

UNIVERZITET U BEOGRADU
МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ



NASTANAK PLANETARNIH SISTEMA

Vladimir Đošović

vladimir_djosovic@matf.bg.ac.rs

30.11.2018.

Sadržaj



Uvod

Sunčev sistem

Ekstrasolarni sistemi

Protoplanetarni disk

Struktura protoplanetarnih diskova

Od prašine do planeta

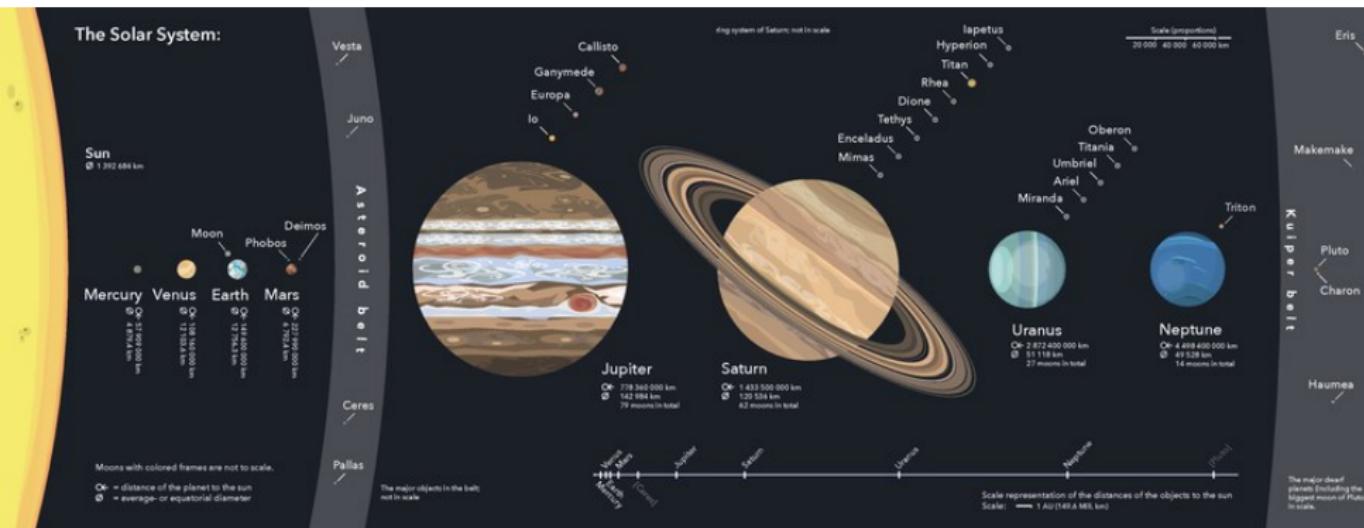
Metarska barijera

Planetezimali

Migracije planeta

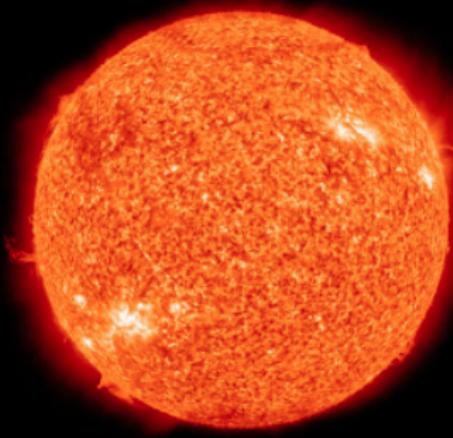
Uvod

Sunčev sistem





Model Sunčevog sistema



=

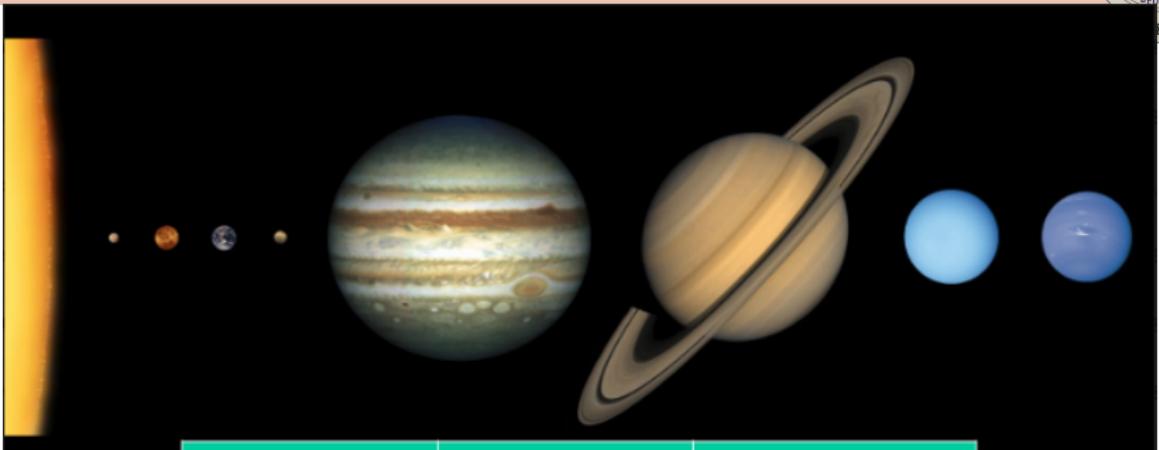


Uvod

Sunčev sistem



4

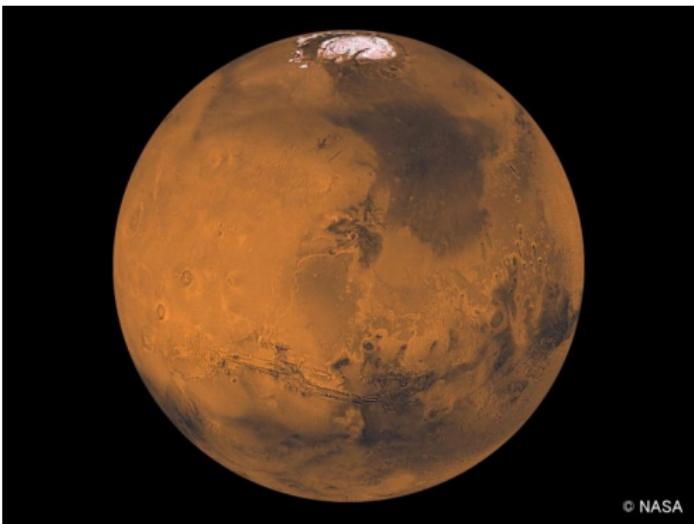


	Prečnik[mm.]	Rastojanje[m.]
Sunce	70	
Merkur	0.1	2.8
Venera	0.45	5.4
Zemlja	0.5	7.6
Mars	0.25	11.4
Jupiter	7	40
Saturn	4.7	71.9
Uran	2	144.2
Neptun	2	225



