

KOPERNIK IN *ORBES*

Matjaž Vesel

Kaj pomenijo *orbis* v naslovu Kopernikovega dela *De revolutionibus orbium caelestium*?¹

Če pogledamo v slovar pod geslo *orbis*, zremo zgolj to, da je *orbis* lahko skoraj vse, kar je okrogle oblike, pa še kaj povrh. V primeru, ko imamo pred sabo astronomsko delo, bi torej *orbis* – če zanemarimo pomena »Zemlja« in »vesolje«, ki sta tudi astronomsko relevantna, vendar ne v tem primeru –, lahko bil tako »krog« kot »sfera« oziroma »krogla«.² Prevod naslova dela bi se tako lahko glasil *O revolucijah nebesnih krogov ali O revolucijah nebesnih sfer* (oziroma *O revolucijah nebesnih krogel*). Razlika ni majhna niti nepomembna, saj je treba Koperniku v primeru, da ima z *orbis* v mislih »kroge«, poleg zasluga za vpeljavo heliocentrizma in s tem povezanih konceptov,³ na prsi pripeti tudi medaljo za prvenstvo v zavračanju tradicionalnega antičnega in srednjeveškega pojmovanja, po katerem so za premikanje nebesnih teles odgovorne sfere, na katere so planeti in zvezde pritrjeni. Čeprav se Kopernik o tem, kaj razume z *orbis*, nikoli izrecno ne opredeljuje, bi bilo na podlagi pretežnega dela *De revolutionibus* vendarle mogoče sklepati, da so zanj *orbis* »krogi«, saj je celotno delo, razen prve knjige, posvečeno matematični astronomiji, v kateri so poti nebesnih teles predstavljene z dvodimenzionalnimi geometrijskimi liki, natančneje s krogi in kombinacijami krogov. Vendar to ni celotna zgodba: iz prve knjige *O revolucijah*, ki predstavlja opis »splošne konstitucije univerzuma«, je mogoče potegniti tudi drugačen sklep od prej omenjenega. Temu

¹ Delo je izšlo leta 1543 v Nürnbergu. O okoliščinah nastanka in izida prim. npr. »Kratka kronologija Kopernikovega življenja«, v: N. Kopernik, *O revolucijah nebesnih sfer*, str. 149–154.

² Ali »obla«, če kdo želi.

³ O tem, kaj pomeni Kopernikov heliocentrizem in geokinetizem z vidika epistemološkega preloma prim. M. Vesel, »Revolucije Kopernikovih *Revolucij*: gibanje Zemlje in vidik pojava«, v: N. Kopernik, *O revolucijah nebesnih sfer*, str. 85–137.

sklepu pa nasprotuje tudi običajno, splošno sprejeto razumevanje *orbes* v poznosrednjeveški in renesančni astronomiji ter kozmologiji.

I. Orbes v kozmološki in astronomski tradiciji visokega srednjega veka in renesanse

Že bežen pogled na eno bolj reprezentativnih kozmoloških del s konca štirinajstega stoletja *14. vprašanj k Sacroboscovi Sferi* Petra d'Aillyja, razkriva več zanimivih značilnosti koncepta *orbis*. Ko Peter opisuje, kaj razume z izrazom *orbis concentricus*, pravi namreč naslednje:

»Unde orbis concentricus dicitur orbis sub utraque eius superficie continens centrum mundi et habens eius centrum cum centro mundi. Isto modo primum mobile est orbis concentricus et generaliter quilibet orbis totalis est concentricus et ibi capitur orbis totalis pro aggregato ex omnibus orbibus requisitis ad salvandum motum totalem unius planetæ.«⁴

Iz tega kratkega odlomka je takoj jasno najmanj dvoje: prvič, da za srednjeveškega filozofa narave *orbis* ni »krog« in, drugič, da *orbis* zanj ni »sfera« oziroma »krogla« v običajnem pomenu besede. Koncentrični *orbis* je namreč nekaj, kar ima dve površini, ki sta obe koncentrični s središčem sveta, ki je identično s središčem koncentričnega *orbis*. *Orbis* torej tu pomeni »sfero« v specifičnem pomenu »sferične lupine« določene debeline, katere površini, tako izbočena kot vbočena, sta koncentrični s središčem sveta. Tako je za d'Aillyja koncentričen *orbis* tudi *primum mobile*, se pravi »prvo gibajoče«, drugače imenovano tudi firmament (ali, z drugimi besedami, sfera zvezd stalnic), oziroma vsak *orbis totalis*. *Orbis totalis* pa mu pomeni skupek vseh *orbis*, ki so potrebni za »rešitev« oziroma pojasnitev gibanja enega planeta.

