

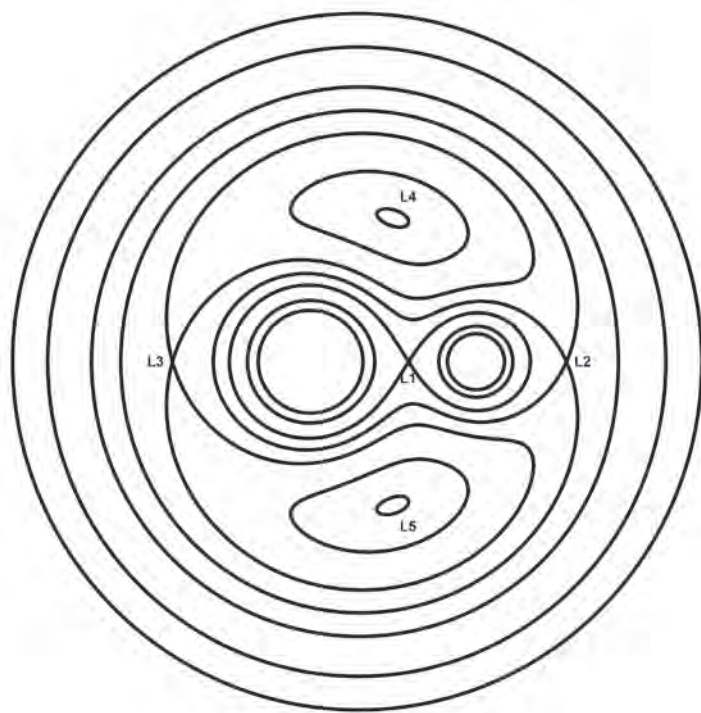
Prvi Zemljin Trojanec

Mirko Kokole

Kako se gibljejo nebesna telesa po vesolju, je človeka zanimalo že v pradavnini. Že stare civilizacije so opazile, da se nekatera telesa na nebu glede na nepremične zvezde gibljejo zelo čudno. Sedaj vemo, da so to planeti, ki lahko na nebesni sferi navidezno rišejo prav zanimive krivulje.

Vsa gibanja nebesnih teles znamo danes dobro pojasniti in jih lahko dobro opišemo z enačbami klasične mehanike. Imamo ra-

čunalnike, ki lahko zelo natančno izračunajo, kako več nebesnih teles vpliva drugo na drugo. Tako lahko zelo dobro določijo njihovo gibanje. Pred le nekaj stoletji pa so se s tem, kako se gibajo nebesna telesa in kakšen je njihov medsebojni vpliv, ukvarjali najbistroumnejši znanstveniki tistega časa. Med njimi je bil tudi Joseph Luis Lagrange. Ta veliki matematik je veliko časa posvetil preračunavanju gibanja nebesnih te-



Slika prikazuje konturni graf efektivnega potenciala dveh teles. Točke L1 do L3 se nahajajo na premici, ki jo določata telesi, točki L4 in L5 pa tvorita s telesi enakostrančne trikotnike, se pravi, da se nahajata šestdeset stopinj pred manjšim telesom (L4) oziroma šestdeset stopinj za njim (L5). Točke L1 do L3 so sedla potenciala in predstavljajo nestabilne točke. Točki L4 in L5 sta lokalna maksimuma in sta zaradi relativne položnosti potenciala v njihovi bližini dinamično stabilni točki. Telo v točkah L4 in L5 se bo gibalo stabilno v sozvočju z velikima telesoma.

Efektivni potencial dveh teles. Telesa v vesolju delujejo drugo na drugo z gravitacijo. Gibanje dveh teles zaradi gravitacije lahko rešimo splošno, gibanja treh pa ne, in se moramo zadovoljiti s približki. Eden od preprostejših približkov zadeva gibanje telesa z majhno maso pod vplivom gravitacije dveh teles z večjo maso. Gravitacija teles z večjo maso na telo z manjšo se s krajem spreminja. Pogosto je opis preprostejši, če izračunamo (negativno) delo

