

Proučevanje različnih teorij in modelov, njihovih medsebojnih odvisnosti in osnovnih načel je v zgodovini znanosti zelo pomembno. Samo s temeljitimi in poglobljenimi, upornimi in vztrajnimi raziskavami je mogoče priti do pomembnega odkritja, morda celo do naravnega zakona. Pri tem se je včasih treba odreči tudi kaki ideji, ki se je v začetku zdela sprejemljiva. Tu se lahko spomnimo besed Leonarda da Vincija: "Poskus ne vara, varljiva je lahko le naša sodba o njem."

Nek astronomski esej

Poskus razmišljanja o zgradbi vesolja, pravzaprav Osončja.

Predstavljanje o okrogli Zemlji se je, kot se zdi, rodilo v Stari Grčiji približno ob koncu 6. stol. pr.n.š. Filozofi pitagorejske šole – pitagorejci – so imeli Zemljo za kroglo kot protiutež starejše slike sveta, po kateri so si Zemljo predstavljali kot ravno okroglo ploščo (ploščat disk). Mnenje o okrogli Zemlji je zraslo iz dejstev, ki jih ni bilo mogoče pojasniti na osnovi starega predstavljanja. To ni bila osamljena ideja, ampak del splošnih načel tedanje znanstvene teorije ali sistema oz. pogleda na svet.

V tem sistemu je bila Zemlja opredeljena kot nepremično središče vesolja. Obkrožajo jo sfere s skupnim središčem, ki sovpada s središčem Zemlje. Sfere se vrtijo z različnimi hitrostmi, vendar posamezna s stalno. V prvotni primitivni shemi je bilo sedem takih sfer. Na Zemlji najbližji notranji sferi se je gibala Luna, na naslednji Merkur, dalje Venera, Sonce, Mars, Jupiter in Saturn. Osmo - zadnja sfera je bila zasedena z zvezdami. Da bi se ta shema čim bolj ujemala s podatki opazovanj, je grški filozof 4. stol. pr.n.š., Evdoks iz otoka Knida, vsakemu planetu in Soncu in Luni priredil še nekaj sfer, ki se vrtijo okrog različnih osi, vse pa gredo skozi središče Zemlje.

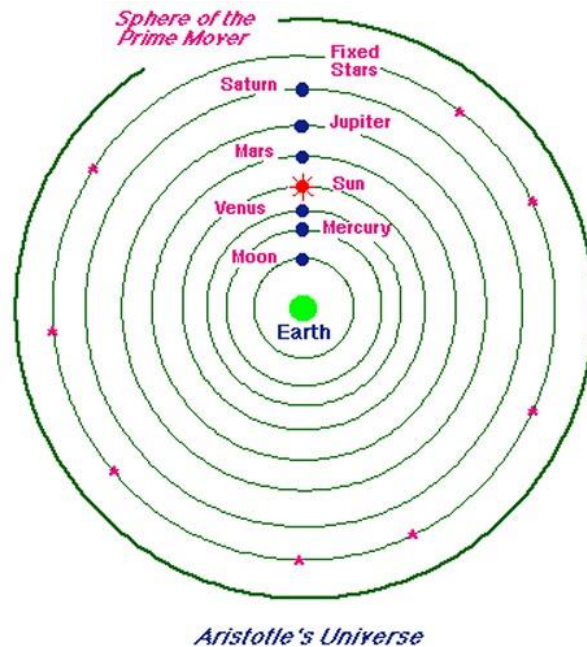
Z izbiro smeri osi in hitrosti vrtenja sfer je Evdoksu uspelo sestaviti take kombinacije gibanja sfer, ki so zadovoljivo ustrezale opazovanim gibanjem planetov. Evdoksova shema vesolja je vključevala 27 sfer, po tri za Sonce in Luno, po štiri za vsakega od pet planetov in eno sfero za vse zvezde skupaj. Ta sistem je sprejel med svoje spise in ga pozneje izpopolnil Aristotel, ki je uvedel že 55 sfer.

