

Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy

Vznik sluneční soustavy

Jakub Rozehnal,
Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy

Poznávání sluneční soustavy

- Ptolemaios
- Koperník
- Galileo

- Kant, Laplace
- Jeans

- nebulární teorie
- Šmidt, Safronov



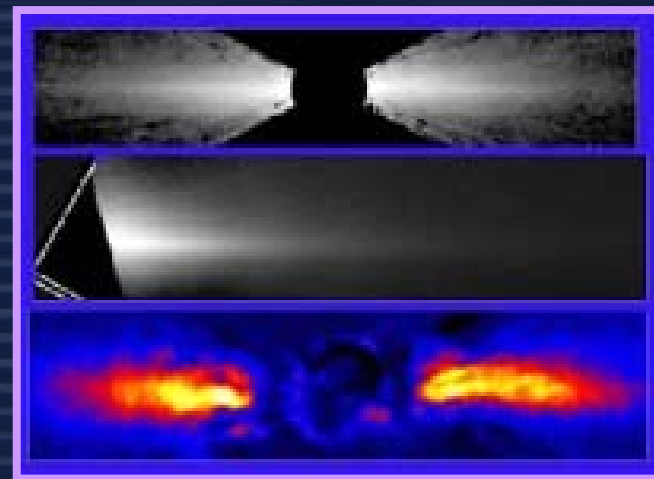
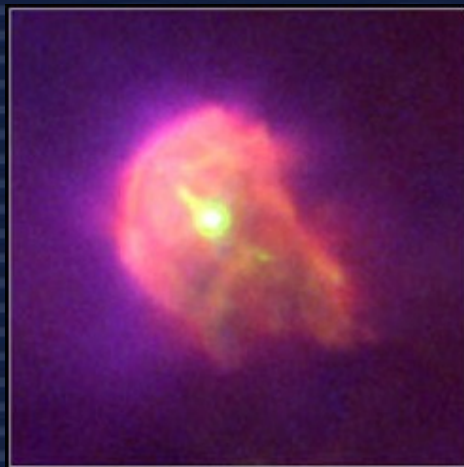
Sluneční soustava

- Slunce
- planety
 - typu Země, terestrické, kamenné
 - typu Jupiter, joviální, plynné
 - trpasličí planety Ceres, Pluto a další
- hlavní „zásobárny“ malých těles
 - hlavní pás asteroidů („mezi Marsem a Jupiterem“)
 - Kuiperův pás („za drahou Neptunu“ do vzdálenosti 100 au)
 - Oortův oblak (do vzdálenosti 100 000 au)
- malá tělesa
 - planetky (asteroidy), komety, meteoroidy
- meziplanetární plyn a prach



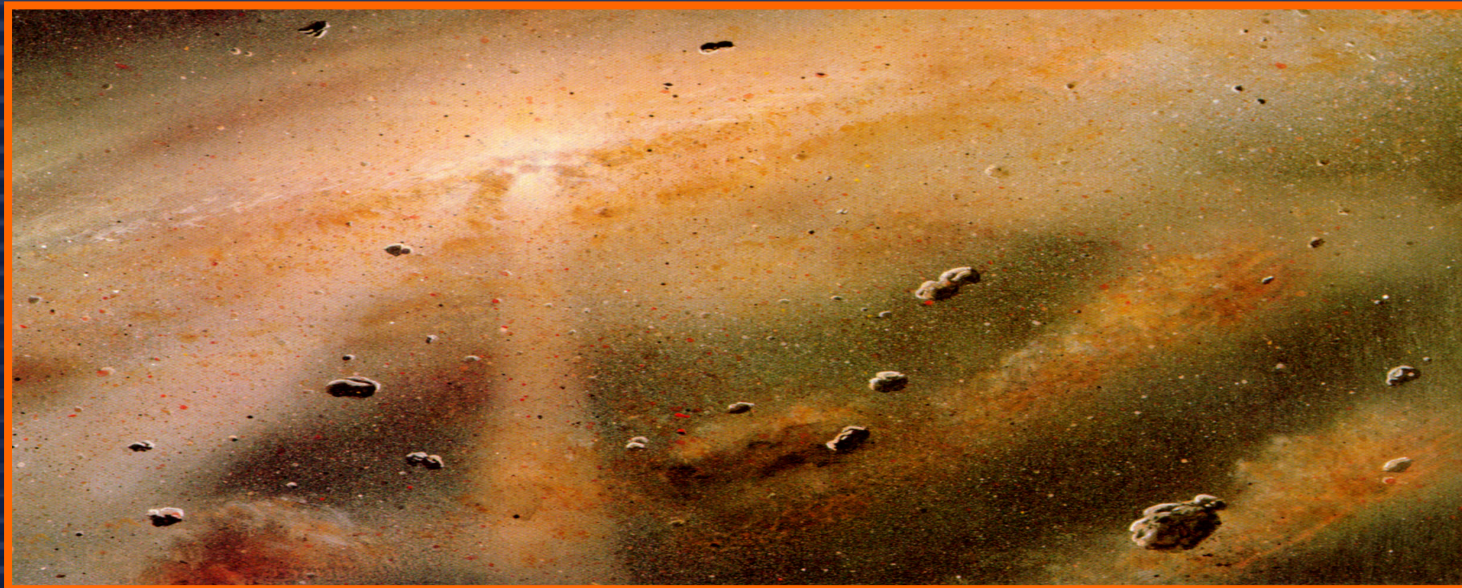


- vytvoření plochého disku kolem Slunce (cca -4,6 Gy)
- plyn a prachová zrna rozměru 10^{-5} m
- částičky ve stejné vzdálenosti obíhají přibližně stejně rychle → vzájemné rychlosti jsou malé





