

Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za fiziku

JUPITEROVI TROJANCI

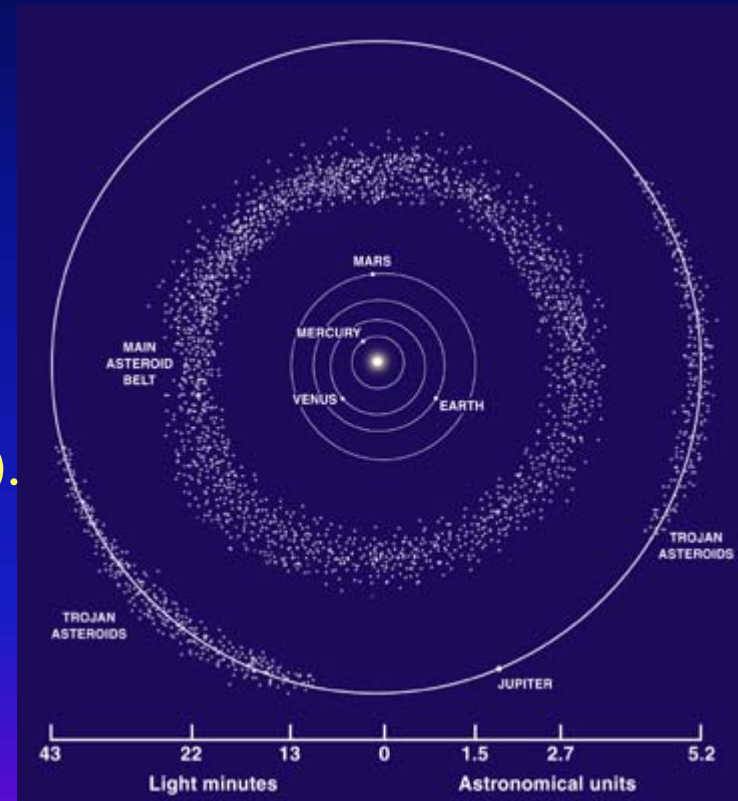


student :
Branislav Grujić

predmetni profesor :
dr. Svetlana Lukić

Šta su Trojanci?

- dve grupe asteroida (ukupno 2300 ± 500) koje se nalaze na orbiti Jupitera na oko 60° ispred i iza planete (Lagranžove tačke L4 i L5) između 5.05 i 5.40 AJ.
- dele se na grčki (oko 1300 asteroida) i trojanski kamp (oko 1000 asteroida).
- ovaj naziv se koristi i za druge manje objekte koji su u sličnom odnosu sa većim.



Kada su otkriveni?

- 1772. Francuski astronom i matematičar Lagranž (Joseph – Louis Lagrange), predvideo je postojanje dve grupe asteroida na orbiti Jupitera.
- 1906. Maks Vulf (Max Wolf) je otkrio asteroid 588 Achilles na orbiti Jupitera, na 55° ispred planete.
- Iste godine August Kopf (August Kopff) je otkrio 617 Patroclus Na 57° iza planete(L5) i 624 Hector (L4).
- Kasnije otkriveni asteroidi nazvani su po grčkim odnosno trojanskim ratnicima iz Ilijade.
- nakon više bezuspešnih pokušaja da se pronađu “Trojanci” na orbitama oko ostalih planeta Sunčevog sistema, pojavile su se sumnje u ispravnost Lagranžovih tvrdnji o postojanju “stabilnih tačaka”, sve do 1990. kada su američki astronomi Dejvid Levi (David H. Levy) i Henri Holt (Henry E. Holt) otkrili asteroid u okolini prateće Lagranžove tačke Marsa.

Gde se nalaze?

1772. Lagranž je u velikoj meri rešio problem uzajamnog delovanja tri tela (Sunce, planeta i asteroid).

Utvrдио je postojanje 5 tačaka (L1-L5) u kojima asteroid može da ima približno istu putanju kao planeta.

