

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 12 (1984/1985)

Številka 2

Strani 66-70

Andrej Čadež in Bojan Dintinjana:

## GIBANJE PLANETOV

Ključne besede: astronomija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/12/705-Cadez-Dintinjana.pdf>

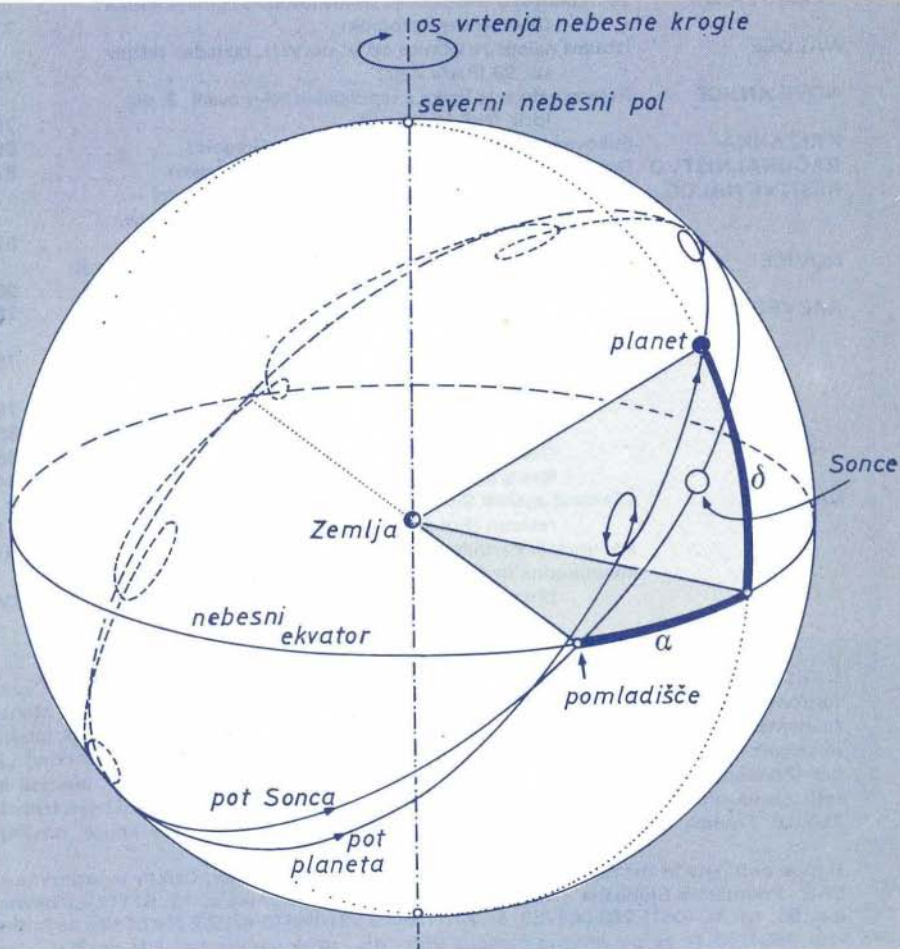
© 1984 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

# ASTRONOMIJA

## GIBANJE PLANETOV



Slika 1. Grki so si predstavljali, da se kristalna krogla (nebesna krogla) z zvezdami vrti okrog Zemlje v središču, Sonce in planeti pa se gibljejo po tej krogli, kot je narisano. "Le-go" nebesnega telesa so podali z dvema koordinatama: rektascenzijo ( $\alpha$ ) in deklinacijo ( $\delta$ ). Čeprav Zemlja gotovo ni središče sveta, je tak opis leg nebesnih teles zelo prikladen in je še vedno v rabi.