Poznejša natančnejša opazovanja so pokazala, da je bilo celo 55 sfer premalo za pojasnitev navideznega gibanja planetov.

Okoli leta 240 pr.n.š. je Aristarh z otoka Samosa predlagal sistem, v katerem se giblje Zemlja. Menil je, da ima Zemlja dve gibanji: kroženje okrog Sonca s periodo enega leta in vrtenje okrog svoje vrtilne osi s periodo enega

dne. Toda ta sistem so v tistem času odklonili kot heretičnega. Tako je bilo potrebnih skoraj 1800 let za uveljavitev genijalne Aristarhove misli.

Kako pojasniti, da je ideja o gibanju Zemlje okrog Sonca takrat naletela na tako oster odpor, medtem ko je ideja o okrogli Zemlji razmeroma hitro



Zgradba vesolja po Aristotlu.

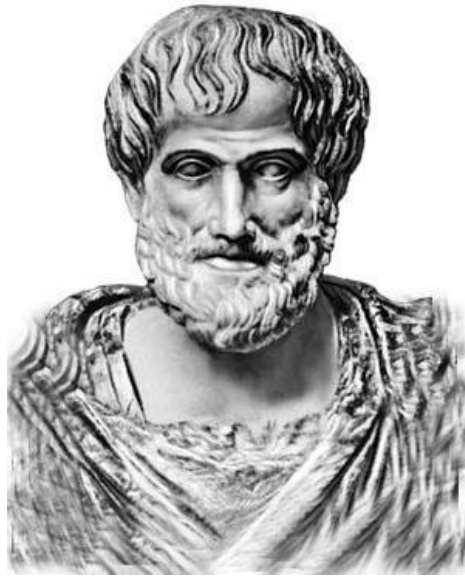
postala lastnina znanosti. V glavnem gre za preveč osamljeno idejo, nasprotno s tezami prvotnega svetovnega nazora tedanjega časa.

Antična mehanika ni poznala vztrajnostnega načela. Zato se je ideja o gibanju Zemlje pokazala kot nasprotje temu, da z visokega stolpa prosto spuščeno telo pade v smer gibajoče se Zemlje, ampak v točko pod mestom, iz katerega je bilo spuščeno. Razen tega so antični astronomi že vedeli, da bi z gibanjem Zemlje okrog Sonca morali tekom leta zaznati spremembe v navidezni legah zvezd, torej zaznati paralakso zvezd. V tistem času pa astronomska opazovanja še daleč niso dosegla takšne ravni natančnosti, da bi mogli ugotoviti ta učinek (ki je bil, mimogrede rečeno, ugotovljen šele okoli leta 1840) in bi tako lahko zagovarjali nov predlog, namreč, da so zvezde na izredno velikih, celo neskončnih oddaljenostih od Zemlje. To mnenje pa je bilo v nasprotju z obstoječimi predstavljaji in bi ga bilo treba še odkriti in izkustveno potrditi.

Zdi se, da so grški astronomi, ko so želeli doseči soglasje teoretičnega sistema s prakso, to je z opazovanji, znanstveno slepo sledili drug drugemu. Končno je dobil priznanje Ptolemajev sistem (2. stol. n.š.), v katerem je mirujoča okrogla Zemlja obdana z zvezdami "narisano" nebesno sfero, ki se vrti okrog nepremične osi in zaključi svoj obrat v 24 urah. Po Ptolemajevem sistemu

se Zemlja od davna nahaja v središču nebesne sfere. Navidezno gibanje Sonca in planetov se ne opisuje več z nekaj geocentričnimi sferami, ampak nekoliko preprosteje, z enakomernimi gibanji po krožnici in v boljšem soglasju s podatki opazovanj kot prej.

ARISTOTEL



Starogrški filozof Aristotel (384 pr. n. š. – 322 pr. n. š.) se je ukvarjal z veliko rečmi in je utemeljitelj številnih znanstvenih področij, med njimi tudi fizike in astronomije.

