

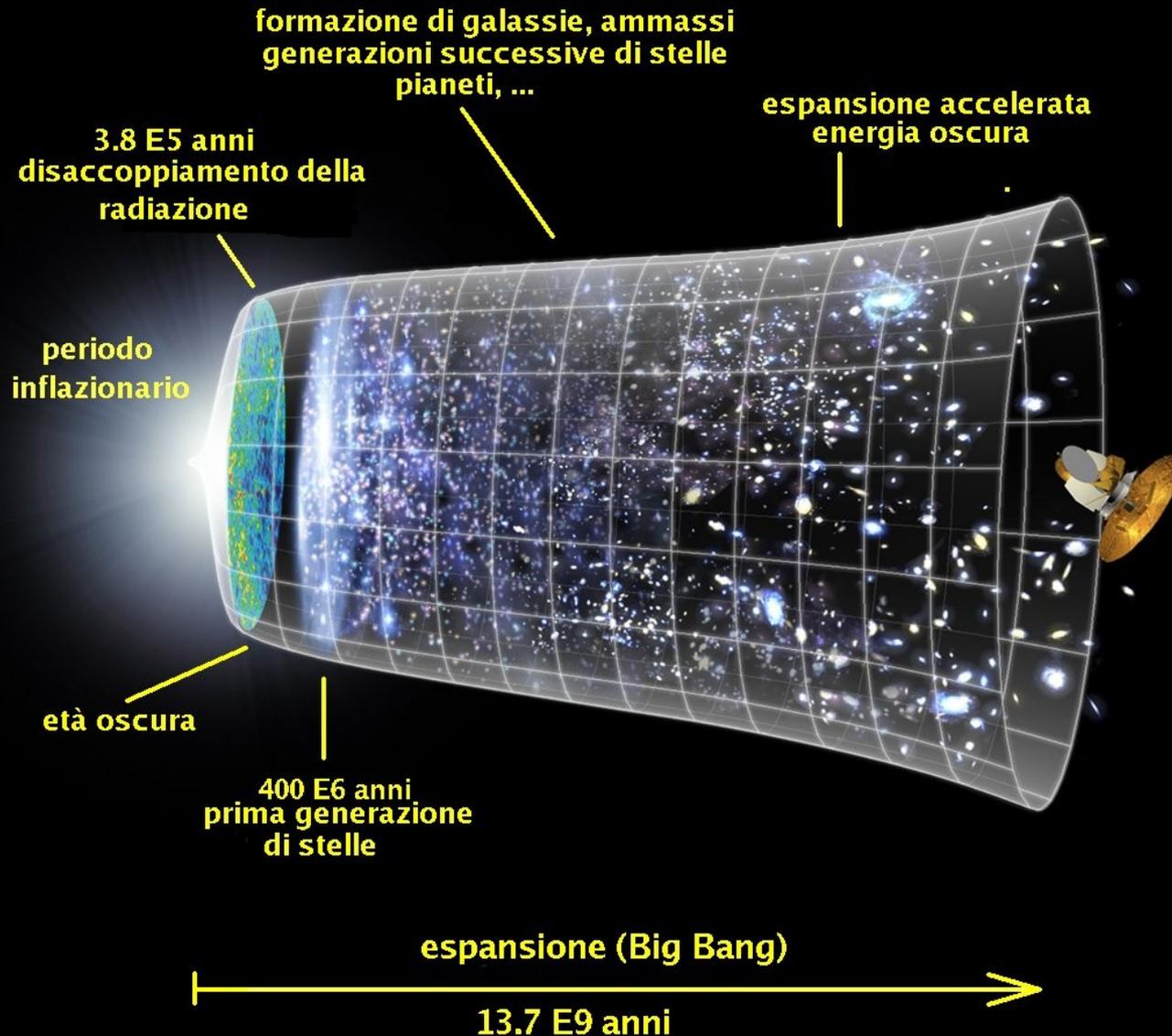
Storia di un sistema planetario



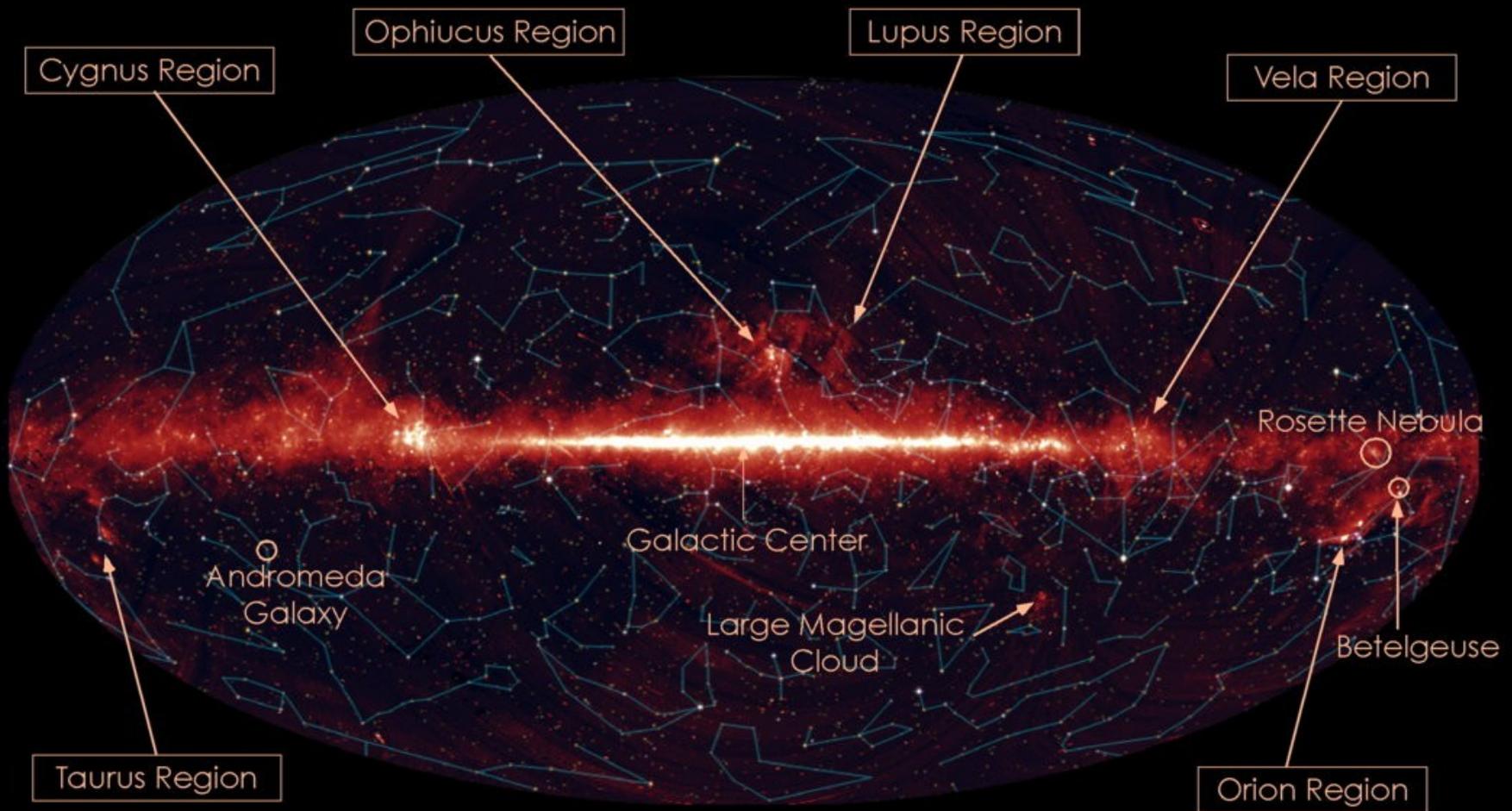
“4 passi” che descrivono il metodo

- Raccogliere tutte le osservazioni possibili sul nostro e sugli altri sistemi planetari
- Farsi un'idea dei processi fisici che determinano l'organizzazione ed il comportamento della materia