- zrnka prachu se pomalu začínají slepovat
- pohromadě je drží elektromagnetická síla
- slepování efektivní do vzdálenosti max 50 AU od Slunce
- disk je chemicky diferencován („sněžná čára“ na hranici 3-4 au)
→ odlišné vlastnosti vznikajících těles



Gravitace x Elektromagnetismus

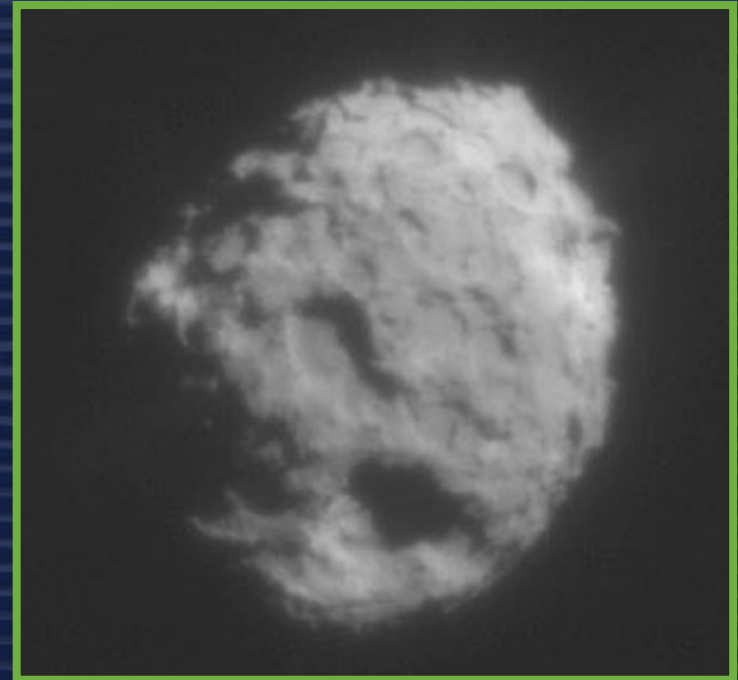
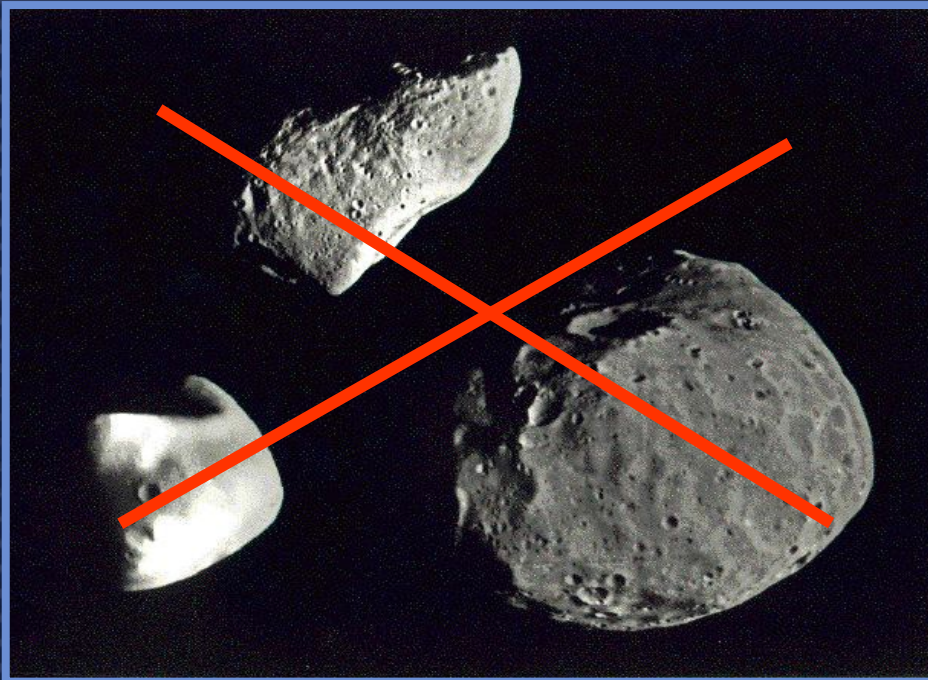
- proton elektron

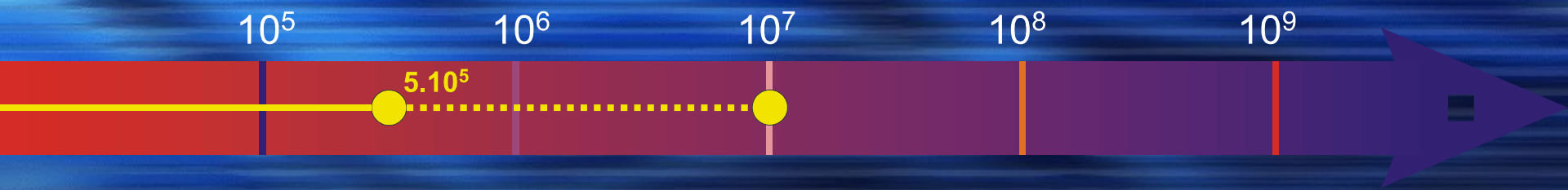


$$\left. \begin{aligned}
 & \boxed{F_G = G \frac{m_e m_p}{r^2}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,7 \cdot 10^{-27}}{1} \text{ B}10^{-67} \text{ N} \\
 & \boxed{F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_e q_p}{r^2}} = 9 \cdot 10^9 \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1} \text{ B}10^{-28} \text{ N}
 \end{aligned} \right\} \frac{F_E}{F_G} \text{ B}10^{39}$$