Ptolemaj je uporabil v 2. stol. pr.n.š. izrečeno Hiparhovo mnenje (predlog), da središče krožnice, po kateri se "enakomerno" giblje Sonce, ne sovпада s središčem Zemlje, ampak je nekoliko (za določeno razdaljo) odmaknjeno vstran. To je bilo treba upoštevati, da so lahko pojasnili opazovane spremembe v hitrosti navideznega gibanja Sonca tekom leta. Za mnenje, da se nebesna telesa gibljejo neenakomerno, v tem času ni bilo osnove. Teorija je pač zahtevala enakomerno gibanje po krožnici, torej enakomerno kroženje in konec.

Vendar pa Ptolemajev sistem opisuje gibanje planetov še vedno precej zamotano. Ptolemaj je predstavil navidezno in neenakomerno gibanje vsakega planeta kot vsoto nekaj enakomernih krožnih gibanj. Vsak planet se giblje enakomerno po mali krožnici - epiciklu, katerega središče enakomerno kroži po veliki krožnici - deferentu, ki ima središče v središču Zemlje. (Opomba. Za boljše sovpadanje teorije z opazovalnimi podatki je moral celo predložiti, da je središče deferenta nekoliko premaknjeno glede na središče Zemlje v točko, imenovano ekvant, a zaradi preglednosti prispevka to 'podrobnost' tukaj lahko izpustimo ali kar pozabimo.).

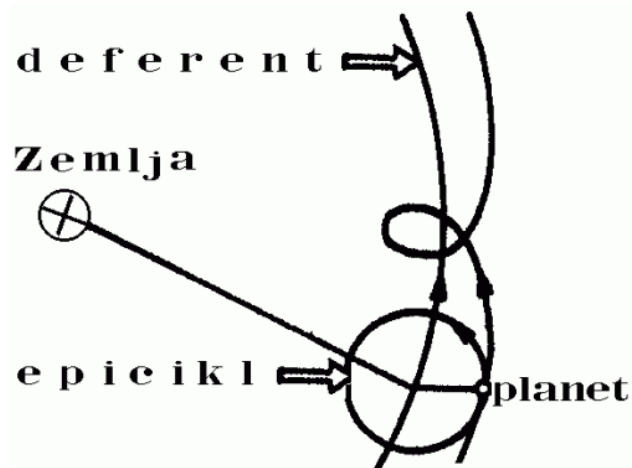
Planet se torej giblje na koncu epiciklovega radija, ki enakomerno kroži okrog središča epicikla, ki spet enakomerno kroži okrog središča deferenta (središča Zemlje; gl. sliko). Tako shemo je Ptolemaj sestavil za vsak planet. Pri tem je izbral radije, hitrosti in razmike od središč tako, da bi dobil čim boljše ujemanje teorije z opazovanji. V končni obliki se je celo pokazala možnost, da ta sistem ne pojasnjuje samo opazovane situacije na nebu, ampak lahko tudi napove lege planetov.



Starogrški astronom, matematik, fizik in geograf Klavdij Ptolemaj (ok. 85 – ok. 170), utemeljitelj geocentričnega svetovnega sistema.

Nesmiselno bi bilo razpravljati o Ptolemajevem sistemu zgradbe Osončja z današnjega gledišča znanstvenih dosežkov, da bi ga na primer imeli za znanstveno zablodo. Ker niso poznali preprostega načina opisa gibanja planetov po heliocentričnem sistemu, so ga grški astronomi pač približno opisovali kot vsoto krožnih gibanj. S povečanjem uporabljanega števila epiciklov je bilo tako možno obravnavati opazovano gibanje planetov s poljubno natančnostjo.