Planete Zemljinog tipa:

- Sfernog oblika sa čvrstom površinom
- Neretko se događa da imaju i atmosferu
- Sastoje se pretežno od stenovitog materijala (silikata) u površinskim slojevima, odnosno od gvožđa i nikla u jezgru
- Sve poznate planete ovog tipa kruže oko neke zvezde



© NASA



Planete Jupiterovog tipa (gasoviti džinovi):

- Takođe Sfernog oblika, ali bez čvrste površine
- Prepostavlja se da imaju kamo jezgro sa atmosferom uglavnom od vodonika i helijuma
- Masa ovih planeta je značajno veća od mase Zemlje
- Većina njih orbitira oko zvezda, postoji nekoliko njih koje slobodno lebde svemirom



Uvod

Sunčev sistem

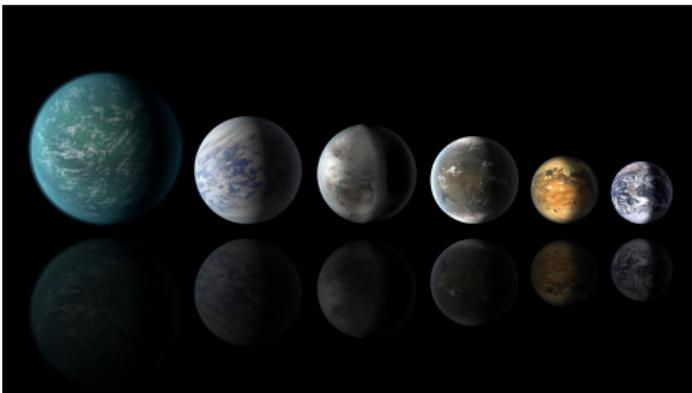


7





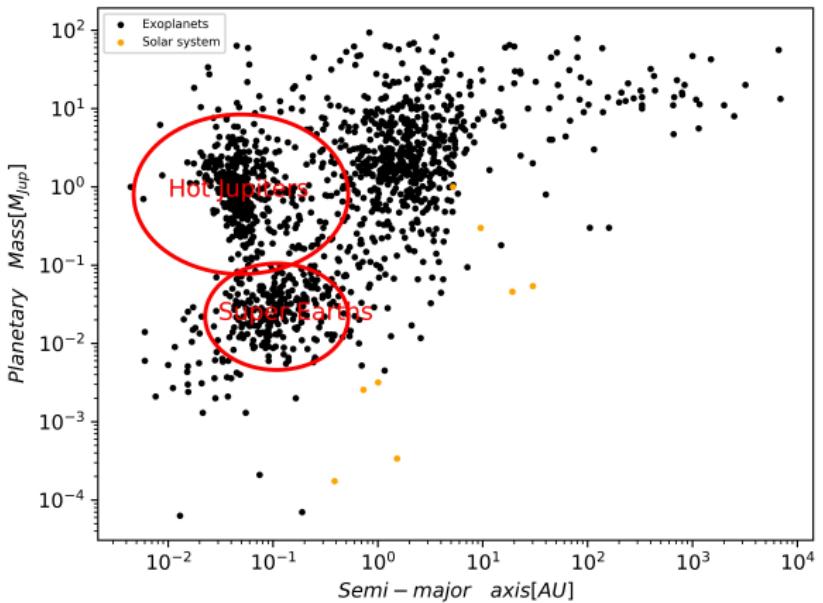
- 1989. prva ekstrasolarna planeta
- 1995. prva potvrđena ekstrasolarna planeta
- Do danas poznato preko 3800 potvrđenih planeta u preko 2800 planetarnih sistema
- preko 600 planetarnih sistema sa više od jedne planete