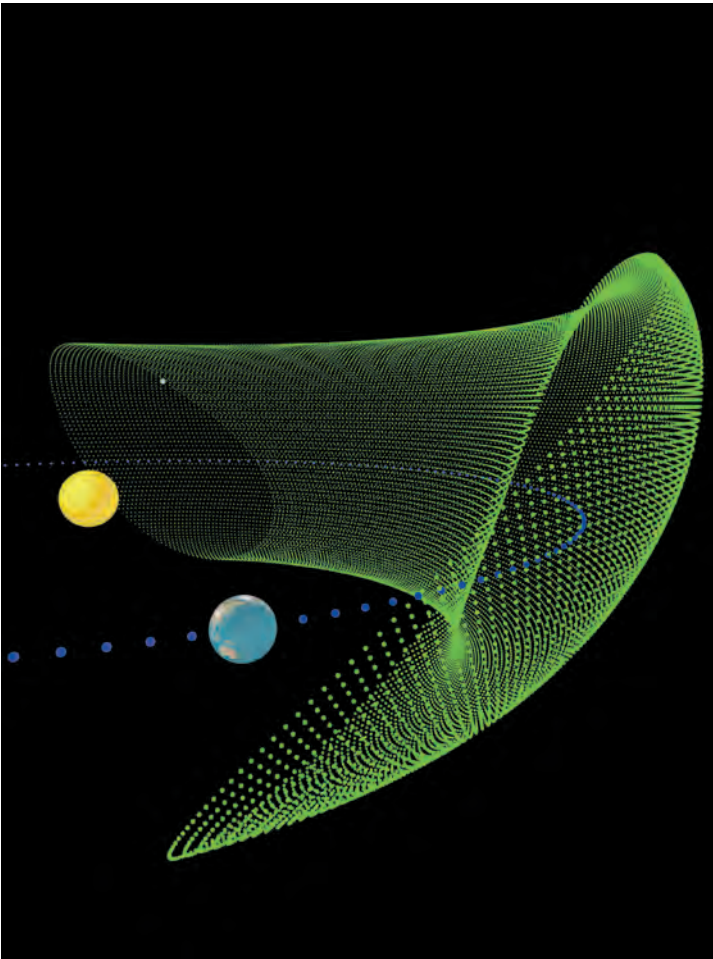
gravitacije. Če izhajamo iz zelo velike razdalje, dobimo s tem potencialno energijo, ki jo preračunamo na kilogram opazovanega telesa, to je potencial. Ponazorimo si ga z ukrivljeno ploskvijo, v primeru dveh teles z znatno maso z jamo, ki je najgloblja na kraju obeh teles. To izkoristimo pri opisu gibanja tretjega telesa z manjšo maso. Upoštevati moramo še, da se telesi z znatno maso gibljeta okoli skupnega težišča. Razlago prispeval Janez Strnad.

les. Rezultat njegovih raziskovanj je danes veja mehanike, ki ji pravimo Lagrangeeva mehanika.

Problem treh teles se ukvarja z medsebojnim gibanjem treh teles z maso, med katerimi deluje gravitacijska sila. Iz klasične mehanike vemo, da je tako gibanje teles kaotično, če so mase teles po velikosti med seboj primerljive. Če pa ima eno telo veliko manjšo maso kot drugi dve, je problem nekoliko lažje rešiti, saj rešimo najprej problem dveh teles, ki je preprost, in nato opazujemo samo vpliv teh dveh teles na veliko manjše telo. Prav s takim problemom se je ukvarjal Lagrange in ugotovil, da obstaja v takem

sistemu dveh teles pet točk, kjer se sile večjih teles na manjše telo uravnovesijo. V teh točkah bo majhno telo potovalo v sozvočju z velikima telesoma. Danes tem točkam pravimo Lagrangeeve točke ali libracijske točke.

Poglejmo si sedaj kar naš sistem Sonca in Zemlje. Razmerje med njunima masama je 333.000, kar pomeni, da je Sonce 333.000-krat masivnejše od Zemlje. Hitro vidimo, da se vrtita okoli skupnega težišča, ki se nahaja v notranjosti Sonca. Tak sistem dveh teles ima, kot smo že povedali, pet Lagrangeevih točk. Prva Lagrangeeva točka L1 se nahaja na daljici med Soncem in Zemljo. V tej točki se sile na majhno te-



Izračunana orbita asteroida 2010 TK7, ki se giblje okoli Zemljine točke L4 in je zato prvi odkriti Zemljin Trojanec. Slika predstavlja gibanje asteroida v z Zemljo korotirajočem (istosmerno vrtečem se) koordinatnem sistemu. Gibanje asteroida 2010 TK7 je zelo zapleteno in – kot lahko vidimo iz slike – dosega tudi zelo velike izhode iz ekliptike. Prav to je razlog, da ta asteroid kljub temu, da je Trojanec, ni primeren za postavitev vesoljske postojanke na njem.