Že od nekdaj so ljudje želeli vedeti, na katerem delu neba naj iščejo planete. Stari Grki so mislili, da so zvezde pripete na kristalni krogli, katere središče je v središču Zemlje. Predstavljali so si, da se ta krogla v slabem dnevu (v 23 urah in 56 minutah) zavrti okrog Zemlje. Planeti in Sonce pa naj bi se gibali po tej krogli v harmoničnem plesu. V skladu s tako predstavo je videti, kot da potuje Sonce enakomerno po velikem krogu nebesne krogle tako, da naredi en obhod v letu dni. Planetna gibanja po krogli pa so ob tem videti veliko bolj zamotana. Včasih se planet navidezno giblje približno v isti smeri kot Sonce (napredno), nato pa zastane in se začne za nekja časa gibati v nasprotni smeri (retrogradno), po ponovnem zastoju se zopet giblje napredno itd. (Glej sliko 1)

Stari Grki niso poznali zakonov, ki uravnavajo gibanja nebesnih teles in jih kot kaže niti niso iskali (razen Aristarha, ki je prvi menil, da morda uravnava gibanje planetov Sonce, ker je pač največje med planeti. Glej Presek VII/2.). Iskali pa so geometrijski opis planetnih tirov po nebesni krogli, kakor so jih opazili z Zemlje. Pri tem opravilu so bili dokaj uspešni in so znali na sicer kompliciran način dobro napovedati lege planetov na nebu. Njihov način opisovanja leg nebesnih teles s kotoma rektascenzijo in deklinacijo je bil tako posrečeno izbran, da ga uporabljamo še danes (slika 1).

Grški način računanja planetnih leg so uporabljali vse do 16. stoletja, ko je Kopernik pokazal, da so komplicirane poti planetov po nebesni krogli v resnici projekcija preprostega krožnega gibanja planetov okrog Sonca. Ta navidez preprosta ugotovitev je imela daljnosežne posledice, ker je vodila do zaključka, da ni Zemlja, ampak Sonce "središče sveta". Kopernikove ideje in borba zanje predstavljajo tako začetek enega najbogatejših obdobj človeške zgodovine, to je obdobja renesanse. Razen znanstvenih dosežkov je to obdobje zapustilo izredne dosežke še na področju zemljepisja, medicine, slikarstva, kiparstva in filozofije.

Že Kopernik se je zavedal, da njegova teorija ne daje povsem točnih napovedi, zato jo je poskušal izboljšati po vzorcu starih Grkov. Predstavljal si je, da se planeti "vozijo" okrog Sonca v kroglah, ki se kotalijo po krogih okrog Sonca. To nadaljevanje je sicer izboljšalo natančnost rezultatov, vendar pa je pomenilo korak v napačno smer.

Naslednji veliki korak pri razlagi gibanja planetov je naredil Johannes Kepler v 17. stoletju. Po dotedaj najbolj natančnih opazovanjih Tycha Braheja je odkril tri zakonitosti v zvezi z gibanjem planetov. Te zakonitosti – poimenujemo jih po njem – povedo tole:

- i) planeti se gibljejo okrog Sonca po elipsah, v katerih gorišču je Sonce;
- ii) zveznica med Soncem in planetom opisuje v enakih časih enake ploščine;
- iii) razmerje med tretjo potenco velike osi elipse in kvadratom obhodnega časa planeta okrog Sonca je za vse planete enako.

Največji dosežek, ki je bil tesno povezan z raziskovanjem planetnega gibanja, je bilo odkritje vzrokov za to gibanje. Našel jih je Newton okrog sedem-