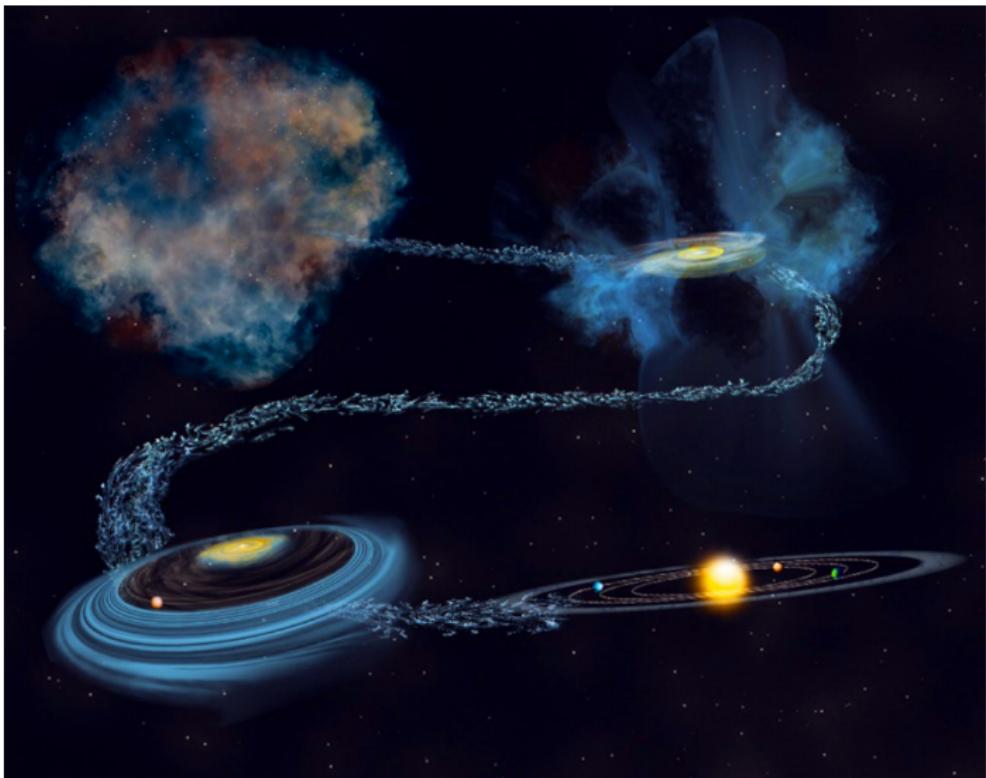


- Vrući Jupiteri: Gasoviti džinovi na
jako malim rastojanjima od svoje
matične zvezde
- Nešto što je veoma čest slučaj u
svemiru ili selekcioni efekat?
- Koliko je u saglasnosti sa
teorijama o nastanku Sunčevog
sistema?





Kant-Laplasova nebularna hipoteza



Protoplanetarni disk



12



An artist's conception of a protoplanetary disk viewed almost edge on.
Image Credit: NASA/JPL-Caltech

Sada znamo da ovakve strukture postoje u svemiru!

Protoplanetarni disk



13

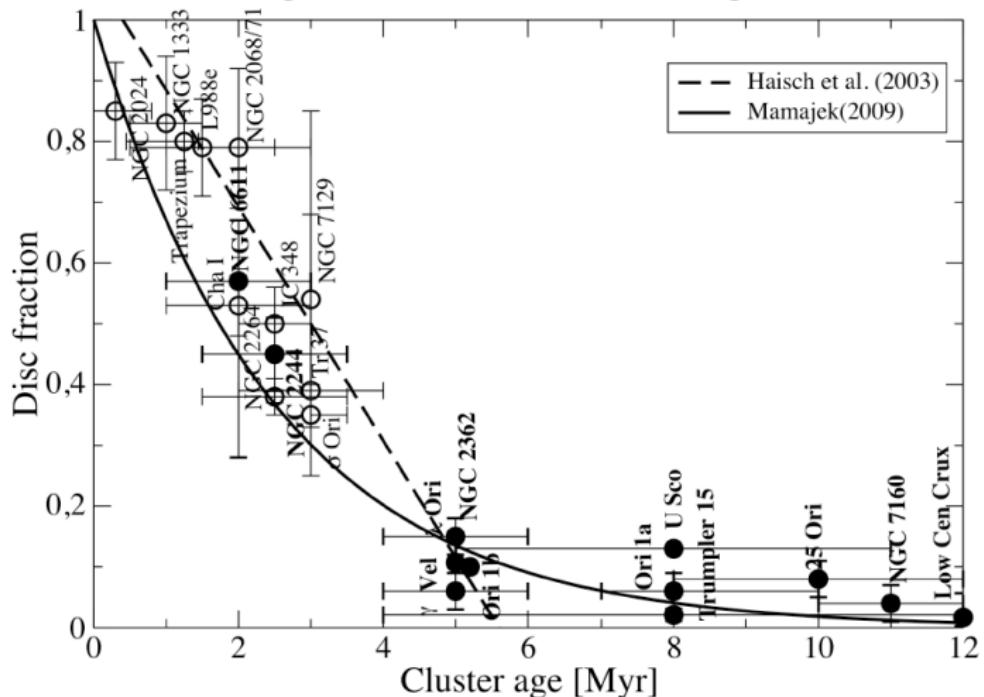
Najveći broj ovakvih objekata otkriven ALMA radio teleskopima



Protoplanetarni disk



Životni vek protoplanetarnih diskova je procenjen na od nekoliko miliona godina do desetak miliona godina