Ptolemajev sistem ni zabloda. Je resničnost, ki se je pojavila kot prvi korak oz. približek na poti k ugotavljanju zakonov o gibanju planetov. Današnji, večkrat negativni odnos do geocentričnega sistema ne označuje povsem negativne zgodovinske vrednosti Ptolemajevega nauka, ampak je večinoma izraz odločne obsodbe dogmatizma, slepe vere v avtoritete, brezmejne oblasti cerkve itn. V sredini srednjega veka je ta sistem postal velika cokla na poti napredka znanosti. Šele v 16. stoletju je Nikolaj Kopernik (1473-1543) uspel s svojimi dovolj prepričljivimi dokazi v prid heliocentričnemu sistemu nasprotovati Ptolemajevemu.



Epicikl in deferent – način, s katerim je mogoče pojasniti navidezno neenakomerno gibanje planeta (na primer planetne zanke na nebu).

Po Kopernikovem heliocentričnem sistemu so Sonce in zvezde nepremične. Sonce stoji v središču vesolja (torej Osončja). Kopernik predstavi Zemljo kot planet, ki se giblje po krožnici okrog Sonca, kakor se gibljejo tudi vsi ostali planeti. Kopernikov sistem je natančno pojasnil, zakaj z Zemlje opazujemo navidezno gibanje planetov, ki nastopa zaradi hkratnega njihovega lastnega gibanja v prostoru okrog Sonca in gibanja Zemlje okrog Sonca. Prvič je jasno pokazal, da Merkur in Venera krožita bliže Soncu kakor Zemlja; Mars, Jupiter in Saturn pa dlje in podal tudi izračunane relativne radije planetnih tirov, to je radije krožnic, po katerih krožijo planeti (glede na radij krožnice, po kateri kroži Zemlja).

Posebno pomembno je, da je po Kopernikovem sistemu možno pojasniti vrsto dejstev, ki jih v Ptolemajevem sistemu ni bilo mogoče. Med te spada na primer spreminjanje Marsovega sija (magnituda) med letom, kar nastane zaradi spreminjanja medsebojne oddaljenosti med Zemljo in Marsom (v mejah od vsote radijev tirov Zemlje in Marsa do razlike teh radijev). Pojasnimo lahko tudi naslednje: opazovalec na Zemlji ugotovi, da poljubni zunanji planet (Mars, Jupiter in Saturn) pri svojem navideznem gibanju opisuje petljo vedno tisti čas, ko na nebu leži na nasprotni strani kot Sonce, to je okoli opozicije.

Zgodovinski pomen Kopernikovega nauka pa je v njegovem revolucionarnem vplivu, ki se je pokazal v znanosti in tudi na splošno. Njegov nauk je nakazal pot k novim, spet revolucionarnim drugim razmišljanjem, v katerih so celo zanikali vloga Sonca kot središča vesolja. V razmišljanjih Giordana Bruna (1548-1600) je Sonce nenadoma postalo le središče Osončja, torej le ena od brezmejnega števila zvezd v vesolju, vesolje pa neskončno velik razsežen prostor.

Kopernikov heliocentrični sistem, da se planeti gibljejo po krožnicah okrog Sonca, pa se ni povsem ujema z rezultati opazovanj. Tega se je dobro

zavedal že Kopernik. Ko je želel, da bi se njegova teorija natančneje ujemala z opazovanji, je Kopernik pri svojih razmišljanjih celo malo zašel na napačno pot, namreč, pomaknil je središče krožnega planetnega tira nekoliko vstran od Sonca in celo uvedel epicikle. (To izjavo bi tukaj lahko zamolčal, a jo navajam zato, da se vidi, da tudi pri Koperniku ni bilo vse "čisto in gladko".)

Resnično oziroma pravilno obliko planetnih tirov in zakone spreminjanja hitrosti planetov na njih je z genijalno mislijo ugotovil šele Johann Kepler (1571-1630).