- Usare i concetti della Fisica per sviluppare modelli compatibili con le osservazioni.
- Scegliere il modello più adeguato

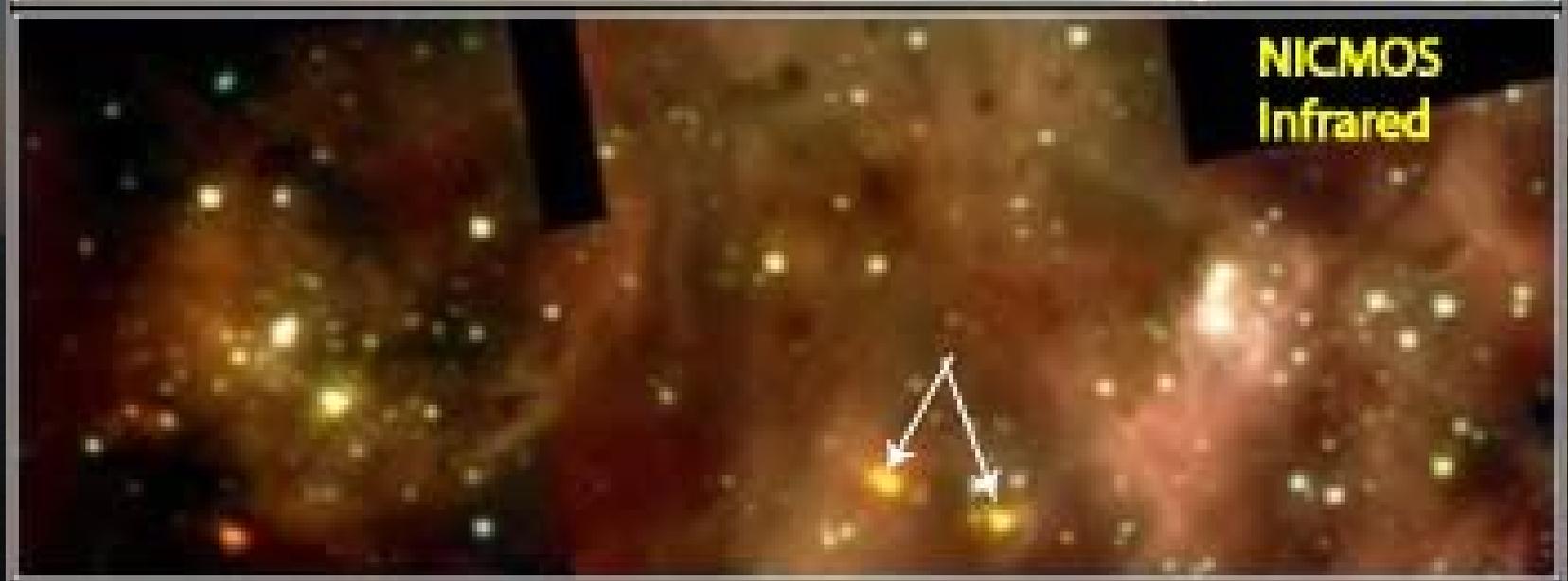
Il contesto alle grandi scale



Emission infrarede della nostra Galassia

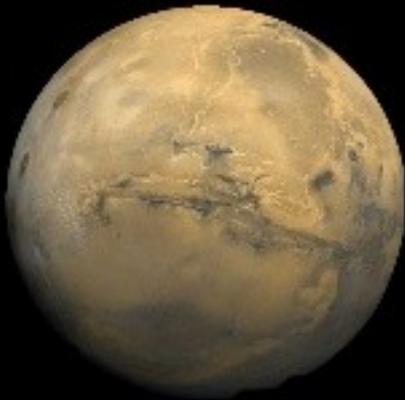
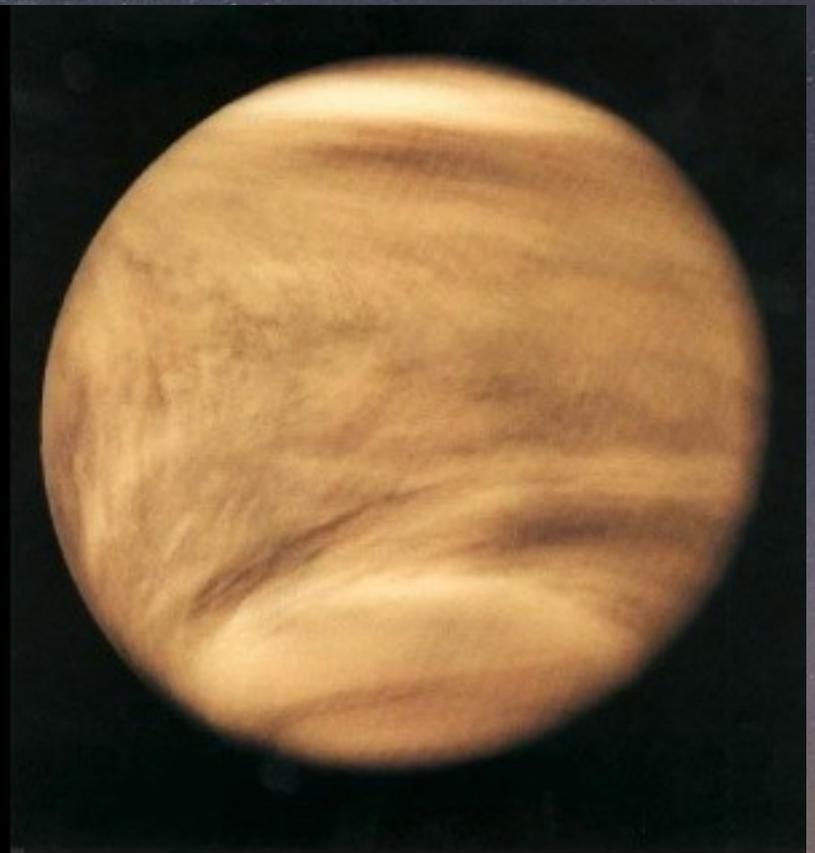