Foto: Martin Connors, Paul Wiegert, Christian Veillet.

lo uravnovesijo, se pravi, da je gravitacijski vpliv Sonca enak Zemljinemu. Točka L1 je edina ravnovesna točka, ki bi obstajala tudi v nevrtečem (nerotirajočem) se sistemu dveh teles. Ker pa se Zemlja vrti okoli Sonca, na majhno telo – če ga gledamo iz tega pospešenega (neinerercialnega) rotirajočega sistema –, deluje tudi sistemska centrifugalna sila. Zato lahko v takem sistemu obstajajo tudi druge ravnovesne točke, med katerimi sta točki L2 in L3, ki se tako kot točka L1 nahajata na premici, ki jo določata Sonce in Zemlja. Točka L2 se nahaja na drugi strani Zemlje kot Sonce in je, ker je masa Zemlje veliko manjša od mase Sonca, enako oddaljena od Zemlje kot točka L1, to je približno 1.500.000 kilometrov. Točka L3 se nahaja na drugi strani Sonca kot Zemlja. Kot zanimivost povejmo, da je te točke pred Lagrangeem odkril že Euler leta 1750. Lagrange pa je leta 1772 s svojimi računi dodal še dve ravnovesni točki. To sta točki L4 in L5, ki sta od Sonca oddaljeni tako kot Zemlja in se nahajata šestdeset stopinj pred Zemljo in šestdeset stopinj za njo. Najlažje si ju predstavljamo, če skozi točko L4 ali L5 ter Sonce in Zemljo narišemo enakostranični trikotnik.

Lagrange je do teh ravnovesnih točk prišel tako, da je iskal ekstrema efektivnega potenciala dveh masivnejših teles, v katerem se giblje telo z maso. Masa tretjega telesa mora biti veliko manjša od mas glavnih teles. Ravnovesne točke najdemo v ekstremih efektivnega potenciala. Kakšen je ta ekstrem, minimum, maksimum ali sedlo, pa nam nekaj pove o stabilnosti teh točk. Točke L1 do L3 predstavljajo sedla, točki L4 in L5 pa sta lokalna maksimuma. Od tod lahko zaključimo, da nobena od teh točk ni popolnoma stabilna. Vendar se pokaže, da lahko telo, ki se navidezno giblje okoli točk L4 in L5, tam ostane tudi dlje časa. Asteroid v taki orbiti bo okoli Sonca krožil s periodo, ki je približno enaka Zemljini. Gledano z Zemlje se bo vedno nahajal pred (L4) ali za njo (L5) in se ji bo nekoliko

približeval in nato oddaljeval. Gledano z vrha istosmerno vrtečega se sistema bo njegova tirnica delala krivuljo v obliki ledvice, ki pa se lahko v izjemnem primeru raztegne tudi vse do točke L3 ter jo tudi preide. Če se to zgodi, dobi tirnica v istosmerno vrtečem se sistemu obliko podkve.

Vsak sistem dveh teles ima svoji točki L4 in L5, zato lahko pričakujemo, da bomo našli v našem osončju več asteroidov, ki so se ujeli v tej točki. Do sedaj so odkrili največ asteroidov v točkah L4 in L5 Jupittra, kar ni presentljivo, saj je najmasivnejši planet v našem osončju. Teh asteroidov, ki jih imenujemo tudi Trojaneci, je danes znanih že več tisoč. Vendar pa kljub temu, da smo vedeli, da ima lahko Trojanec tudi Zemlja, do nedavnega ni uspelo odkriti še nobenega. Velik razlog za to je prav gotovo njihova navidezna bližina Soncu na nebu, kar otežuje njihovo iskanje. 28. julija letos se je to dejstvo spremenilo, ko je skupina astronomov prijavila odkritje prvega Zemljinega Trojanca, ki ima za zdaj še začasno oznako 2010 TK₇.