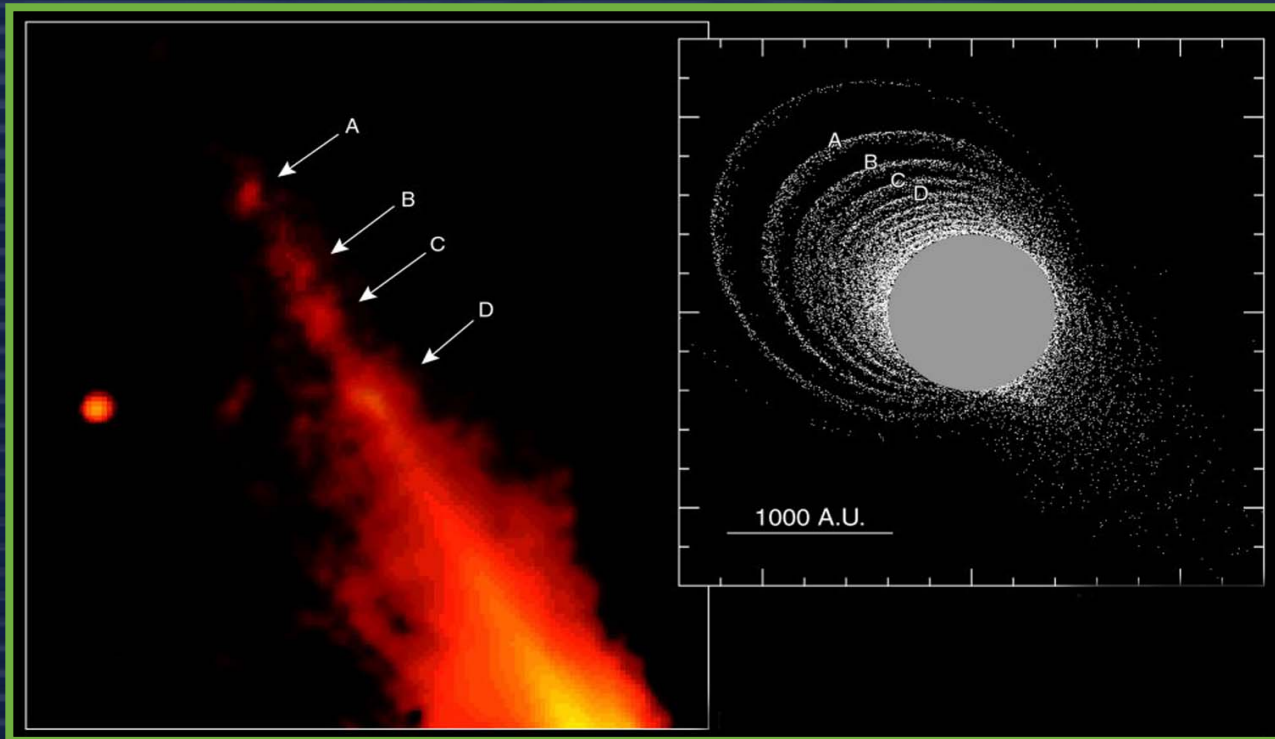


- vznik planetesimál
- průměr 100 m – 1 km
- původní planetesimály pozorujeme jako komety, ev. malá tělesa Kuiperova pásu, v hlavním pásu asteroidů jsou již geologicky metamorfovaná tělesa!