Un caso di confronto ottico-IR

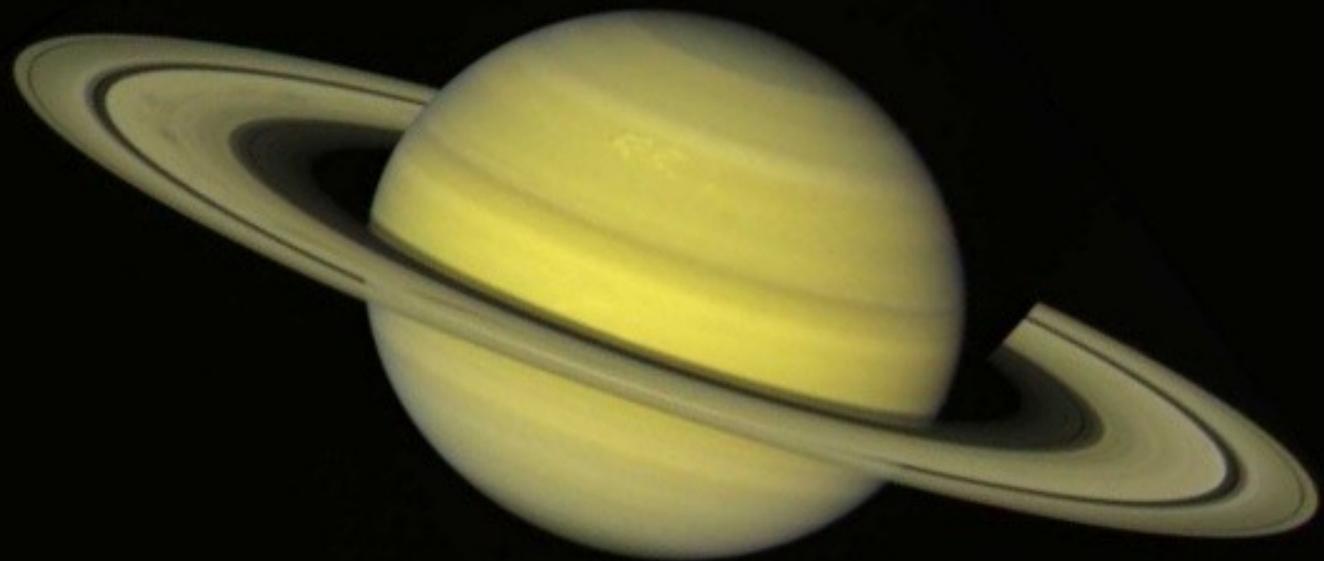


Fatti da considerare per un modello plausibile di formazione del sistema planetario:

1. L'età del sistema solare è valutata in poco più di 4.5 miliardi di anni (geologia, astrofisica, paleontologia sono concordi su questo punto)
2. Tutti i pianeti si muovono intorno al Sole nella stessa direzione in cui esso stesso ruota e orbitano su un piano prossimo al piano equatoriale del Sole
3. Mentre il Sole contiene il 99.9% della massa, i pianeti hanno il 99.7% del momento angolare del sistema
4. I pianeti interni sono più piccoli e densi degli esterni, e sono fatti di silicati e metalli. I pianeti esterni sono invece dominati da H ed He (elementi originari), ed hanno molti satelliti ricchi di acqua (ghiaccio) ed elementi volatili.