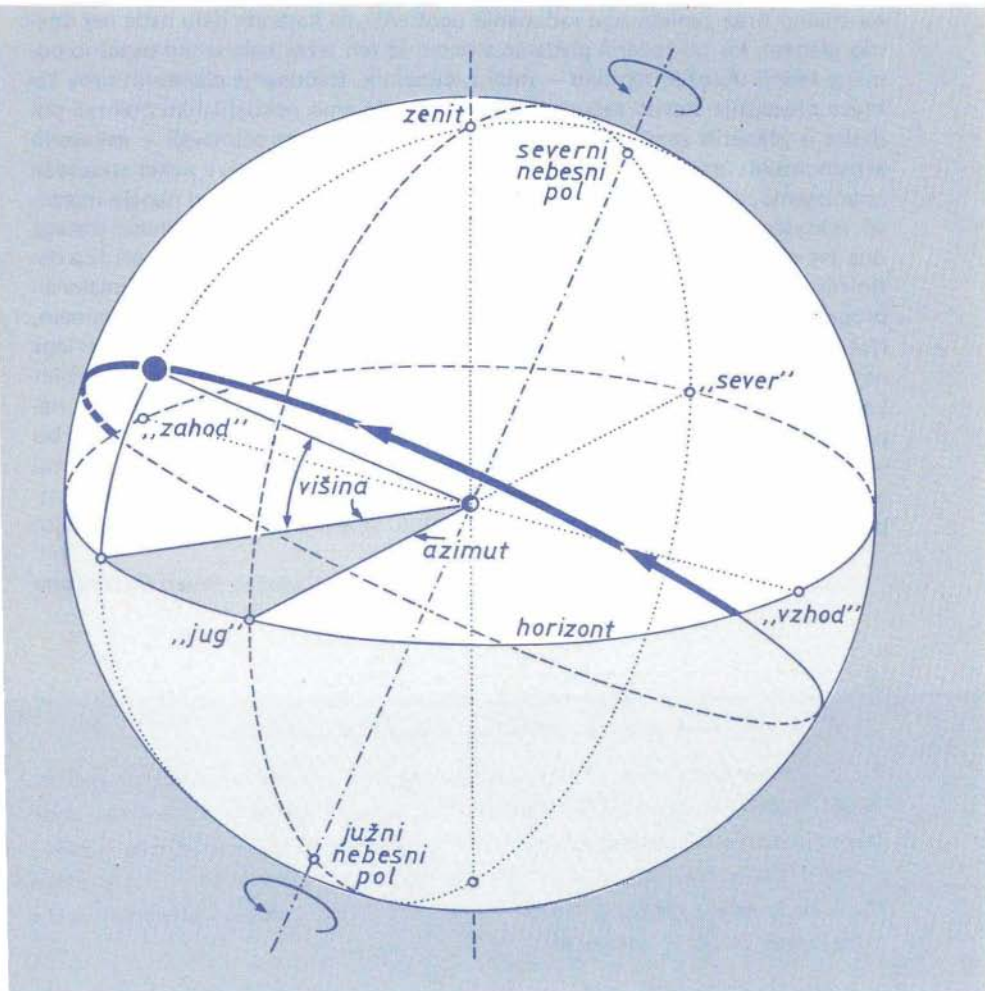


deset let po objavi Keplerjevih zakonov, čeprav ob tem ne smemo spregledati tudi vloge drugih znanstvenikov in filozofov tistega časa, kot npr. Galilea Galileia, katerega velika zasluga je bila, da je meril gibanje teles na Zemlji in povezal ustrezne količine z enačbami. Newton je uspel Galilejeve ugotovitve posplošiti in jih jasno zapisati v obliki zaključene teorije gibanja. Krona Newtonove teorije pa je bilo dejstvo, da je mogel iz teorije gibanja, ki jo je izpeljal za telesa na Zemlji, izpeljati tudi vse tri Keplerjeve zakone, to je zakone, ki uravnavajo gibanje povsem nezemeljskih teles. Po tem odkritju, ki je Newtona močno razburilo, je v letu in pol napisal svoje znamenito delo "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica", v katerem je postavil zakone gibanja, ki z majhnimi dopolnili veljajo še danes.

Problem gibanja planetov pa z Newtonom še ni bil rešen. Zaradi matematične zahtevnosti Newton ni mogel obravnavati privlačnih sil med planeti v Osončju, ampak je lahko upošteval samo privlačno silo med Soncem in planetom, kot da drugih planetov sploh ne bi bilo. Ta približek je precej dober, saj ima celo največji planet Jupiter kar tisočkrat manjšo maso od Sonca. Vendar pa so natančna astronomska opazovanja, ki so se začela vse bolj razvijati, kmalu pokazala, da tudi majhne sile med planeti (rekli so jim motnje) polagoma spreminjajo parametre Keplerjevih elips. Matematiki kot Lagrange, Laplace, Gauss, Jacobi in drugi so se intenzivno ukvarjali z računanjem planetnih tirov in upoštevanjem "motenj", ki jih vnašajo težne sile med planeti. Pri tem so odkrili celo vrsto matematičnih metod, ki so še danes nepogrešljivo orodje matematike in fizike. Največji uspeh teh prizadevanj je bilo odkritje do tedaj neznanega planeta Neptuna. Astronomi so že petdeset let opazovali planet Uran, ki ga je po naključju odkril Herschel (Presek 11/3). Ugotovili so, da se njegova lega razlikuje od lege izračunane po Newtonovi teoriji gravitacije (z upoštevanjem motenj vseh znanih planetov) za nekaj več od ločne minute. (Brez teleskopa tako najhnegega odklona ne bi mogli zanesljivo izmeriti.) Leverrier v Franciji in Adams v Angliji sta menila, da to razliko povzroča privlačna sila še neodkritnega planeta, ki je še dlje od Sonca kot Uran. Na osnovi te podmene sta izračunala, kje bi moral biti ta planet. Leverrier je tako izračunano lego sporočil nemškemu astronomu Galleju, ki je že prvo noč za tem našel novi planet zelo blizu mesta, ki ga je napovedal Leverrier.