Od ovih 5 tačaka, samo dve su

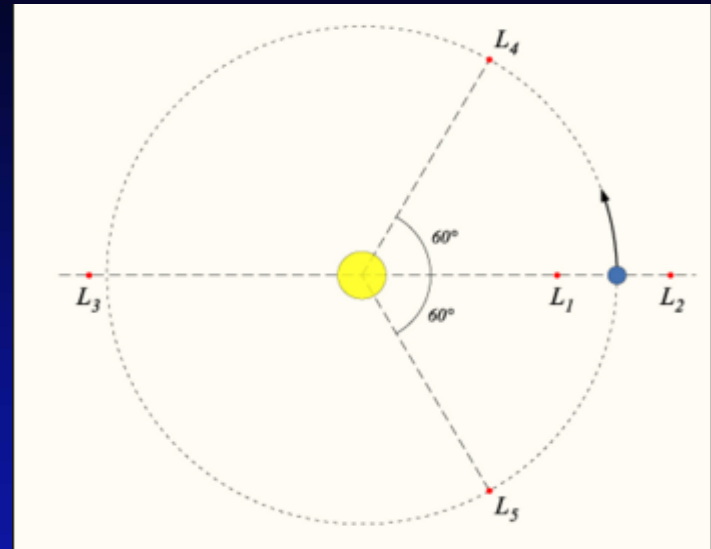
zaista stabilne (L4 i L5) i nalaze se na orbiti

planete na oko 60° ispred i iza planete. U tački L4 ispred Jupitera, nalazi se Grčki kamp. Neki od asteroida iz ove grupe su:

Achilles, Hector, Nestor, Agamemnon, Odysseus, Ajax,

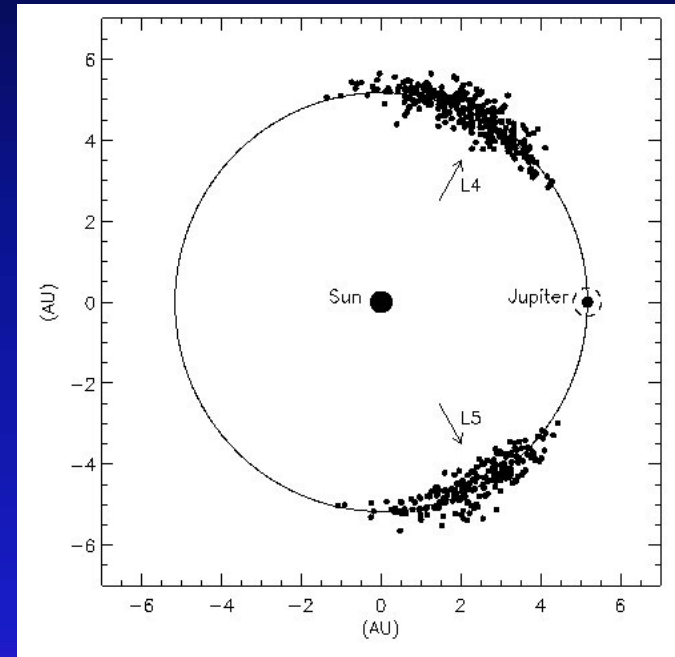
Antilochus, Diomedes, Menelaus... U tački L5 nalazi se Trojanski kamp. U Trojanskom kampu se, između ostalih nalaze: Patroclus,

Priamus, Aeneas, Anchises, Troilus...

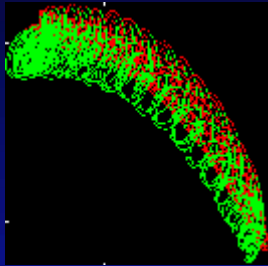


Gde se nalaze?

Na položaj trojanaca, pored Sunca i Jupitera, utiču i ostale planete, pa oni nisu fiksirani (u odnosu na Jupiter) u L4 i L5, već se nalaze u njihovoj okolini, uz odstupanje i do 70° na obrti Jupitera. Inklinacija im varira i do 40° .

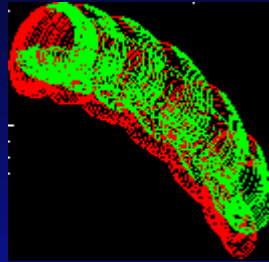


Grčki kamp



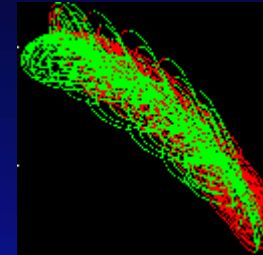
1437 Diomedes

Velika poluosa - 5.158
Inklinacija - 20.5
Ekscentricitet - 0.043
Perihel - 4.934
Afel - 5.383
Aps. Magnituda - 8.30



1583 Antilochus

Velika poluosa - 5.106
Inklinacija - 28.6
Ekscentricitet - 0.052
Perihel - 4.841
Afel - 5.372
Aps. Magnituda - 8.60

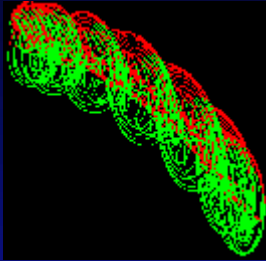


3063 Makhaon

Velika poluosa - 5.184
Inklinacija - 12.2
Ekscentricitet - 0.059
Perihel - 4.879
Afel - 5.489
Aps. Magnituda - 8.6