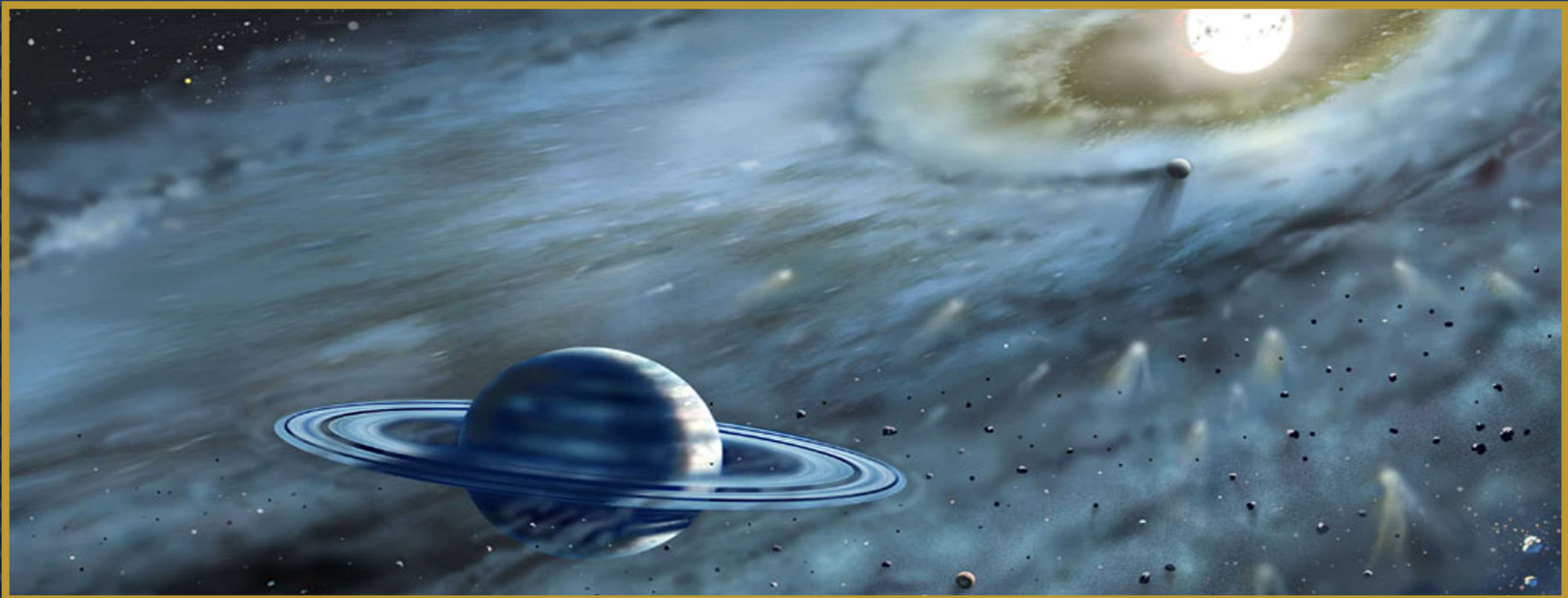


- gravitační působení mezi planetesimálami = časté vybočení a následné srážky
- tělesa o hmotnostech $\sim 10^{23}$ kg
- vypuzení zbytků plynu slunečním větrem

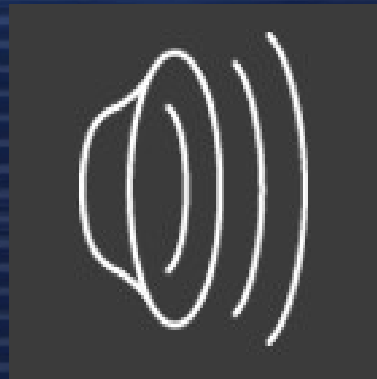


10^5 10^6 10^7 10^8 10^9

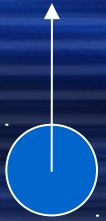
- tělesa o hmotnostech $10^{24} - 10^{25}$ kg
- vznik rezonancí – zvyšování excentricit, nestabilita celého systému



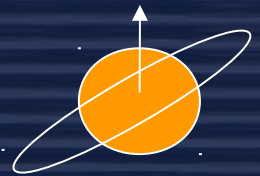
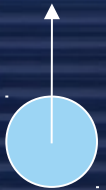
Tacoma Narrows Bridge



Vytvoření dnešní struktury

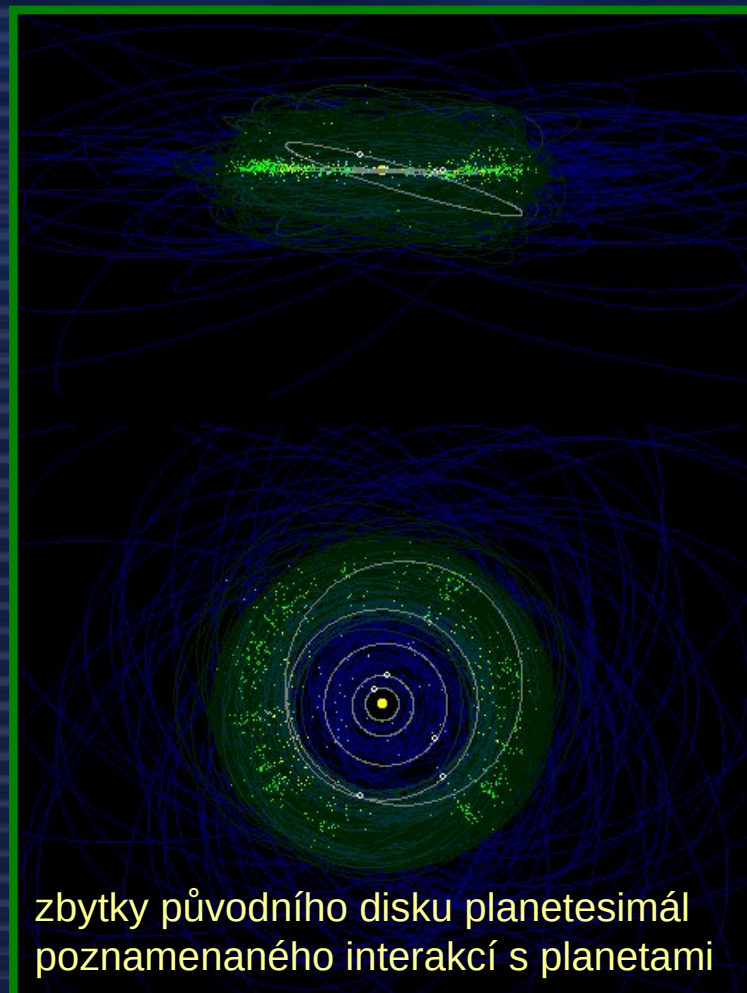
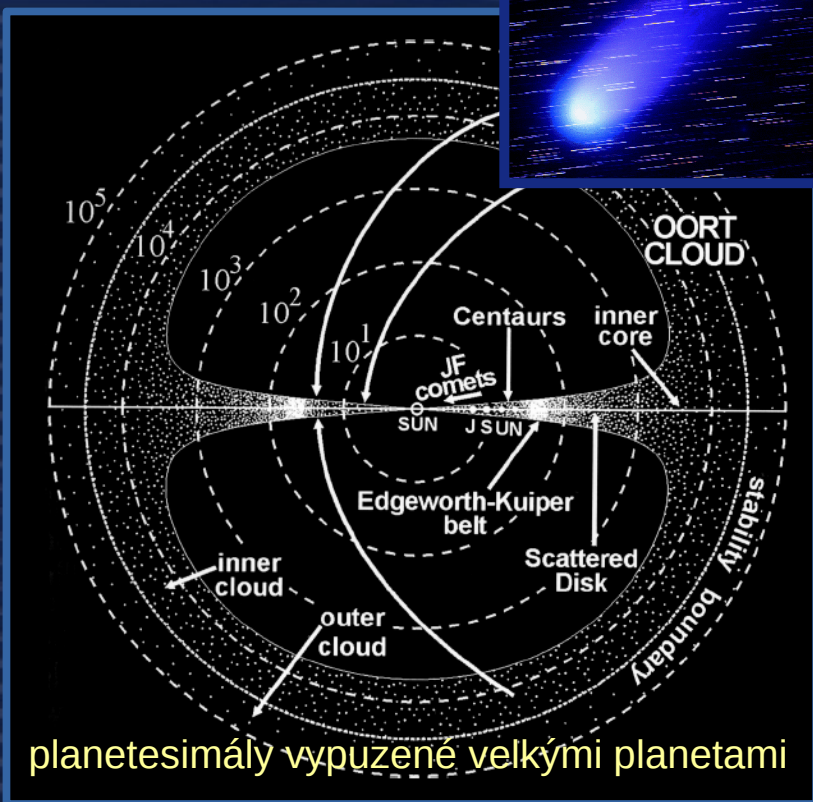


