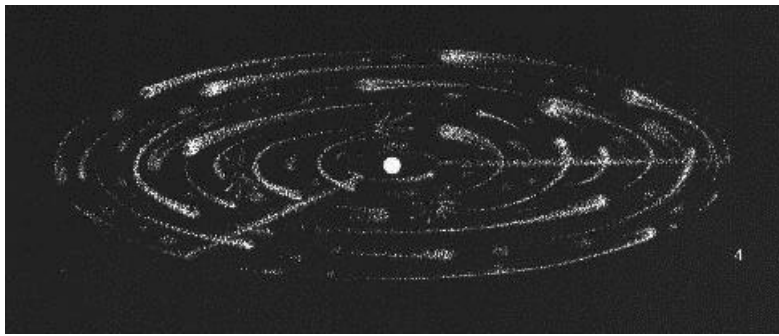


Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas): 3^a fase.

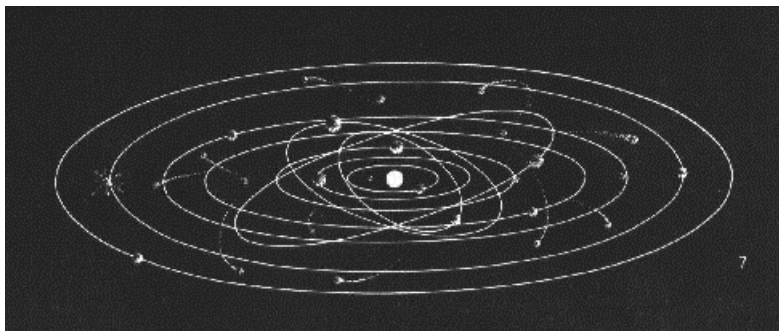
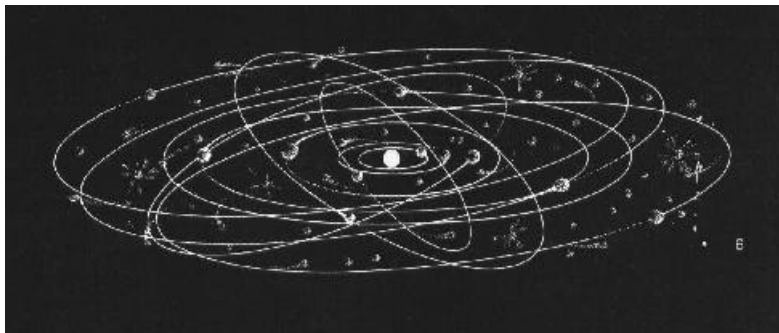
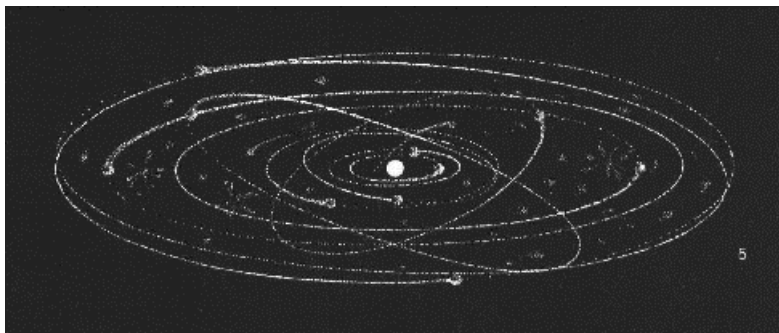


Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas): 4^a fase.

Iperastro- Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare-Parte IV



Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas): fasi 5-6-7.



Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare (da The Cambridge Atlas): 8ª fase.

Iperastro- Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare-Parte IV