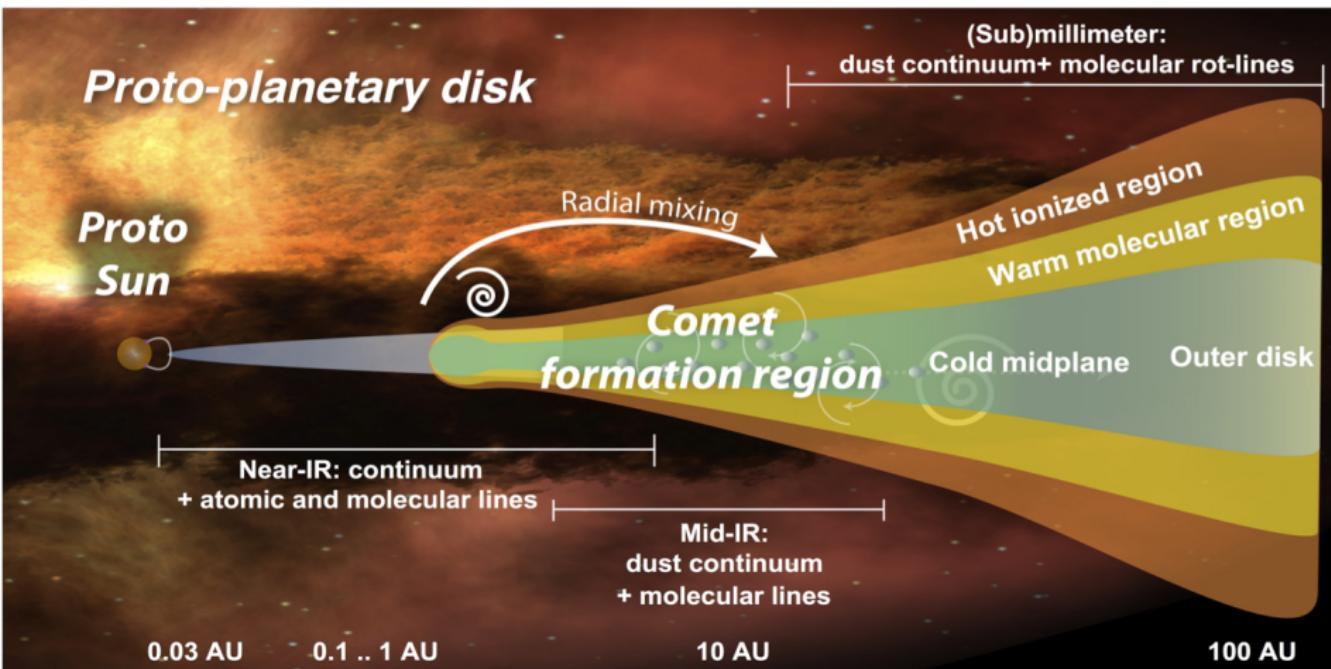


Protoplanetarni disk

Struktura protoplanetarnih diskova



15



Proplanetarni disk

Struktura protoplanetarnih diskova



16

Karakteristike strukture protoplanetarnih diskova:

- ▶ Masa diska oko 1% mase matične zvezde
- ▶ U disku odnos mase čestica prašine i gasa je oko 1%
- ▶ Širenje ka krajevima (disk je zakriviljen)
- ▶ Temperatura opada kako se krećemo od površine ka unutrašnjosti diska
- ▶ Temperatura gasa u površinskom sloju oko 10 puta veća od temperature čestica prašine
- ▶ Disk je najgušći u ravni diska (u sredini), i opada eksponencijalno kako se krećemo ka površini

Protoplanetarni disk

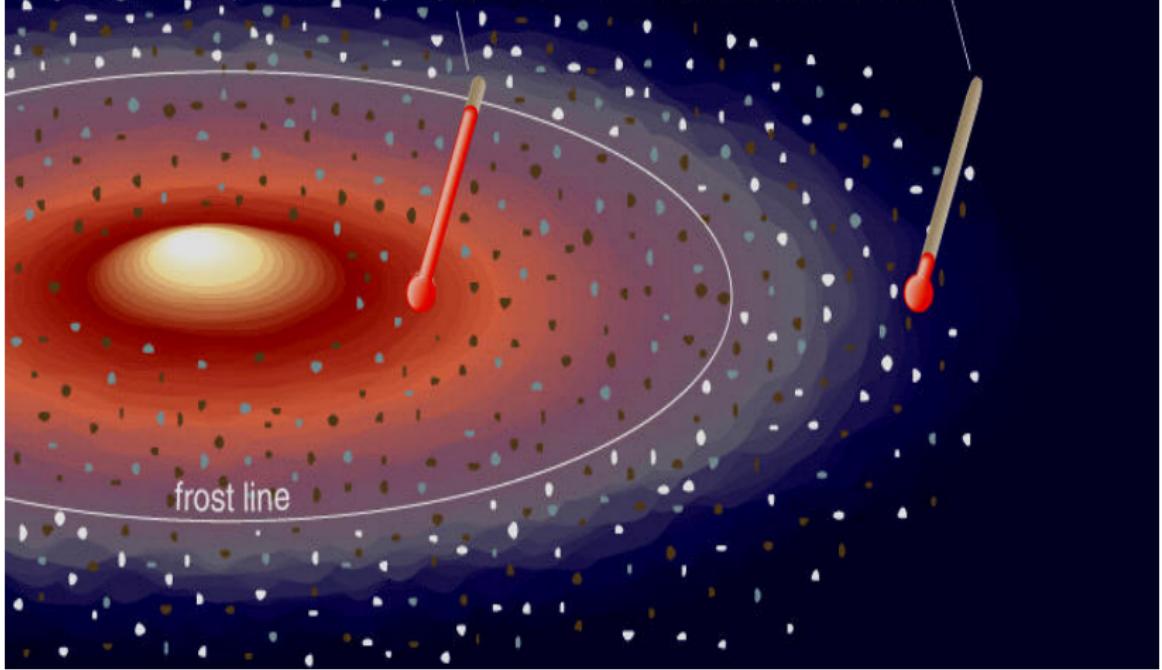
Struktura protoplanetarnih diskova



17

Rocks and metals condense,
hydrogen compounds stay vaporized.

Hydrogen compounds, rocks,
and metals condense.



Protoplanetarni disk

Struktura protoplanetarnih diskova



18

PROTOPLANETARY DISKS

RH J1615

Light-years from Earth: 600
Instrument: SPHERE



HD 163296

Light-years from Earth: 600
Instrument: SPHERE

HD 169142

HD 169142

Light-years from Earth: 380
Instrument: ALMA

Specimens exhibiting
rings, gaps, & spirals

TW HYDRAE

Light-years from Earth: 194
Instrument: ALMA

ELIANS 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

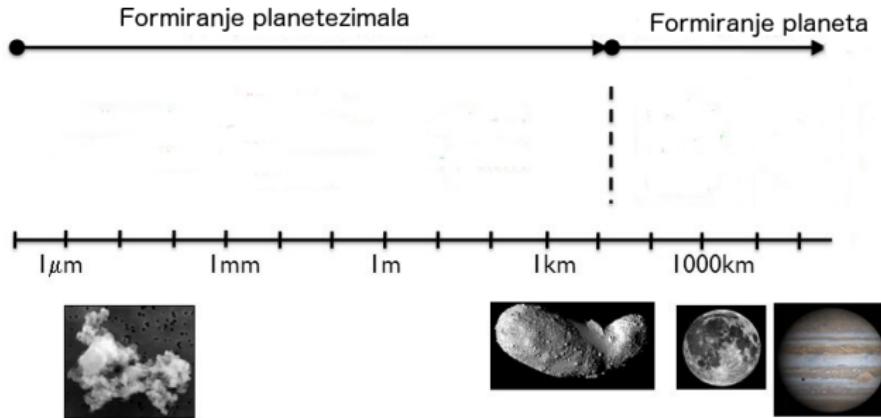
WARNING: OBJECTS NOT TO SCALE

Od prašine do planeta



19

Od prašine do planete

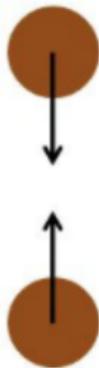


Od prašine do planeta



20

Sudar čestica prašine i lepljenje:



hit



and

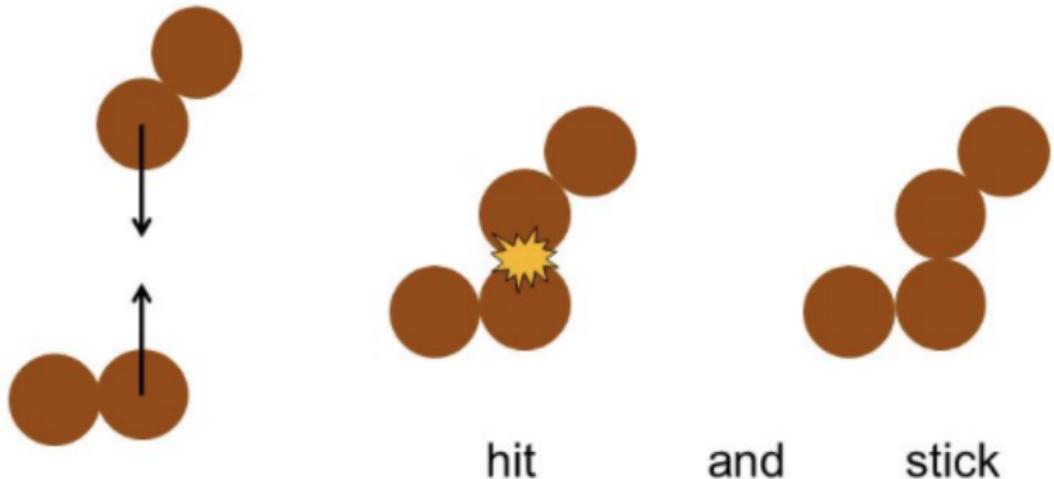


stick

Od prašine do planeta



Sudar čestica prašine i lepljenje:

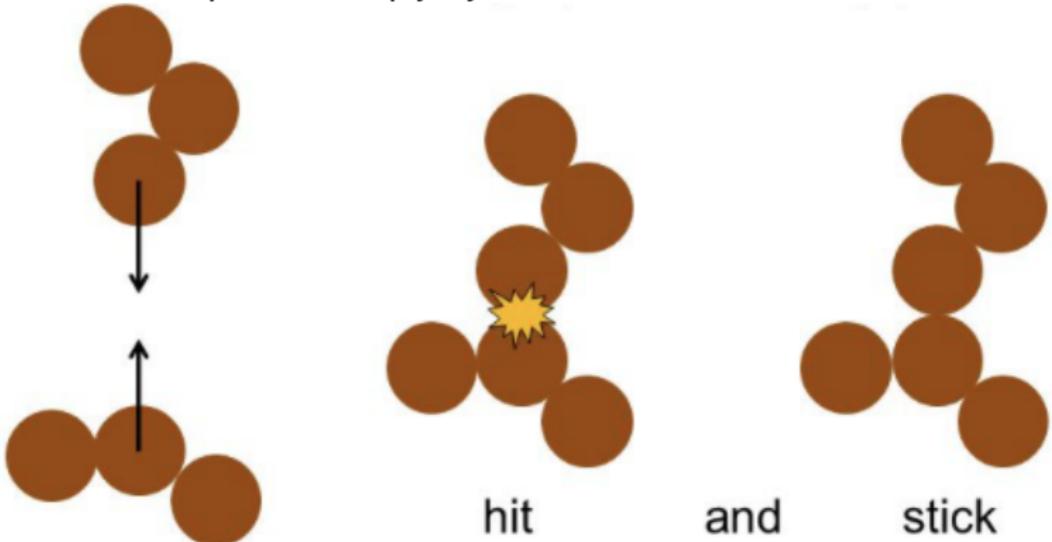


Od prašine do planeta



22

Sudar čestica prašine i lepljenje:



Od prašine do planeta

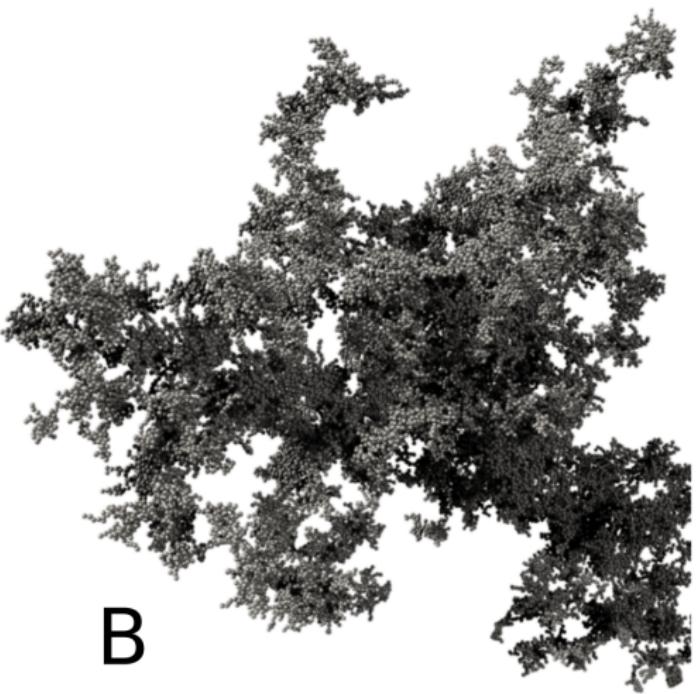


23

0.1 mm



A



B

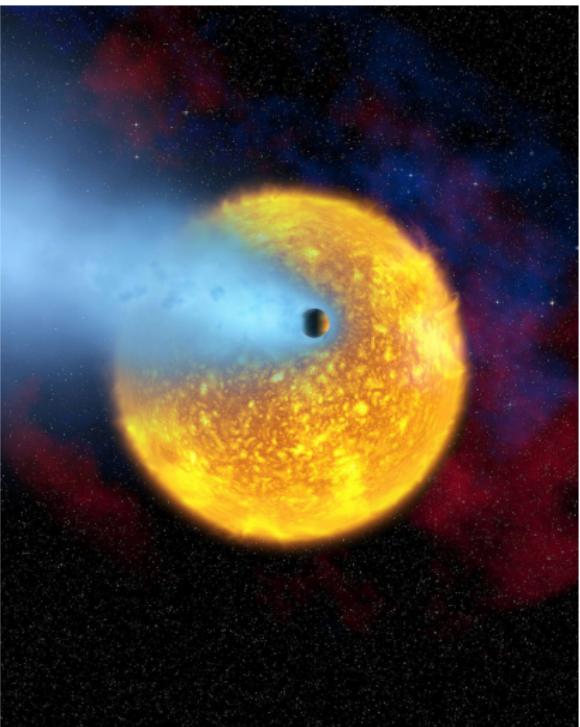
Od prašine do planeta

Metarska barijera



24

- Čestice malih veličina prate kretanje gasa u disku
- Na objekte kilometarskih veličina gas ne deluje previše
- Ali objekti metarskih veličina zbog aerodinamičkog otpora gasa imaju veoma brz radijalni transport



Od prašine do planeta

Planetezimali



25

- Planetezimali: objekti kilometarskih veličina
- Planetezimali su osnovni gradivni elementi planeta
- Prepostavlja se da su osnovni donosioci vode i organskih materija na planete u kasnijim fazama evolucije
- Da li su asteroidi i komete u Sunčevom sistemu planetezimali?



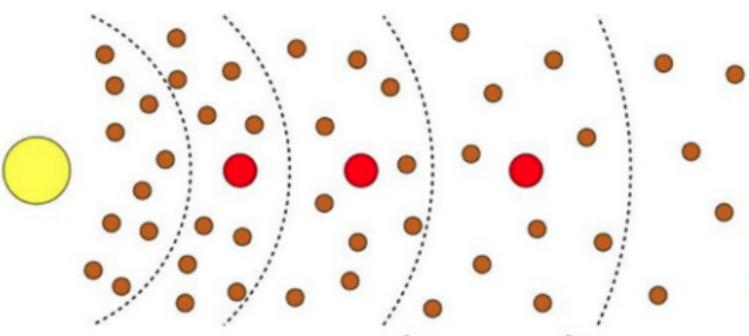
Od prašine do planeta

Planetezimali



26

- Planetezimal najmasivniji sada počinje da raste na račun ostalih
- "Hrani" se planetezimalima iz svoje okoline i postaje sve veći
- Njegov rast se završava čišćenjem tzv. zone ishrane
- Tako je formirano jezgro planeta

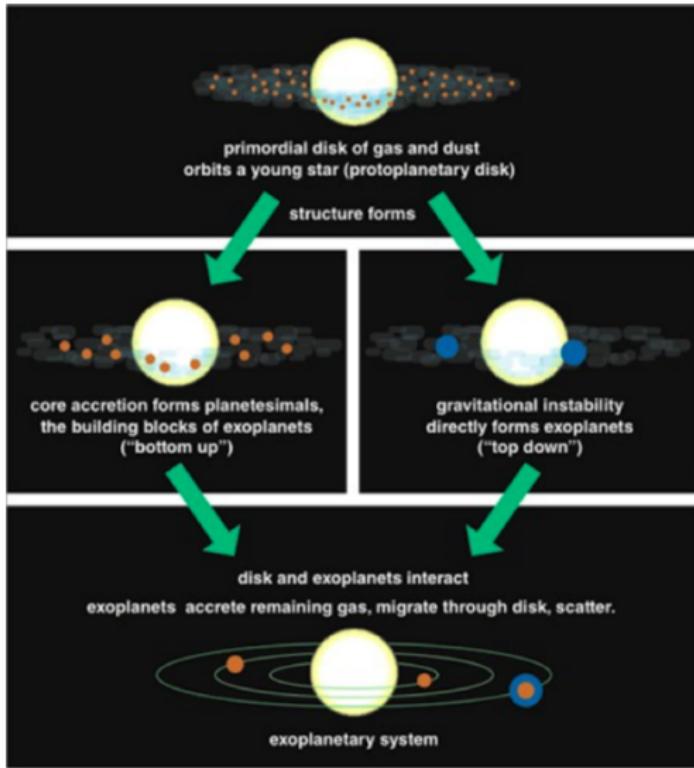


Od prašine do planeta

Planetezimali



27

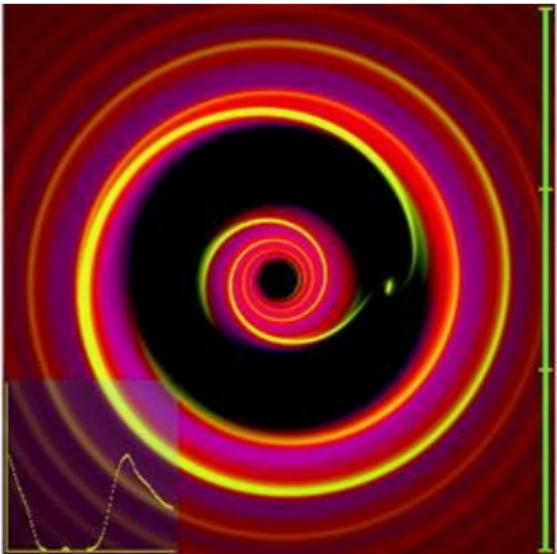
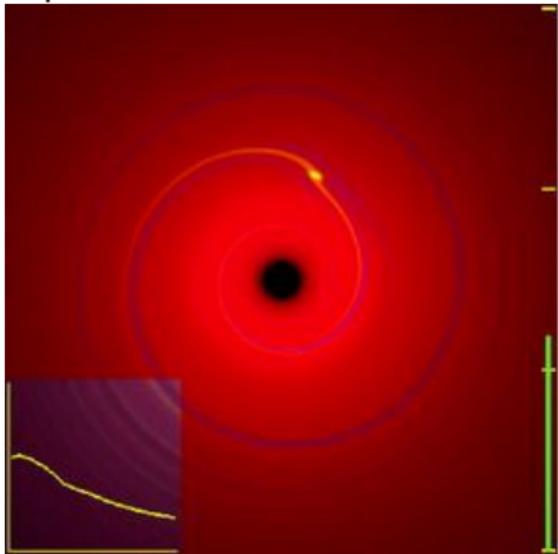