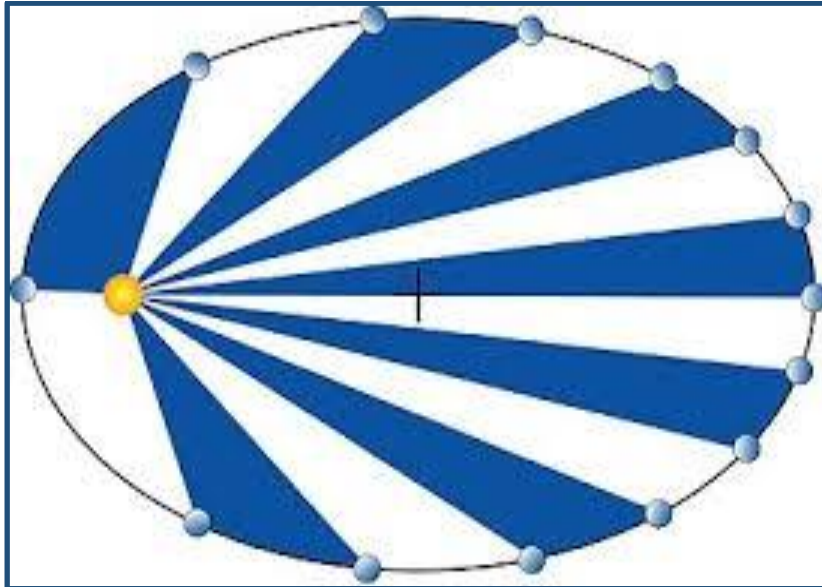


Reformator astronomije in sploh človekovega pogleda na svet oz. vesolje, Poljak Nikolaj Kopernik, prikazan na nemški znamki.

Kepler je natančno analiziral rezultate dolgoletnih opazovanj leg planetov, posebno Marsa, ki so jih opravili Tycho Brahe in njegovi vrli številni asistenti, vsi perfektni opazovalci. Odkril je, da se vsak planet giblje po elipsi, v enem od njenih gorišč pa leži Sonce (1. Keplerjev zakon). Hitrost gibanja planeta na tiru se spreminja. Glede hitrosti je ugotovil, da radijvektor, ki poteka od Sonca do planeta, to je zveznica Sonce-planet opisuje v enakih časih enake ploščine (2. Keplerjev zakon), od koder sledi, da je hitrost planeta večja, ko je planet bližje Soncu, in manjša, ko je od njega dlje. Ta dva zakona je objavil leta 1609. Leta 1618 pa je odkril še zvezo med velikimi polosmi elips in obhodnimi časi planetov okrog Sonca: kvadrati obhodnih časov planetov so sorazmerni kubom velikih polosov elips (3. Keplerjev zakon).*

.....
* Tega leta se je začela Tridesetletna vojna na območju Svetega rimskega cesarstva med protestanti in katoličani, Kepler pa je odkrival zakone vesolja.

Keplerjevi zakoni so preprosti in kar natančni. Njihovo odkritje predstavlja nov, velik in zelo pomemben korak na poti k boljšemu razumevanju zgradbe Osončja in dinamičnih značilnosti planetov. Prednosti Keplerjevega sistema pred Kopernikovim so nesporne.