- nejdříve vznikly velké planety
- blíže ke Slunci obíhala planetární embrya na drahách s malou excentricitou
- rušení Jupiterem bylo:
 - nízké daleko od Jupitera → malé zvýšení excentricit v terestrické zóně → konstruktivní srážky → **terestrické planety**
 - vysoké blízko Jupiteru → velké zvýšení excentricit → destruktivní srážky → **vznik hlavního pásu asteroidů**
- nestabilita vnější oblasti kvůli rezonancím
- pozůstatky planetesimálního disku – Kuiperův pás
- “vyházené” planetesimály – Oortův oblak



Pozůstatky nejranějších období

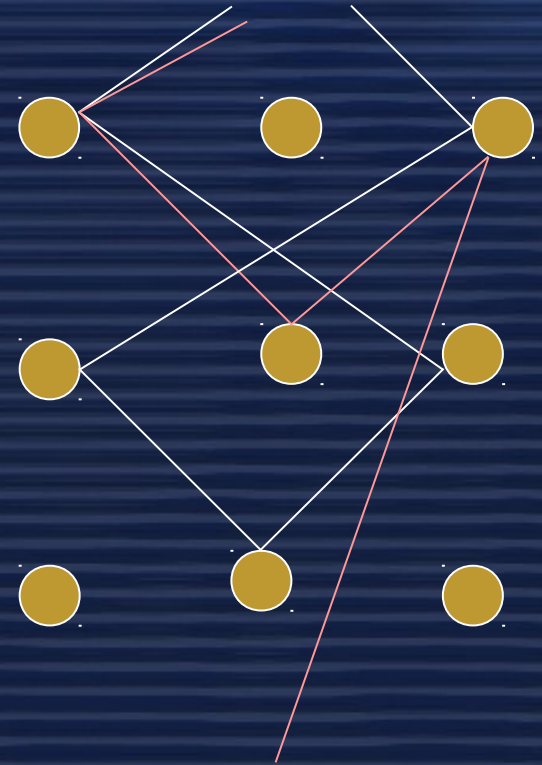
- prach a meteority (chondrity, geol. primitivní materiál)
- Kuiperův pás
- Oortův oblak