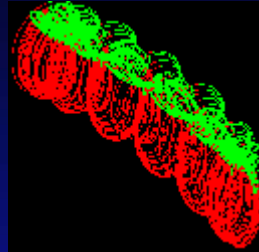
Putanje pojedinih trojanaca u koordinatnom
sistemu vezanom za ravan ekliptike

Grčki kamp



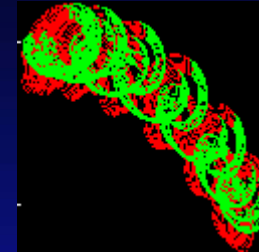
3391 Sinon

Velika poluosa - 5.295
Inklinacija - 14.9
Ekscentricitet - 0.082
Perihel - 4.858
Afel - 5.731
Aps. Magnituda - 10.3



3709 Polypoites

Velika poluosa - 5.261
Inklinacija - 19.6
Ekscentricitet - 0.061
Perihel - 4.939
Afel - 5.583
Aps. Magnituda - 9.0

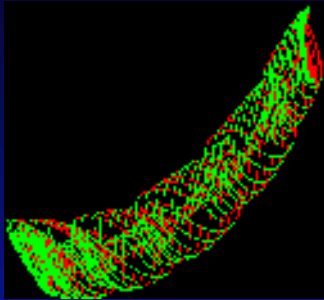


3801 Thrasymedes

Velika poluosa - 5.312
Inklinacija - 28.5
Ekscentricitet - 0.022
Perihel - 5.193
Afel - 5.431
Aps. Magnituda - 11.3

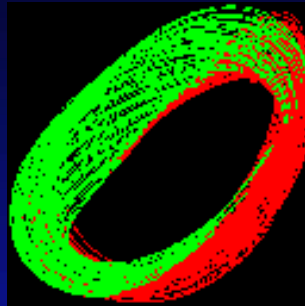
Putanje pojedinih trojanaca u koordinatnom
sistemu vezanom za ravan ekliptike

Trojanski kamp



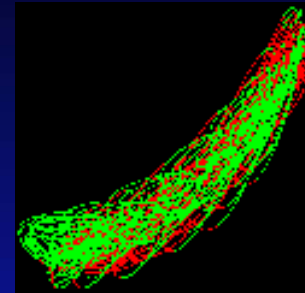
1871 Astyanax

Velika poluosa - 5.196
Inklinacija - 6.1
Ekscentricitet - 0.146
Perihel - 5.115
Afel - 5.465
Aps. Magnituda - 11.0



3708 1974 FV1

Velika poluosa - 5.221
Inklinacija - 13.4
Ekscentricitet - 0.158
Perihel - 4.399
Afel - 6.044
Aps. Magnituda - 9.3

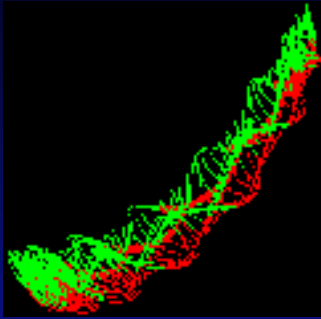


4708 Polydoros

Velika poluosa - 5.287
Inklinacija - 7.0
Ekscentricitet - 0.059
Perihel - 4.974
Afel - 5.599
Aps. Magnituda - 9.5

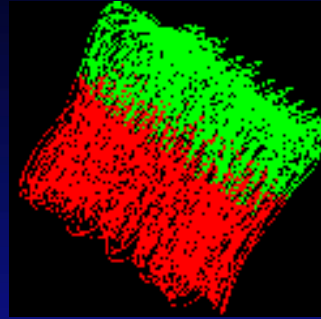
Putanje pojedinih trojanaca u koordinatnom
sistemu vezanom za ravan ekliptike

Trojanski kamp



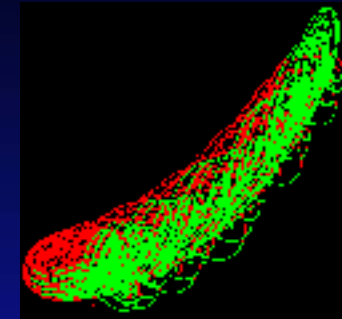
4829 Sergestus

Velika poluosa - 5.110
Inklinacija - 8.6
Ekscentricitet - 0.049
Perihel - 4.861
Afel - 5.359
Aps. Magnituda - 10.7



4902 Thessandrus

Velika poluosa - 5.209
Inklinacija - 9.1
Ekscentricitet - 0.043
Perihel - 4.987
Afel - 5.432
Aps. Magnituda - 9.6



7814 Dolon

Velika poluosa - 5.297
Inklinacija -20.3
Ekscentricitet - 0.058
Perihel - 4.989
Afel - 5.606
Aps. Magnituda - 10.4

Putanje pojedinih trojanaca u koordinatnom
sistemu vezanom za ravan ekliptike

588 Achilles

Grčki kamp

Otkrio ga je nemački astronom Maks Wolf, 22. II 1906.