Migracije planeta



28

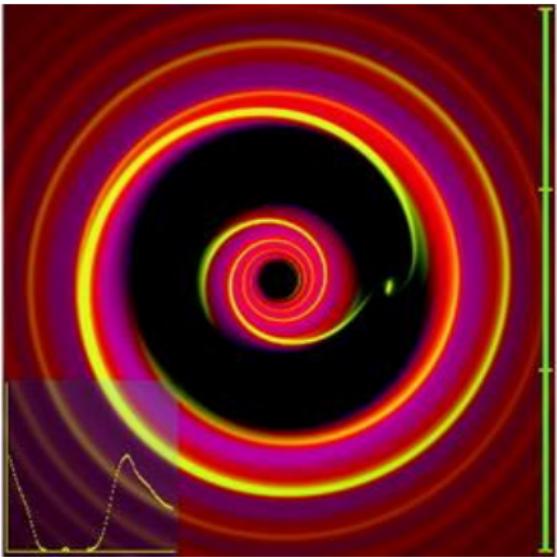
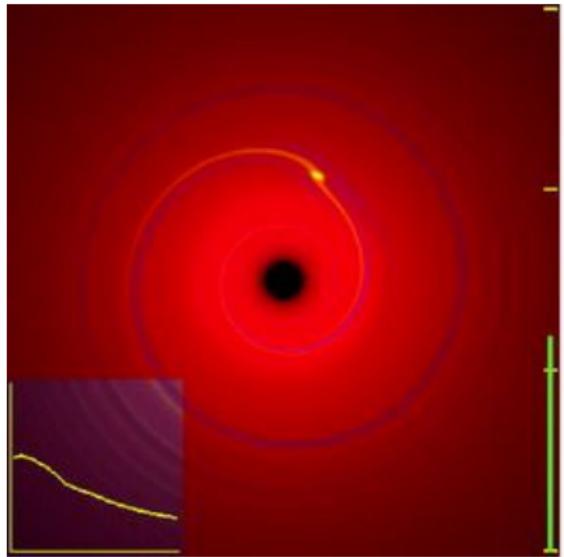
Da li su migracije planeta razlog postojanja velikog broja vrućih Jupitera?



Migracije planeta



29



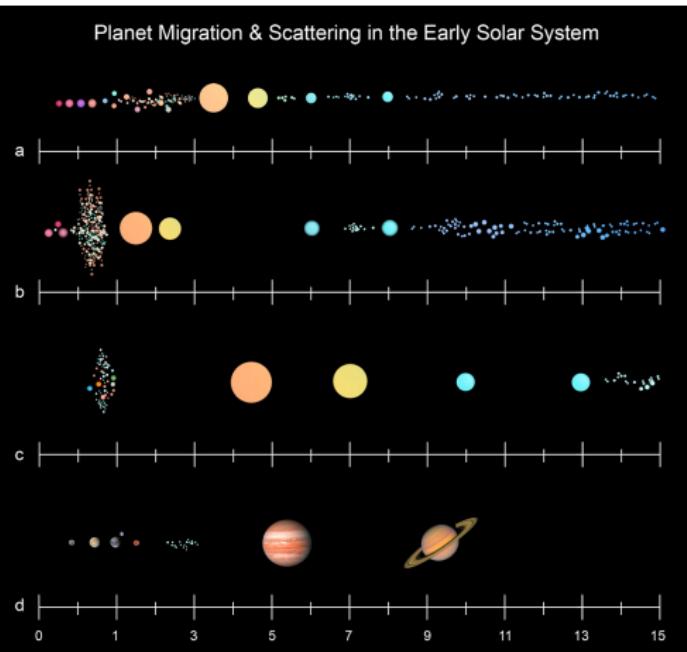
Migracije planeta



- Da li se identičan scenario desio i u Sunčevom sistemu?

- Šta je uzrokovalo onda današnju konfiguraciju planeta?