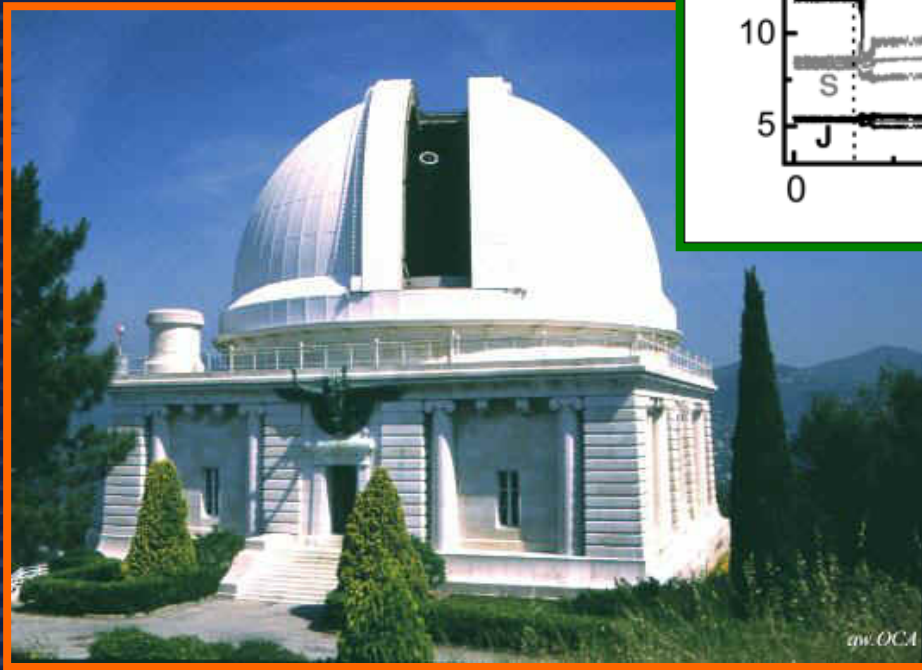
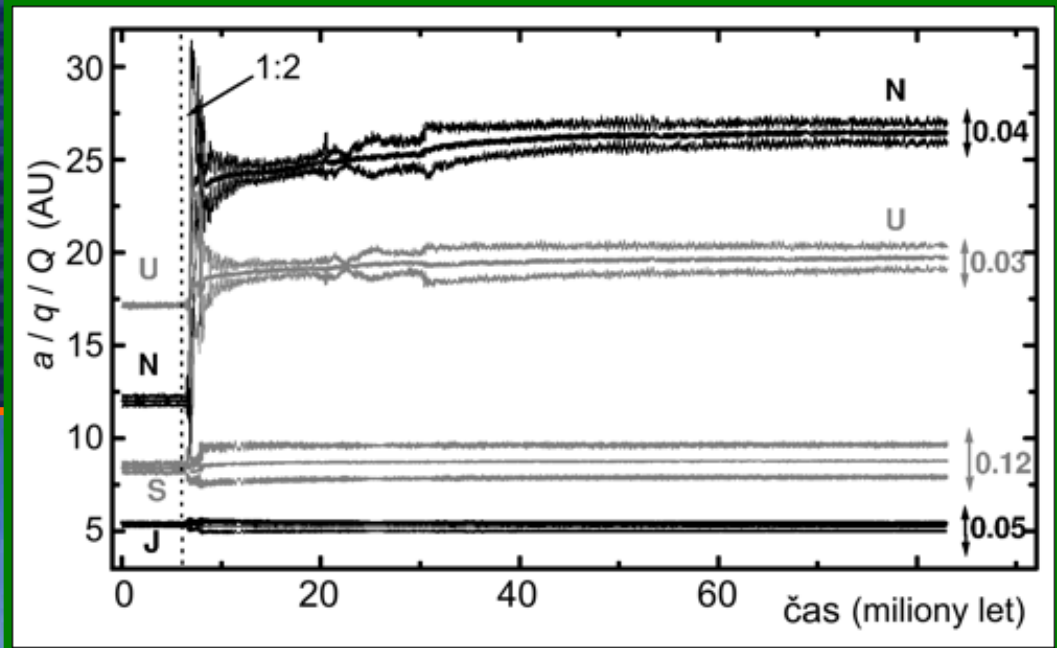
zbytky původního disku planetesimál
poznamenaného interakcí s planetami

Numerické simulace

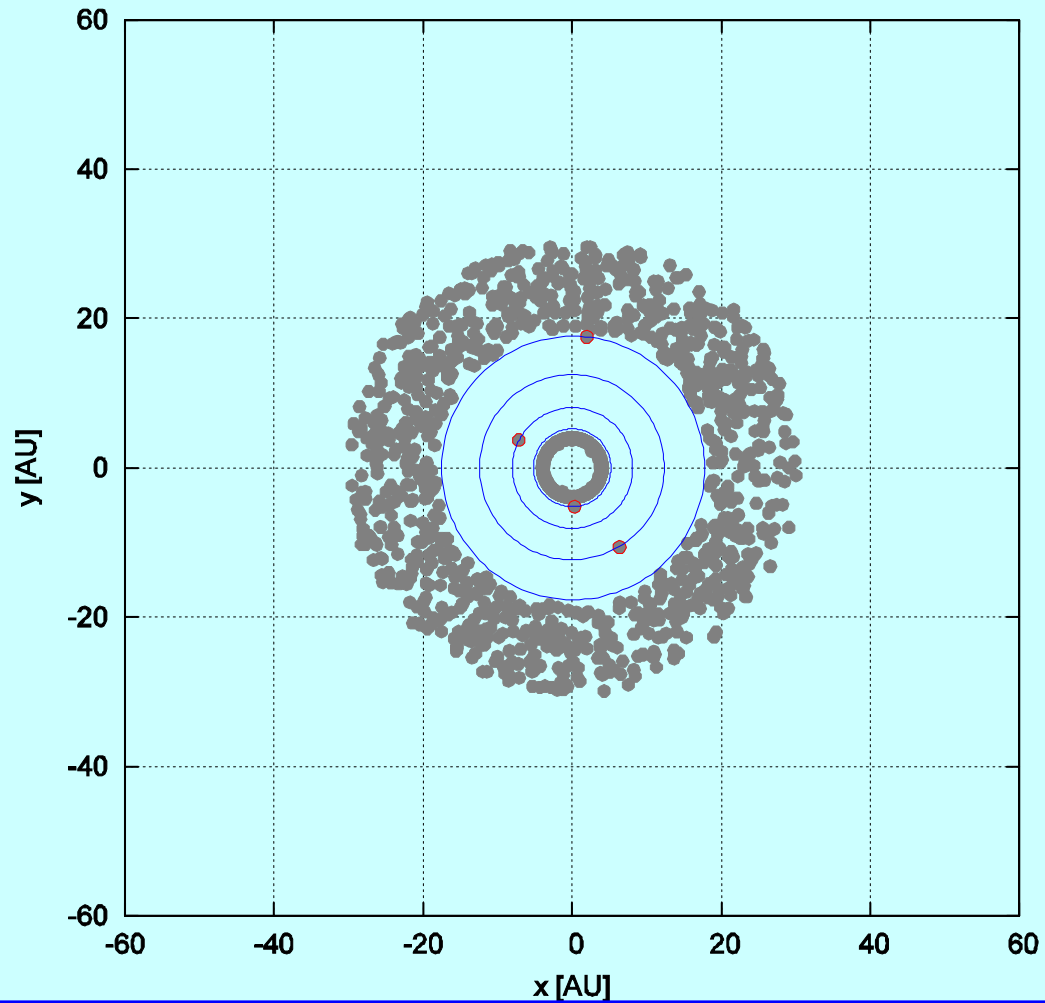
- Ljapunovsky nestabilní systém
 - nutnost numerických simulací
 - statistický přístup
- N-částicové simulace
 - typicky 1000 částic