Immagini dei pianeti interni



Pianeti esterni

Un modello consolidato

VLT/ESO – Visibile



Herschel/ESA - Infrarosso

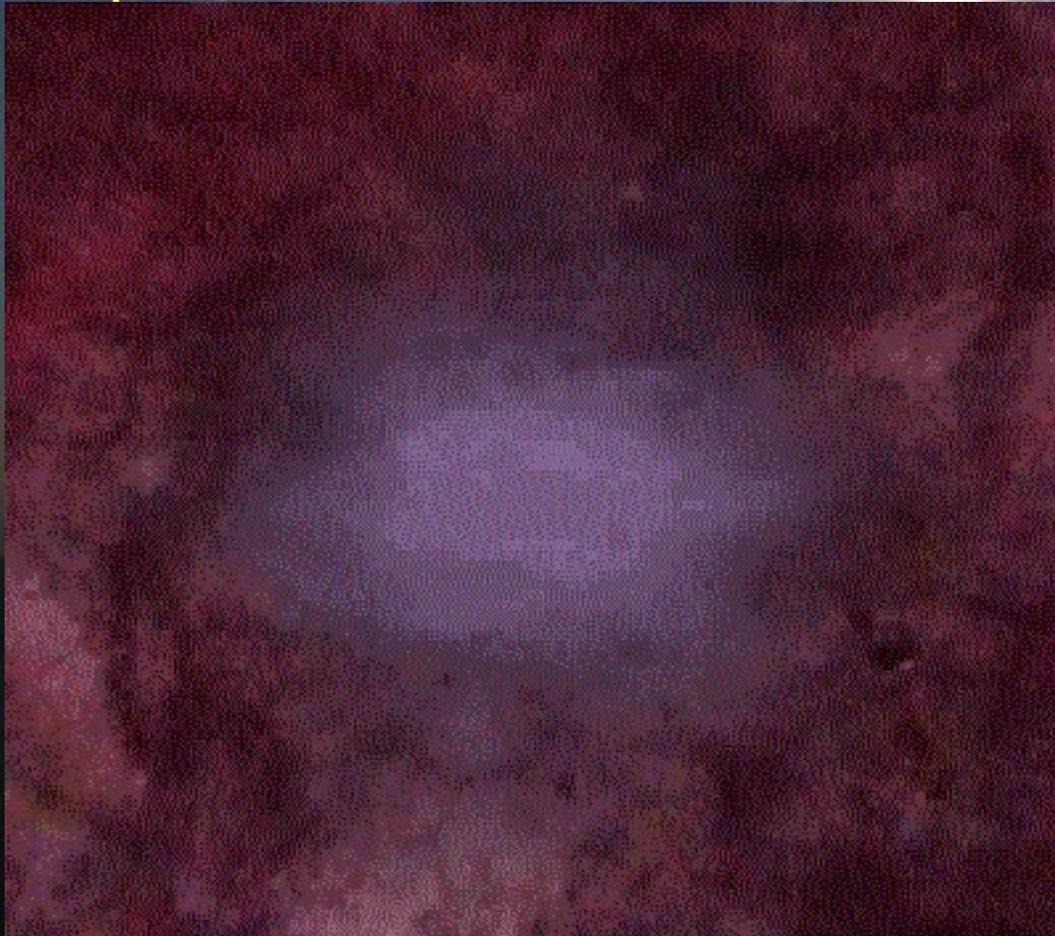


ALMA/ESO - radio

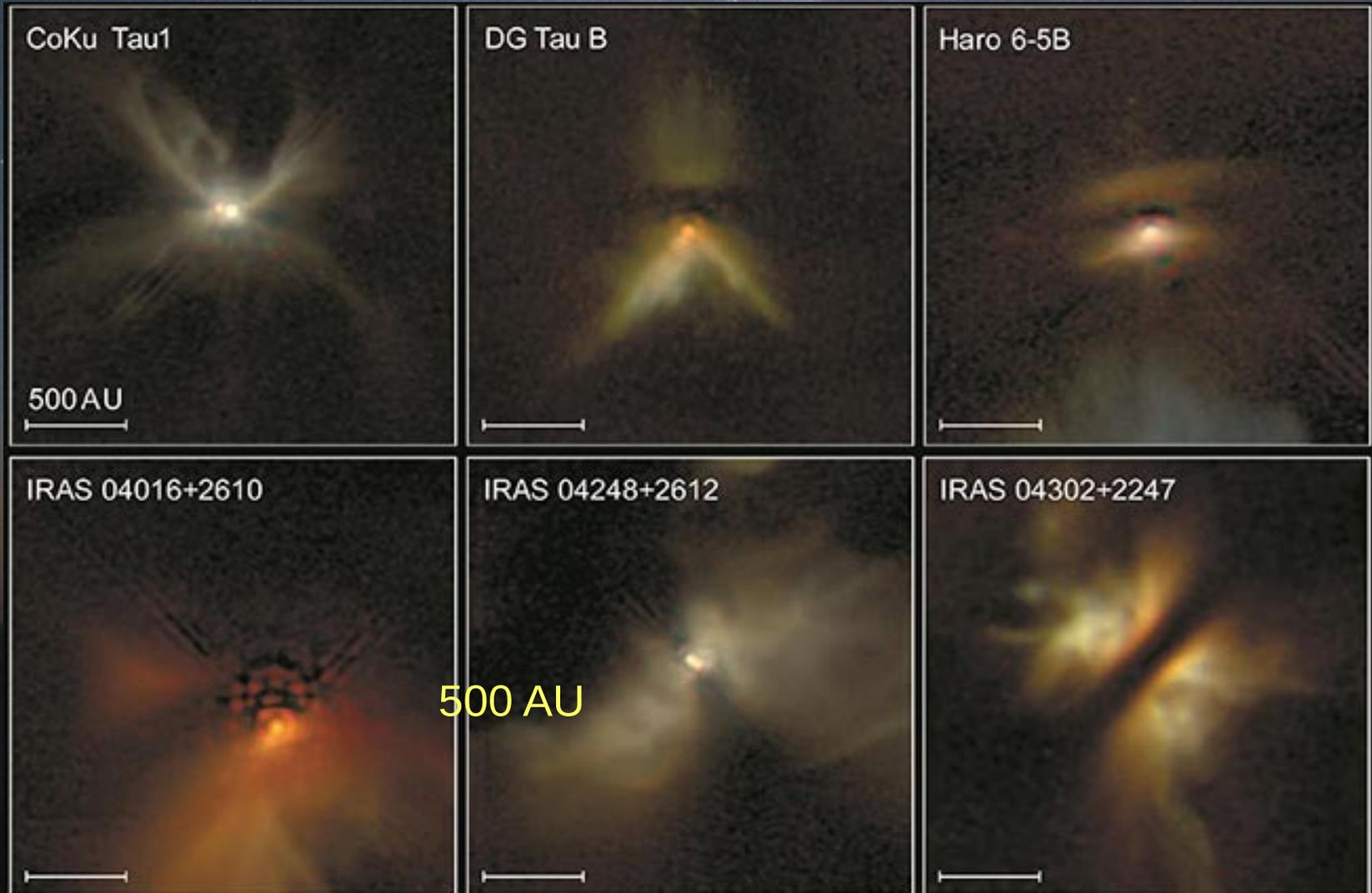


Nubi interstellari e formazione di stelle

- Gran parte della massa converge al centro, lasciando intorno alla stella un nome "disco" orbitante
- Le grandi nubi di gas e polvere occupano lo spazio interstellare



Le osservazioni mostrano accordo col modello:
i fenomeni associati ai dischi si vedono davvero !



Le osservazioni mostrano accordo col modello: (forme dedotte da interferometria alle onde radio)

PROTOPLANETARY DISKS

RX J1615

Light-years from Earth: 600
Instrument: SPHERE

HD 163296

Light-years from Earth: 600
Instrument: ALMA

HD 169142

Light-years from Earth: 380
Instrument: ALMA

Specimens exhibiting
rings, gaps, & spirals

TW HYDRAE

Light-years from Earth: 194
Instrument: ALMA

ELIAS 2-27

Light-years from Earth: 450
Instrument: ALMA

HD 135344B

Light-years from Earth: 450
Instrument: SPHERE

HL TAURI

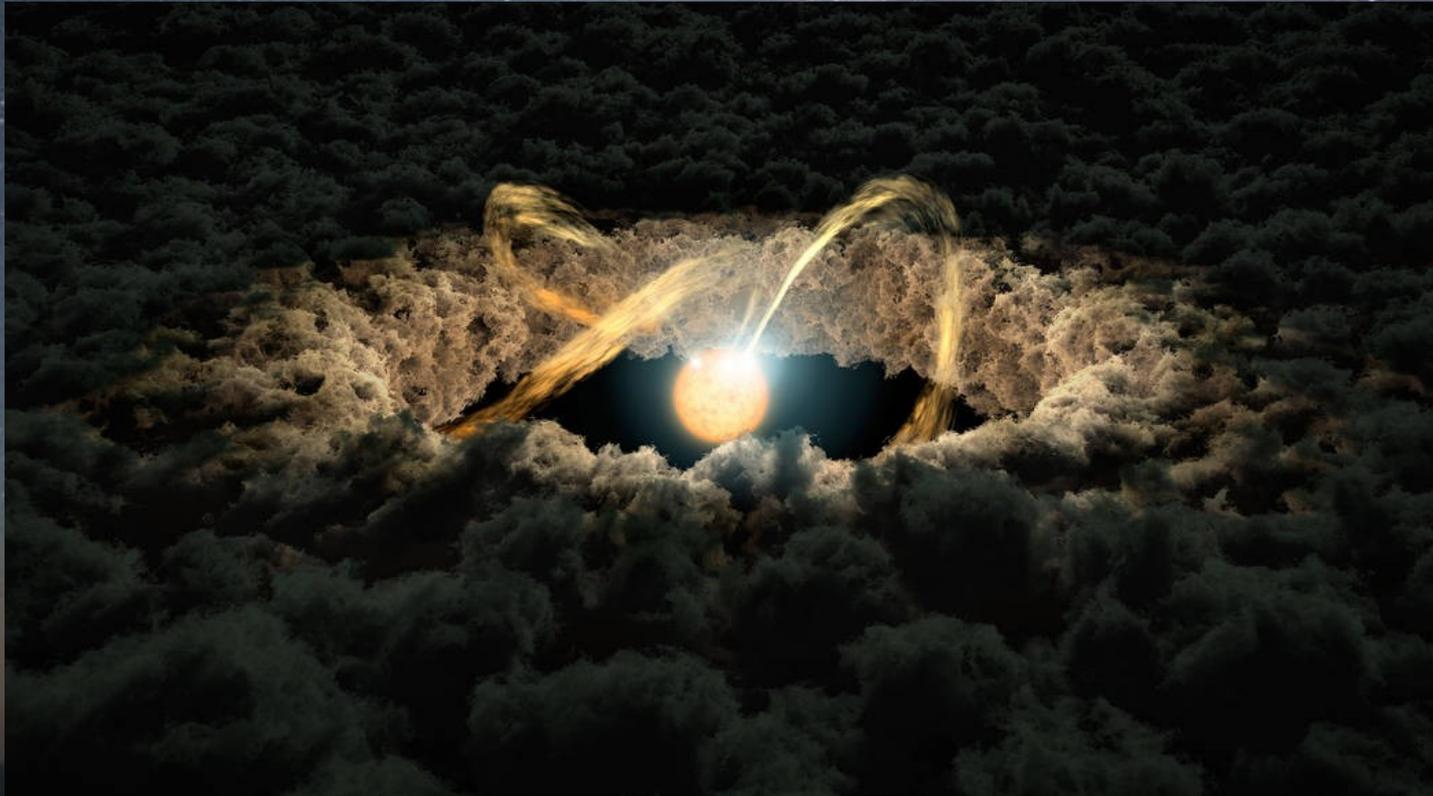
Light-years from Earth: 450
Instrument: ALMA