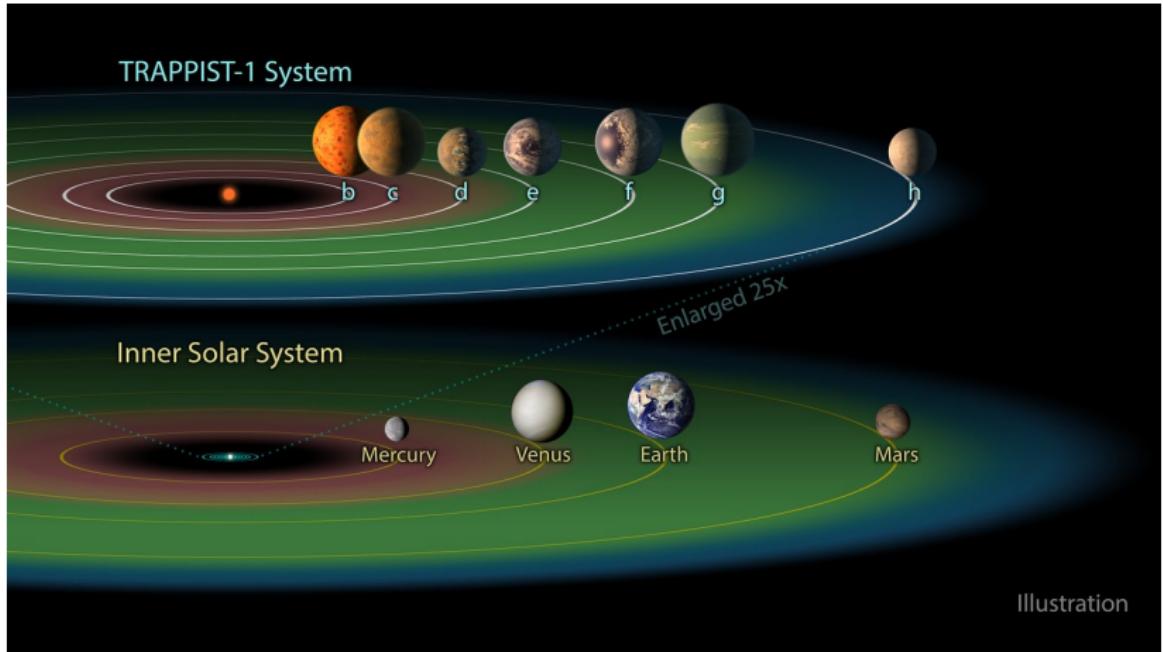
"Grand Tack" model "Nica" model



Zanimljiva teorija nastanka sistema Trappist-1 sistema



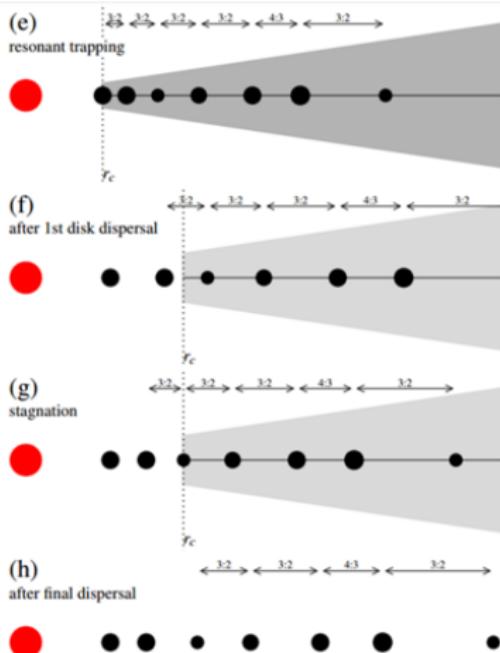
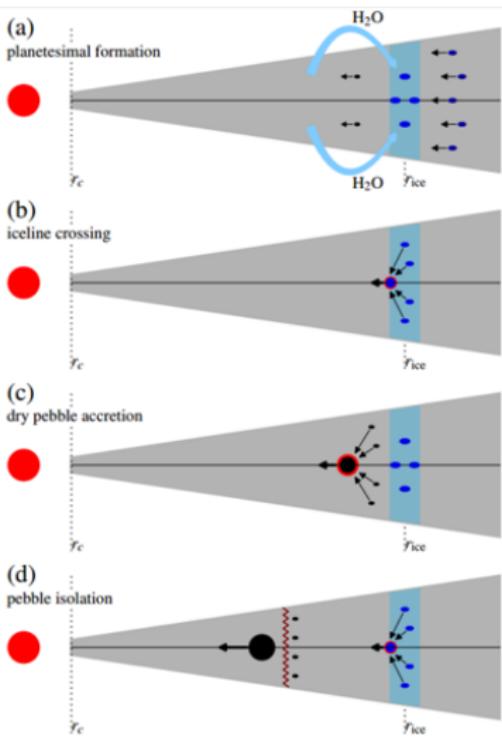
31



Zanimljiva teorija nastanka sistema Trappist-1 sistema



32

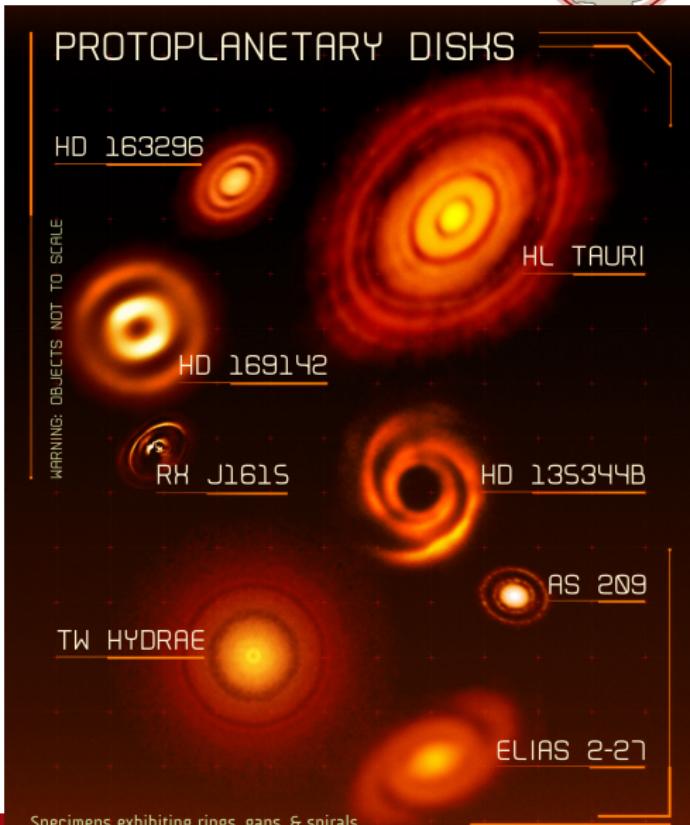


Rezime



33

- Od čestica prašine mikrometarskih veličina nastaju planetesimali
- Njihovo daljom evolucijom dolazimo do formiranja planeta
- Praznine uočene u protoplanetarnim diskovima posledica migracija planeta
- Šta to još uvek ne znamo, što otvara mogućnost za dalja istraživanja?





*Hvala na
pažnji!*