Leverrierov uspeh je vzpodbudil iskanje še nadaljnjih neodkritih planetov, ker so opazili majhne nepojasnjene odklone od napovedanih leg tudi za Neptun in za najbližji planet Merkur. Skrivnost Neptunovih odklonov je bila pojasnjena leta 1930, ko je Tombaugh odkril zadnji planet Pluton. Odklone Merkurja od izračunanega tira pa je pojasnila v dvajsetih letih tega stoletja Einsteinova teorija gravitacije. (Os elipse, po kateri kroži Merkur, se zaradi privlačnih sil drugih planetov zavrti za nekaj tisoč ločnih sekund v stoletju, pri čemer pa so se računi razlikovali od opazovanj za 43 ločnih sekund.) Vzrok teh izredno majhnih odklonov ni še neodkriti planet, ampak dejstvo, da Newtonova teorija gravitacije ne velja povsem natančno. Bolje od Newtonove

obravnava sile v težnem polju Einsteinova teorija gravitacije, vendar je razlika med napovedjo Newtonove in Einsteinove teorije tako majhna, da je ni bilo mogoče izmeriti za noben drug planet kot za Merkur.



Slika 2. Azimut in višina se za nebesna telesa stalno spreminjata, ker se nebesna krogla navidezno vrti okrog nas. Trenutni koordinati, azimut in višino, določimo takole: potegnemo navpični krog od zenita skozi nebesno telo do horizonta. Od točke, kjer ta krog seka horizont, pa do juga merimo azimut - ta kot je pozitiven, če je nebesno telo že na zapadu, in negativen, če je na vzhodni polovici neba. Višino merimo vzdolž navpičnega kroga od horizonta do točke, kjer se nahaja nebesno telo.

Gibanje planetov je torej problem, s katerim se je človeštvo ukvarjalo že več kot dva tisoč let, posamezni prispevki k njegovemu reševanju pa so pogosto pomenili izjemen napredek v razvoju znanosti.

Ob vsem velikem napredku znanosti, o katerem je bilo govora, pa še vedno ne znamo brez zapletenega računanja ugotoviti, na katerem delu neba naj iščemo planete, ko ob večerih gledamo v nebo. Iz teh težav nam lahko uspešno pomaga zadnji dosežek tehnike — mini računalnik. Računanje planetnih tirov zahteva precejšnje število računskih operacij, zato smo nekdaj lahko prebrali podatke o planetih samo v tabelah, ki so jih skrbno preračunavali v nekaterih astronomskih ustanovah, danes pa lahko z mini računalnikom v nekaj sekundah izračunamo, na katerem delu nebesne krogle se planet trenutno nahaja (njegovo rektascenzijo in deklinacijo — slika 1), trenutek vzhoda in zahoda danega dne ter višino nad obzorjem in njegov azimut ob katerikoli izbrani uri (Za definicijo višine in azimuta glej sliko 2.). V ta namen smo pripravili računalniški program, ki ga lahko uporabite na računalniku Spectrum, Apple ali podobnem. Naš program ne upošteva privlačnih sil med planeti, zato bodo izračunane lege najbolj točne za leto 1984, za datume trideset let pred tem letom in trideset let kasneje pa lahko pričakujete, da bodo lege, ki jih dobite po tem programu, napačne tudi za nekaj deset ločnih minut. Ko boste računalnik pognali, vas bo vprašal za podatke, ki jih potrebuje, in prav nič težko ne bo uganiti, kaj mu morate odgovoriti, da vam bo povedal planetne lege, pa tudi lego Sonca na nebu. Toliko zaenkrat o legah planetov pa obilo veselja pri njihovem opazovanju.

*Andrej Čadež in Bojan Dintinjana*