Prvi je otkriveni trojanac, nazvan po heroju iz trojanskog rata.

Orbitira oko L4 tačke sistema Sunce – Jupiter.

Osnovni podaci:

- asteroid D-tipa
- *ekscentricitet*: 0.147
- *velika poluosa*: 5.192 AJ
- *perihel*: 4.428 AJ
- *afel*: 5.956 AJ
- *orbitalni period*: 4320.803 d
- *srednja brzina*: 13.00 km/s
- *inklinacija*: 10.324°

- *prečnik* : 116 km
- *masa* : $2.6 \cdot 10^{18}$ kg
- *gustina*: 2.0 g/cm³
- *apsolutna magnituda*: 8.67
- *albedo* : 0.0328
- *površinska temperatura* ~124 K

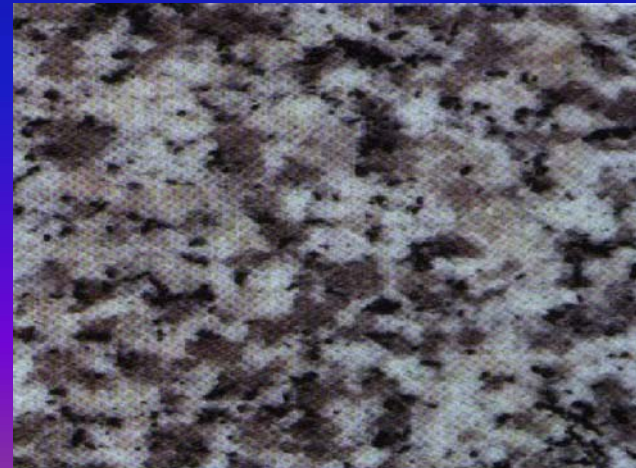
624 Hektor

Trojanski kamp

Jedan od najvećih trojanaca, dimenzija 370 * 195 km. Otkrio ga je August Kopf, 10. II 1907. Po obliku možda sličan 216 Kleopatri, ili ga čine dva vrlo bliska tela. Asteroid D-tipa, tamno-crvene boje.

Osnovni podaci:

- asteroid D-tipa
 - *ekscentricitet*: 0.024
 - *velika poluosa*: 5.222 AJ
 - *perihel*: 5.095 AJ
 - *afel*: 5.349 AJ
 - *orbitalni period*: 4358.521d
 - *srednja brzina*: 13.03 km/s
 - *inklinacija*: 18.198°
- *masa* : $1.4 \cdot 10^{19}$ kg
 - *gustina*: 2.0 g/cm³
 - *apsolutna magnituda*: 7.49
 - *albedo* : 0.087
 - *površinska temperatura* ~122 K



1647 Menelaus

Grčki kamp

Osnovni podaci:

- *ekscentricitet*: 0.023
- *velika poluosa*: 5.232 AJ
- *perihel*: 5.114 AJ
- *afel*: 5.350 AJ
- *inklinacija*: 5.6°
- *apsolutna magnituda*: 10.3



617 Patroclus

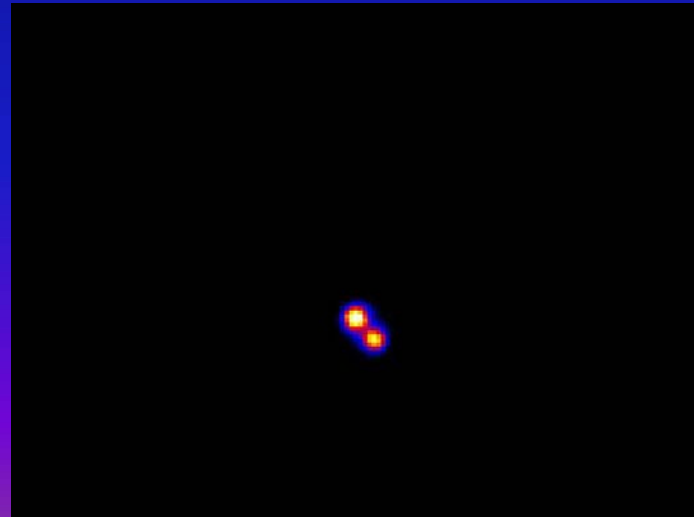
Trojanski kamp

Drugi pronađeni trojanac. Otkrio ga ja A. Kopff, 17 X 1906.
Ovo je dvojni trojanac (par mu je S/2001(617)1).