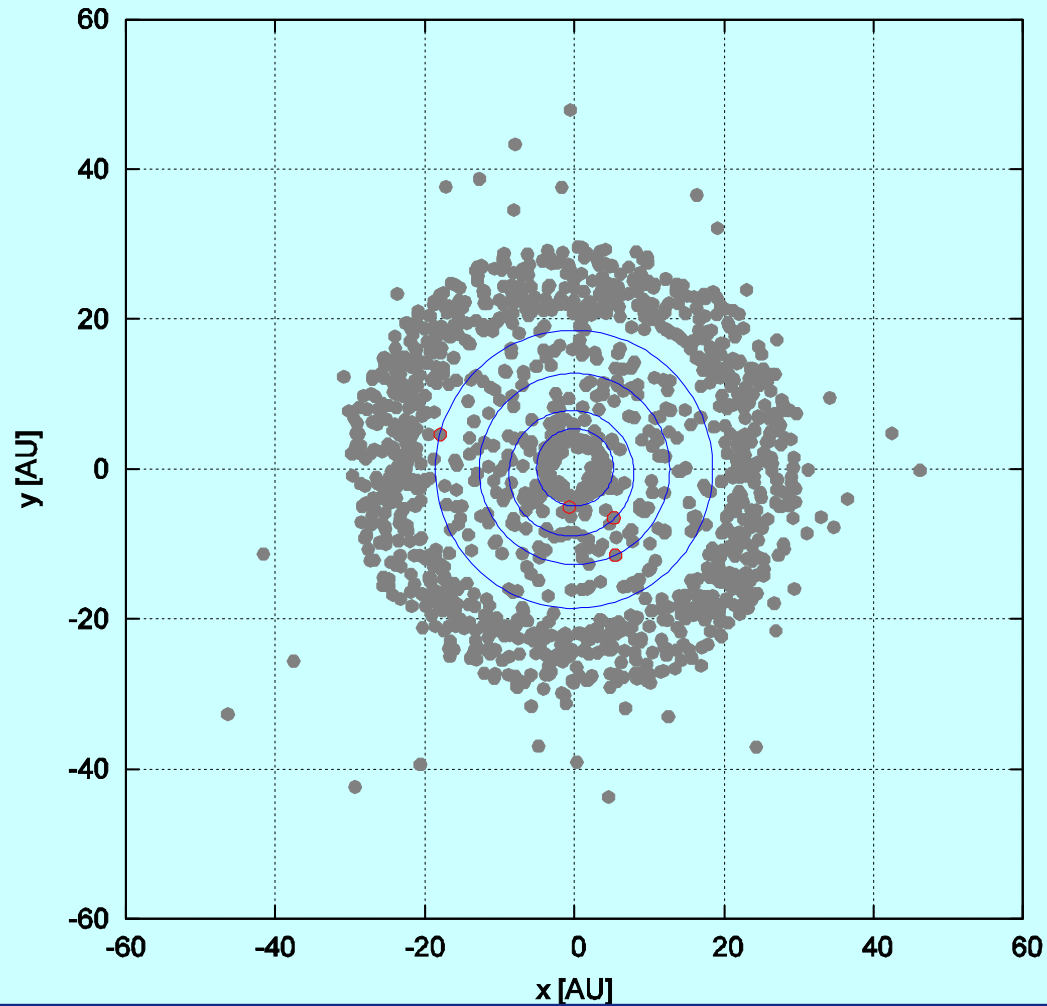
Model z Nice



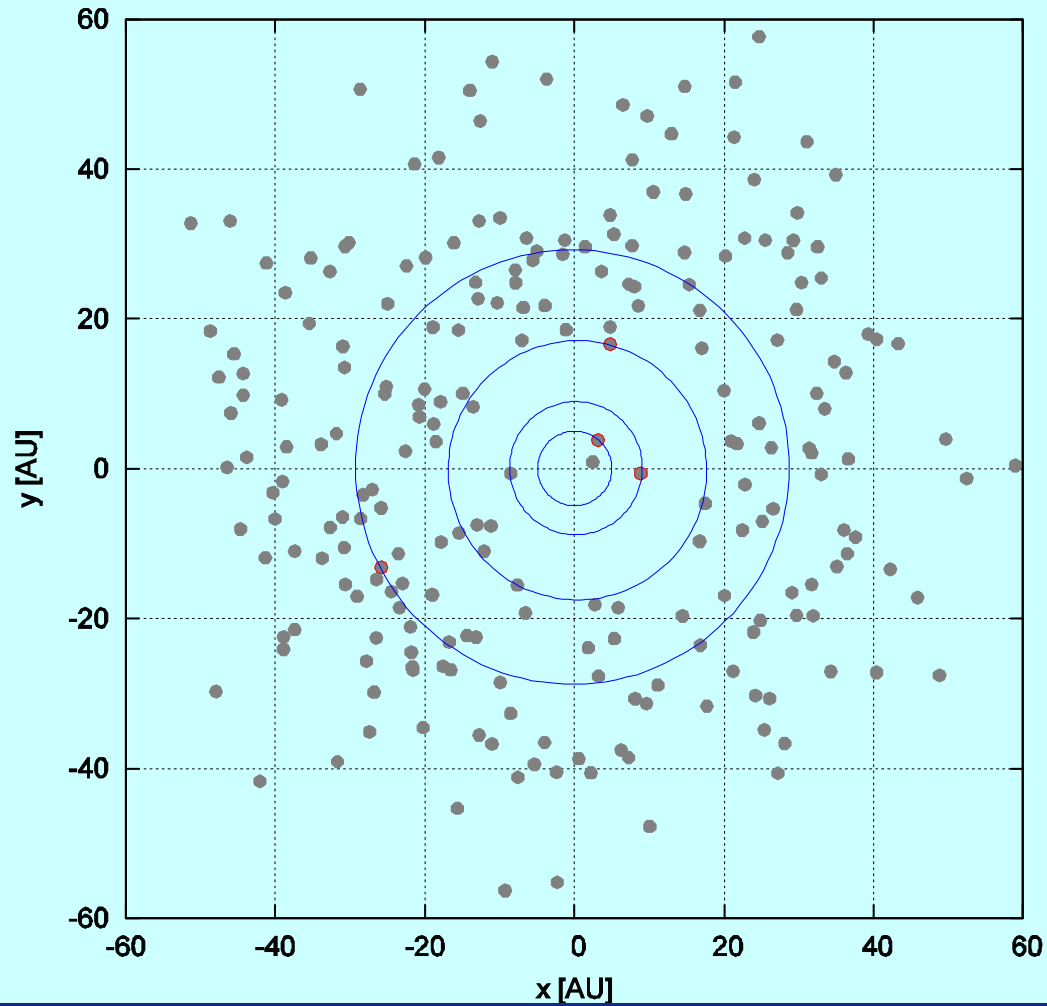
Simulace 0 My



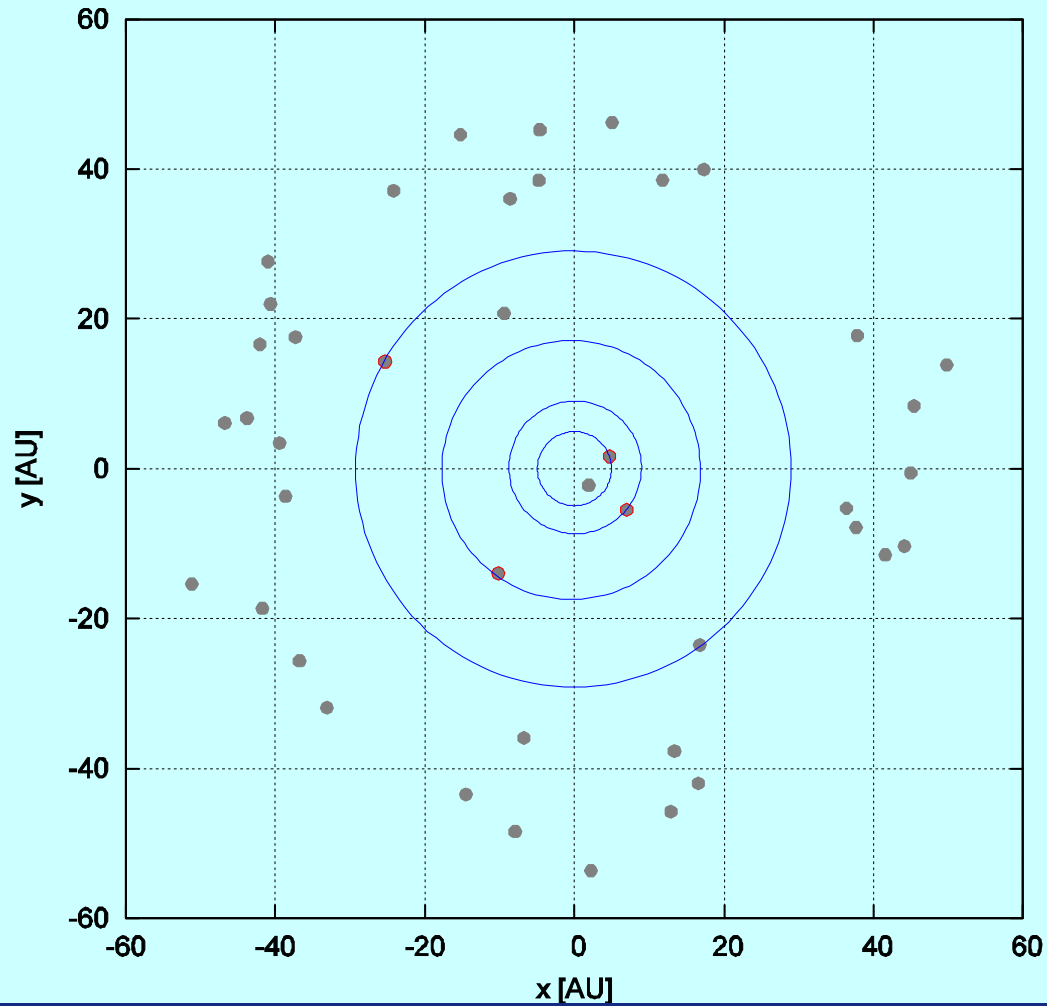
Simulace 0,8 My



Simulace 1,1 My



Simulace 100 My



Pozdní těžké bombardování

- pozdní bombardování Měsíce před 3,9 Gyr
 - prudký nárůst impaktní činnosti, trvající méně než 100 Myr
- příčinou zřejmě významné změny parametrů drah planet destabilizující zásobárny malých těles
- “doprava” vody na Zemi