AS 209

Light-years from Earth: 400
Instrument: ALMA

WARNING: OBJECTS NOT TO SCALE

Chiamiamo questi oggetti “dischi protoplanetari” e li immaginiamo:



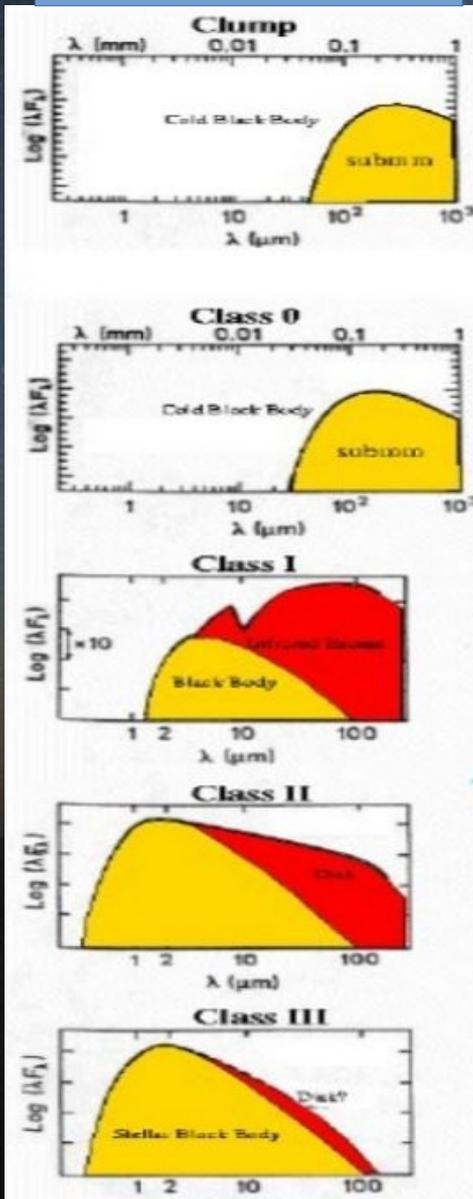
La loro evoluzione puo` essere seguita osservando la forma dello spettro (cioe` le proporzioni tra radiazione **visibile, IR, e radio** emessa)

Evoluzione del disco protoplanetario

VIS - IR - RADIO

fase

morfologia



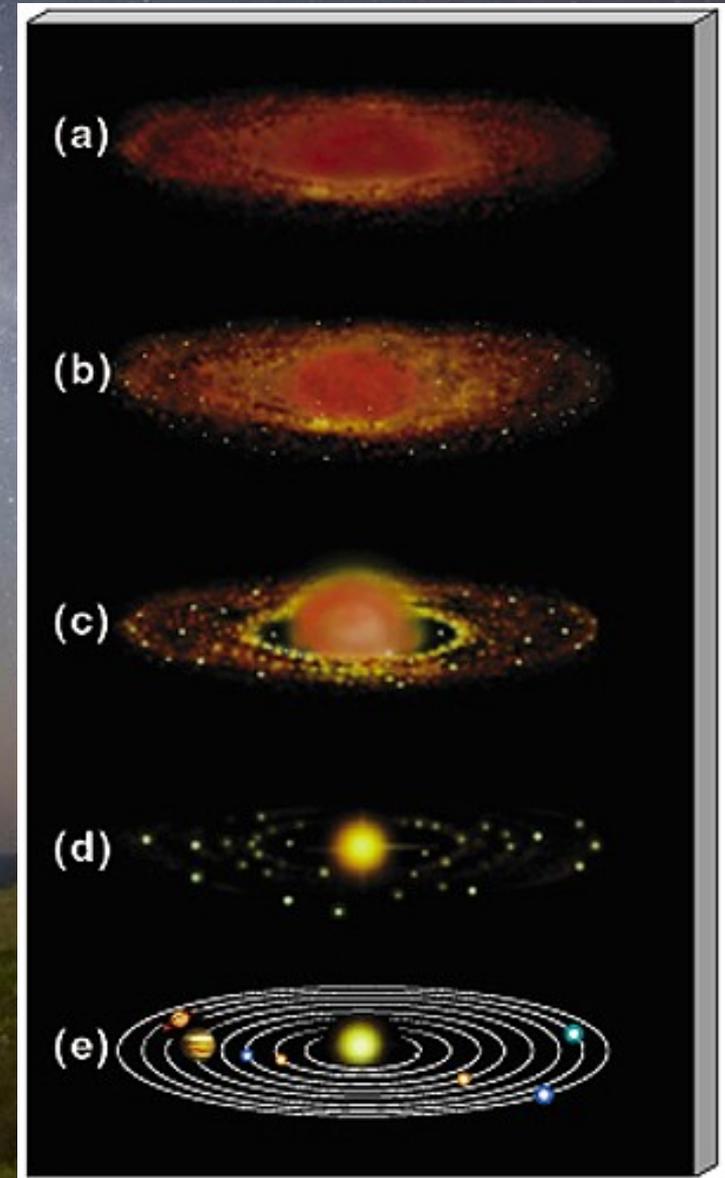
Core protostellare
(-10⁶ anni, radio)

Protostella
(10⁴ anni, submm)

Protostella
(10⁵ anni, IR)