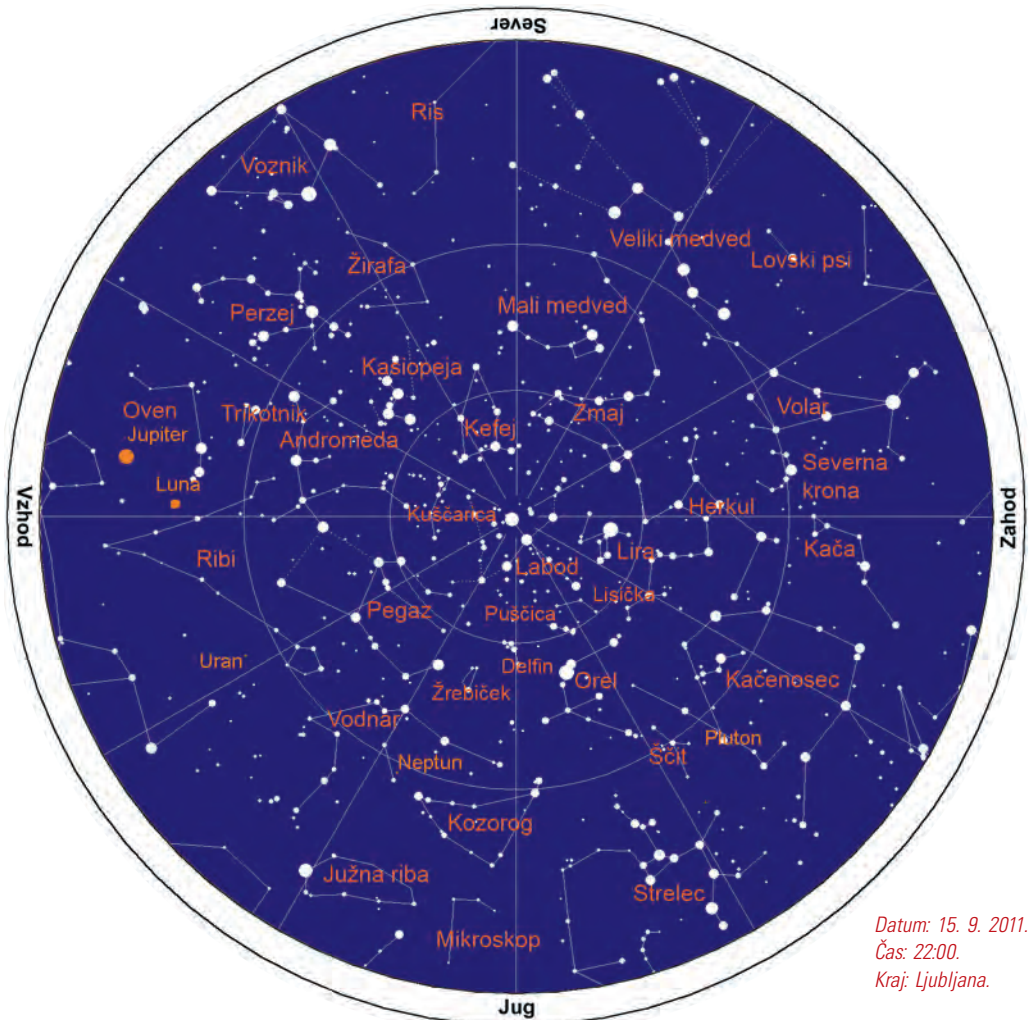
Asteroid 2010 TK₇ so odkrili lansko leto na posnetkih infrardečega teleskopa WISE (Wide field Infrared Survey Explorer), ki je natanko preiskoval predel neba, oddaljen devetdeset stopinj od Sonca. Preiskava vseh odkritih asteroidov je dala dva kandidata. To sta bila asteroida 2010 SO₁₆ in 2010 TK₇. Za oba se je pokazalo, da sta Zemljina »sotirnika«, se pravi, da se nahajata na skupni tirnici z Zemljo in imata približno takšen obhodni čas kot Zemlja.

Za prvi asteroid so kasnejše meritve in izračuni pokazali, da se giblje po podkvasti orbiti in tako ni Trojanec, asteroid 2010 TK₇ pa se giblje po orbiti, ki ima obliko ledvice, okoli Lagrangeeve točke L4. Kot lahko vidimo iz slike, njegova tirnica ni prav nič preprosta, saj divje skače tudi ven iz ekliptike. Gledano s Sonca je v najbližji točki od njega oddaljen 0,81 astronomske

enote in največ 1,19 astronomske enote. Trenutno tirnico asteroida 2010 TK₇ lahko zelo dobro napovemo. Dolgočasovni izračuni so pokazali, da je zaradi perturbacij (motenj) ostalih teles v Osončju njegovo tirnico nemogoče napovedati za več kot 7.000 let v prihodnost. Izračuni v preteklosti nam povejo, da je približno leta 500 našega štetja asteroid 2010 TK₇ prešel iz orbite okoli točke L5 preko točke L3. Trenutno je v stabilni orbiti okoli točke L4, se pravi, da je pravi Trojanec. Trenutna ocena velikosti asteroida, ki sloni na privzeti vrednosti albeda 0,1, je 300 kilometrov. To pomeni, da je med večjimi sotirni-

mi Zemljinimi asteroidi.

Že nekaj časa so Trojanci obravnavani kot zanimive točke za možne vesoljske postojanke, saj jih je iz Zemlje razmeroma lahko doseči. To pa na žalost ne velja za 2010 TK₇, saj je inklinacija njegove orbite zelo velika in ga je zato veliko težje doseči kot nekatere drugi asteroide v Zemljini bližini. Ali bodo nadaljnje preiskave odkrile še kakšnega Zemljinega Trojanca, bomo videli v bližnji prihodnosti.



Datum: 15. 9. 2011.
Čas: 22:00.
Kraj: Ljubljana.