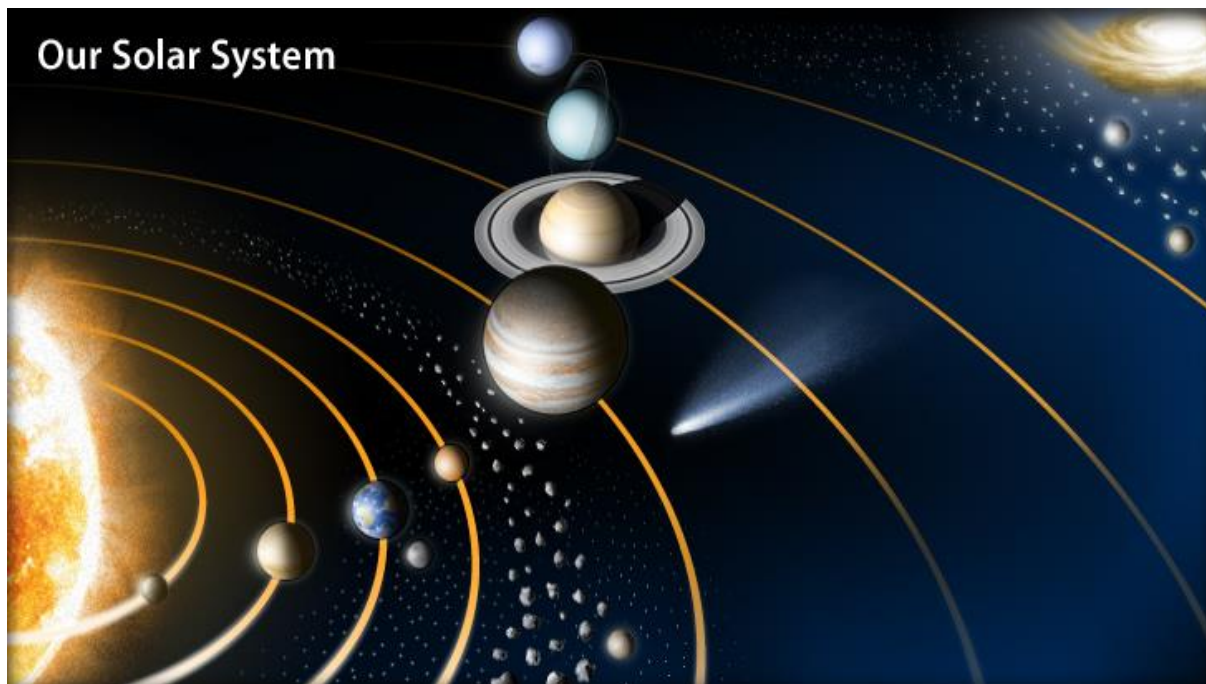
Drugi Keplerjev zakon (1609): zveznica Sonce – planet popiše v enakih časih enake ploščine.

Mar so Keplerjevi zakoni posledica bolj splošnih zakonov?

Že pri samemu Keplerju se je pojavila misel o vplivu Sončevega »magnetizma« na hitrost gibanja planetov (2. Keplerjev zakon). Francoski filozof Rene Descartes (1596-1650) je iskal vzrok za gibanje planetov v nekakšnih vrtincih, ki naj bi napolnjevali prostor in za seboj vlekli planete. Vendar pa je ta problem rešil šele znameniti fizik in matematik Isaac Newton (1642-1727). Pokazalo se je, da so Keplerjevi zakoni res posledica bolj splošnega Newtonovega zakona gravitacije, ki ne velja samo za medsebojno delovanje planetov in Sonca, ampak tudi za padanje teles na Zemljo, plimo in oseko itn., torej splošno velja v vesolju.

Da bi izpeljali Keplerjeve zakone iz gravitacijskega, moramo upoštevati tudi vse tri temeljne Newtonove zakone o gibanju teles. Izkaže se, da je prvi Keplerjev zakon posledica tega, da je privlačna sila obratno sorazmerna s kvadratom oddaljenosti med vesoljskima telesoma, drugi zakon pa je posledica zakona ohranitve vrtilne količine za središčno silo.

Šele Newtonova dela so dokončno potrdila davno Aristarhovo misel o Zemljinem gibanju okrog Sonca, čemur se je tako krčevito upirala antična mehanika in kar še za časa Kopernika in deloma tudi Keplerja ni bilo povsem zadovoljivo rešeno. Toliko glede Zemlje in njenega gibanja.



Osončje.

Zemlji in petim planetom so se potem pridružili naključno odkrit planet Uran, velikanska množica planetoidov, z računi po gravitacijskem zakonu napovedan in odkrit planet Neptun, številna druga odkrita vesoljska telesa z najrazličnejšimi lastnostmi itn. Tako zdaj dobro poznamo zgradbo Osončja, njegove značilnosti in lego v prostoru. Nova odkritja v njem se nadaljujejo.

Slike so s spleta.

Kranj – Zlato Polje, ob zimskem kresu ali astronomskem božiču. Marijan Prosen