Osnovni podaci:

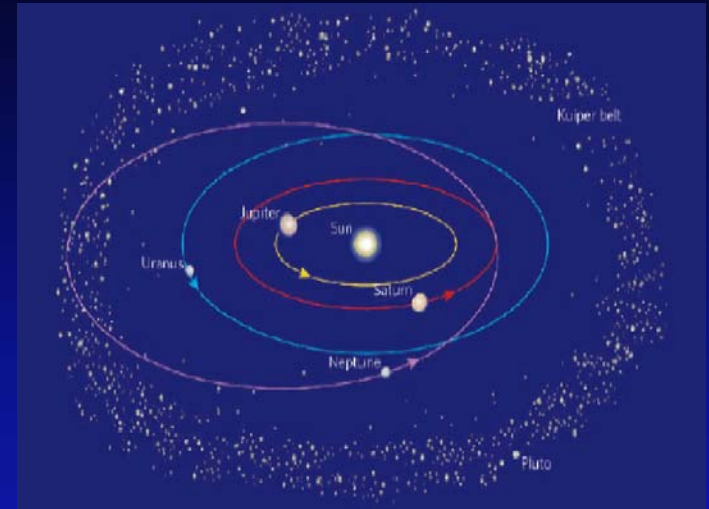
- asteroid P-tipa
- *ekscentricitet*: 0.138
- *velika poluosa*: 5.227 AJ
- *perihel*: 4.506 AJ
- *afel*: 5.949 AJ
- *orbitalni period*: 4365.7 d
- *inklinacija*: 22.034 °

- *masa* : $(1.4 \text{ ili } 4.3) \cdot 10^{18} \text{ kg}$
- *gustina*: $(0.8 \text{ ili } 2.6) \text{ g/cm}^3$
- *apsolutna magnituda*: 8.19
- *albedo* : 0.003?



Poreklo Trojanaca

- prema ideji koju su izneli Alessandro Morbidelli, Kloemenis Tsiganis, Hal Levison i Rodney Gomez, u ranoj istoriji sunčevog sistema došlo je do pomaranja orbita Jupitera i Saturna pod uticajem velikog broja planetezimala koji su formirali “disk” iza orbite Neptuna, što je prouzrokovalo da odnos njihovih perioda bude 1:2. Gravitaciona rezonancija ove dve planete je “odgurala” Uran i Neptun dalje od Sunca. Kada su se Uran i Neptun našli u disku planetezimala, odbacili su ih kroz sunčev sistem, gde su zarobljeni na orbiti Jupitera.
- S.J. Kortenkamp i D.P. Hamilton izložili su model zasnovan na uticaju oblaka gasa i jezgra protoplanete od $10 m_{\oplus}$ sa ekscentricitetom $e = 0.05$ na planetezimale različitih masa koji orbitiraju oko jezgra. Prilikom deformacija orbita u pravcu Sunca, većina ih biva zarobljena.



Poreklo Trojanaca

Od posebnog značaja su planetezimali na orbitama unutar 0.4 AJ od jezgra (koje je na oko 5.2 AJ od Sunca). Njihov međusobni uticaj dovodi do haotičnog ponašanja, značajan broj (1%) planetezimala stiče veoma ekscentrične orbite, kada stupaju u 1:1 rezonanciju sa jezgrom.

- Heather J. Fleming i Douglas P. Hamilton izneli su tezu da je spora akrecija mase Jupitera od $10 m_z$ do današnjih razmera i povećanja velike poluose dovelo do zarobljavanja trojanaca.
- Postoji i više drugih teorija po kojima su trojanci možda komete ili “odbegli” sateliti Jupitera.



Izvori:

- **Origin of the Trojan Asteroids: Effects of Jupiter's Mass Accretion and Radial Migration**,
Heather J. Fleming and Douglas P. Hamilton
- **Asteroid Formation: Origin of the Trojans**,
S.J. Kortenkamp, D.P. Hamilton (University of Maryland)
- **The capture of Jupiter Trojans during the passage of Jupiter and Saturn through their mutual 1:2 mean motion resonance**, *A. Morbidelli (OCA, Nice, France), H. F. Levison (SWRI/OCA), K. Tsiganis (OCA), R. Gomes (ON/OCA)*
- www.britannica.com
- **Solving three mysteries at once**,
Belle Dumé, naučni saradnik *PhysicsWeb*