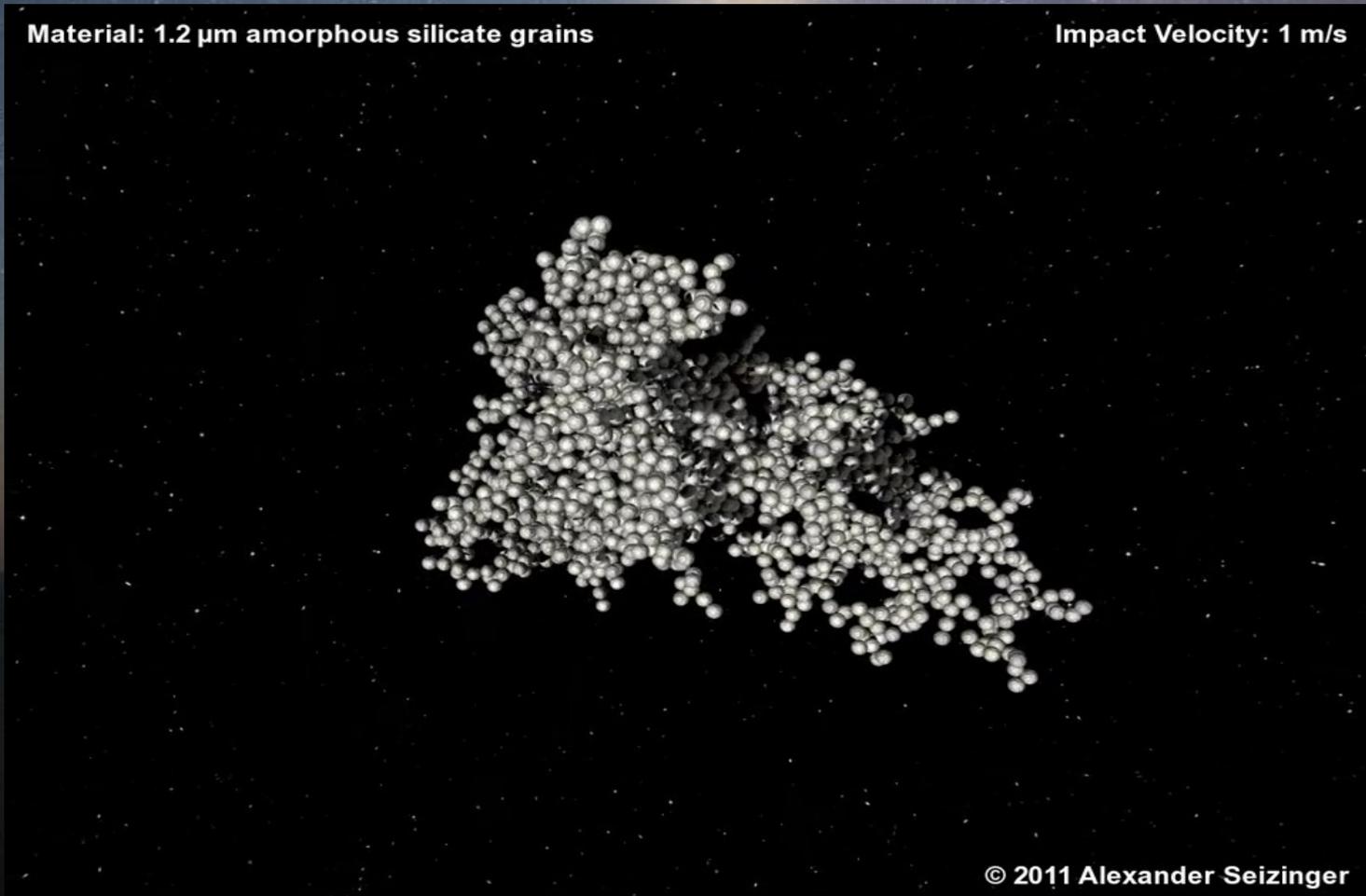
T-Tauri star
(10⁶ anni, visuale)

Weak T-Tauri
(10⁷ anni, visuale)



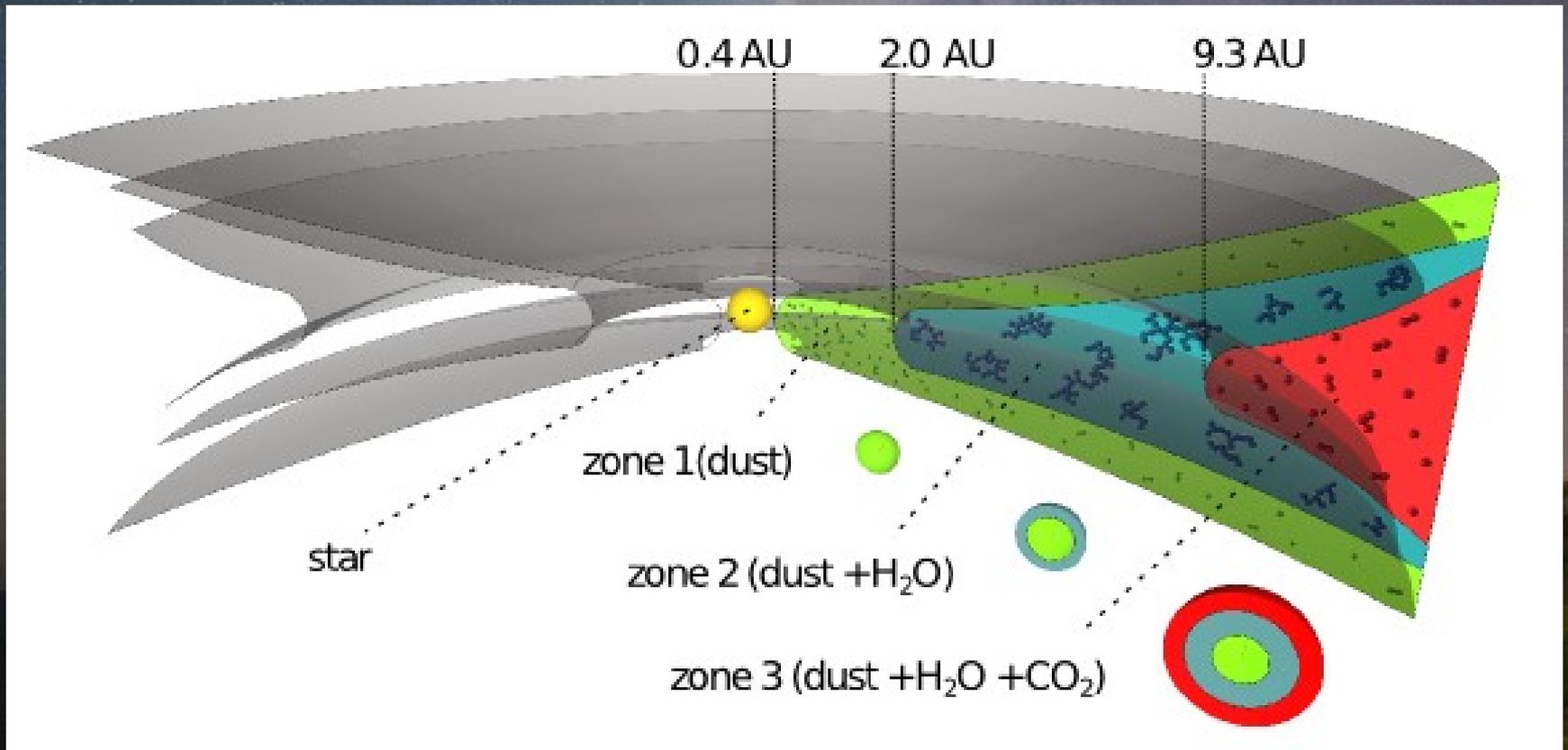
All'interno del disco protoplanetario:

1. I grani di polvere interstellare tendono ad accrescersi per condensazione a spese del gas, e poi per **collisioni** tra grani fino a dimensioni di decine di micron



All'interno del disco protoplanetario:

2. Il disco si struttura in base alle condizioni fisiche locali



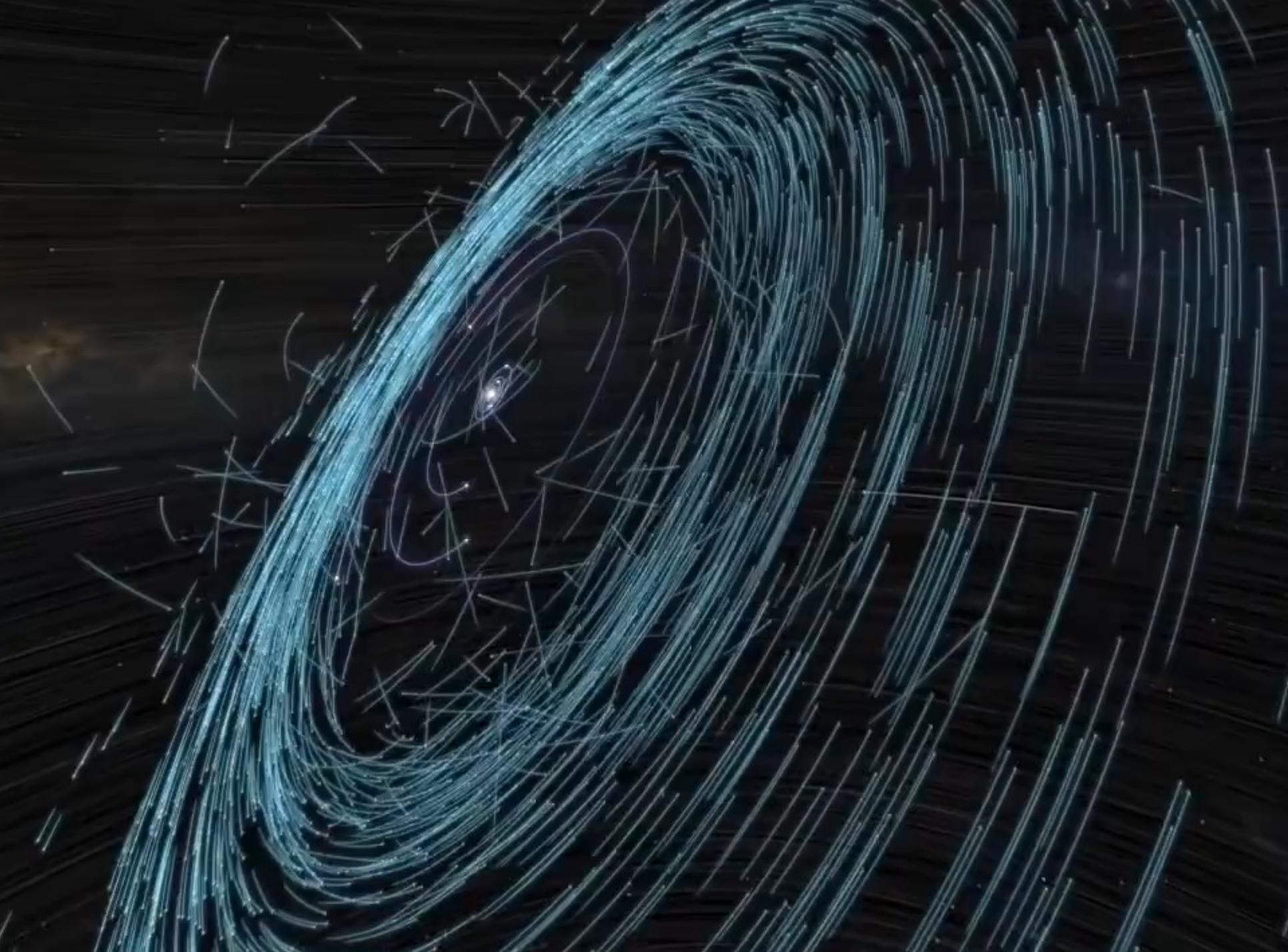
All'interno del disco protoplanetario:

3. Il disco evolve per collisioni tra “proiettili” vaganti



All'interno del disco protoplanetario:

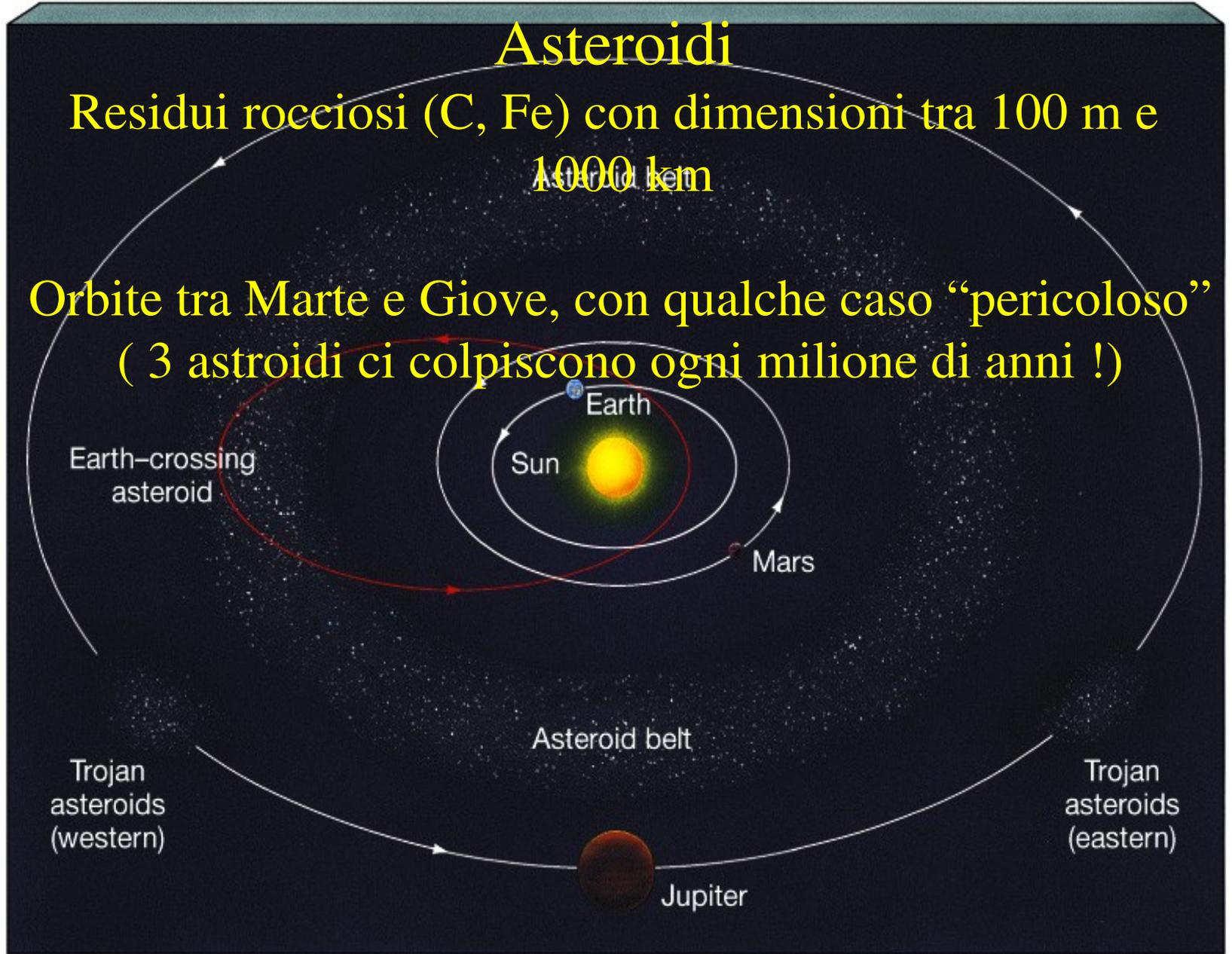
3. Accrescimento per urti fino a dimensioni di diversi km finchè la gravità prende il sopravvento e costringe la massa ad assumere forme sferoidali dette **“Planetesimi”**.
4. I planetesimi si influenzano gravitazionalmente tra di loro e tendono a “spazzare” il materiale residuo del disco
5. Il sistema infine si stabilizza con gli oggetti sopravvissuti fino alla fase finale: pianeti, satelliti, asteroidi e i cosiddetti “corpi minori”



Asteroidi

Residui rocciosi (C, Fe) con dimensioni tra 100 m e 1000 km

Orbite tra Marte e Giove, con qualche caso “pericoloso”
(3 asteroidi ci colpiscono ogni milione di anni !)



Mathilde



59 kilometers

Eros



Gaspra



Ida



Siti di impatti noti



Esempi di meteoriti condritiche (le piu' antiche)

Chondrites

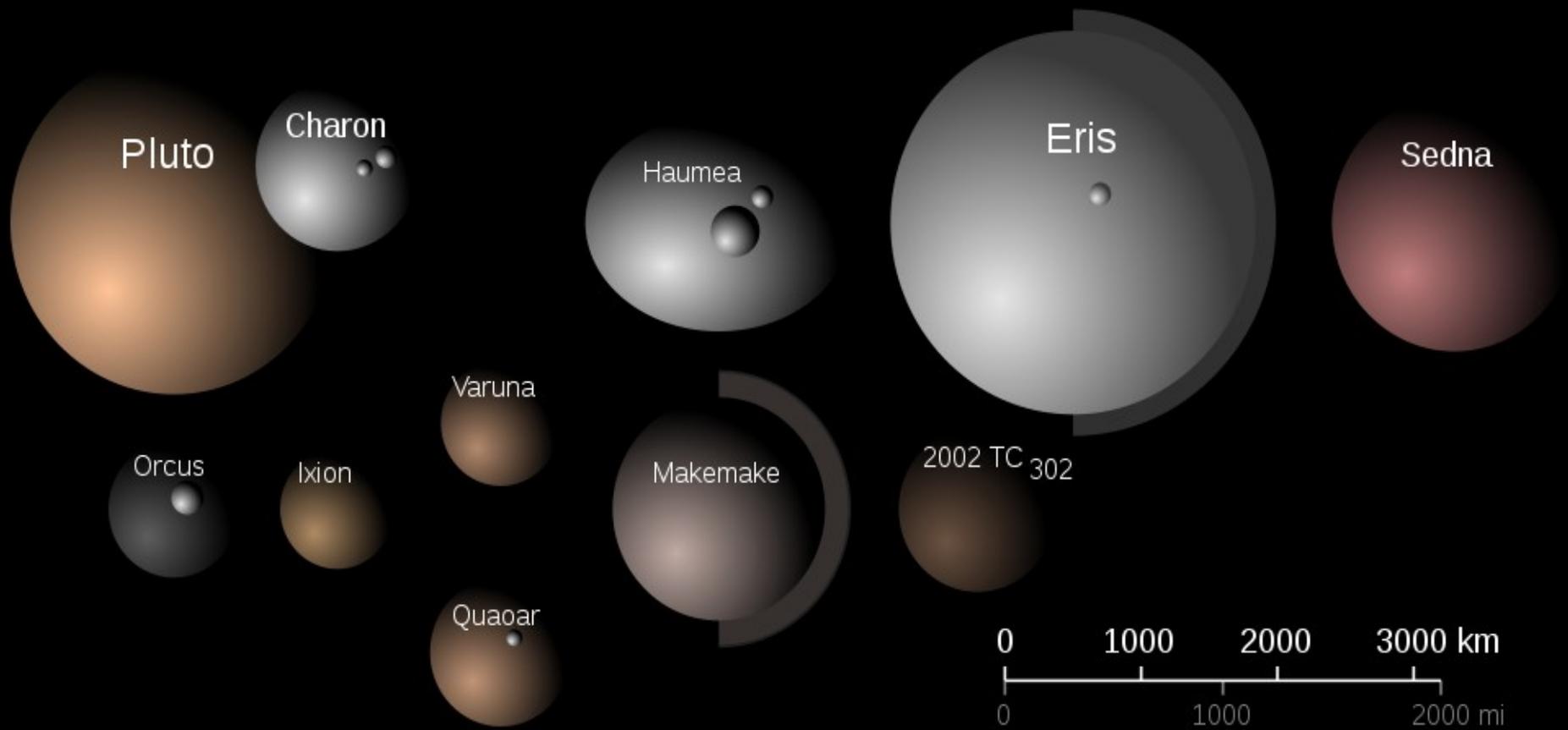
- Most primitive meteorites
- Formation ages dating to 4.56 billion years ago



www.meteoritegallery.com/chondrites



Oggetti trans-nettuniani nel sistema solare



Kuiper Belt

The orange track represents a typical KBO orbit. Pluto's orbit is represented by the yellow ring.

Oort Cloud

~ 1 anno-luce

Il Sistema Solare ora e' fatto !
A voi capirlo ed esplorarlo !

FINE

(grazie per la vostra attenzione)