O čem govori d'Ailly?

Peter opisuje nekatere osnovne značilnosti t. i. »aristotelsko-ptolemajskega«⁵ kompromisa, ki je bil na latinskem zahodu znan in obravnavan od trinajstega stoletja dalje. Astronomi in filozofi so bili v trinajstem stoletju namreč soočeni z dvema konceptualno nasprotujočima si astronomskima in kozmo-

⁴ Peter d'Ailly, *14 Questions*, qu. 13, 163^v. Nav. po: E. Grant, *Planets, Stars, and Orbs*, str. 285, op. 50.

⁵ E. Grant ga imenuje tudi »sistem treh sfer (*three-orb system*)«, N. Jardin pa »*theoretical compromise*«.

loškima tradicijama: aristotelsko tradicijo koncentričnih sfer in ptolemajsko tradicijo ekscentrov in epiciklov.

Kot vemo, sta skušala Evdoks in Kalip s teorijo koncentričnih oziroma homocentričnih sfer odgovoriti na znanstven in filozofski izziv, kako pojasniti pojavno neurejeno, nepravilno gibanje planetov, tako da bi bila z razlago »rešena«⁶ popolnost nebes, tj. da bi ohranila neminljivost zvezd in njihovo pravilno, se pravi enakomerno krožno gibanje.⁶ Evdoks je predlagal naslednjo rešitev. Zvezde stalnice oziroma zvezde nepremičnice so pritrjene na najbolj oddaljeno sfero, katere središče je Zemlja. Sfera zvezd stalnic se enkrat na dan z enakomernim gibanjem zasuče z vzhoda na zahod. Pri pojasnjevanju gibanja vsake izmed »tavajočih zvezd«⁶ (Lune, Merkurja, Venere, Sonca, Marsa, Jupitra in Saturna), pa je uporabil več koncentričnih sfer, ki imajo vse za središče Zemljo, so umeščene druga v drugo, a se sučejo okoli različnih osi, v različne smeri in z različno hitrostjo. Tako je vsak planet odvisen od sistema treh ali štirih sfer. Te sfere imajo določeno debelino, vendar so prosojne in zato nevidne. Os, okoli katere rotira ena sfera, se v dveh točkah dotika sfere, ki jo obdaja; ta sfera pa ima zopet drugo, sebi lastno gibanje. Planet, pritrjen na ekvatorju sfere, ki je najbližja središču, se giblje z gibanjem, ki je rezultat gibanja vseh sfer sistema enega planeta. Zaradi nekaterih pojavov, ki jih Evdoksova teorija ni mogla pojasniti, je Kalip dopolnil Evdoksov sistem, Aristotel pa je njegov izpopolnjen sistem vključil v svoj filozofski sistem v 8. poglavju dvanajste knjige *Metafizike*. Aristotel je med seboj nepovezane sisteme sfer posameznih planetov združil v sistem, ki ustreza fizični realnosti sveta, obenem pa je dodal vsakemu sistemu sfer »retrogradne sfere«. Sistem sfer je pripisal relativno avtonomni »zvezdi«, vse sisteme sfer pa povezal v celoto, ki predstavlja celoten kozmos.

Ena večjih težav teorije koncentričnih sfer je bila nezmožnost pojasniti približevanje in oddaljevanje planetov od Zemlje, kar so skušali aleksandrijski astronomi reševati s t. i. teorijo ekscentrov in epiciklov. V najenostavnejši obliki je mogoče gibanje planeta predstaviti z ekscentričnim krogom, katerega središče ni središče Zemlje; na drugačen način je mogoče isto gibanje predstaviti tudi tako, da Zemlja ostane središče deferenta, na katerega dodamo epicikel; isto gibanje pa lahko predstavimo tudi s kombinacijo ekscentričnih in epicikličnih krogov. V vseh primerih je mogoče reproducirati spremenljivo oddaljenost planeta od Zemlje. Teorijo je na popolnoma matematičen, tj. geometrijski način v *Almagestu* formuliral Ptolemaj: gibanja posameznih pla-

⁶ O tem, kdo je zastavil ta problem, obstajajo različna poročila. Simplikij v svojem *Komentarju k O nebu* (488, 23) zahtevo po uniformnosti in krožnosti gibanj nebesnih teles pripiše Platonu, Geminos v svojem *Uvodu v astronomijo* pa pitagorejcem.

netov je razložil s pomočjo ekscentrov in epiciklov, ki so predstavljeni kot dvo-dimenzionalni geometrijski liki, ki se sekajo med seboj. Vendar pa Ptolemaju ni šlo zgolj za matematično-astronomsko reševanje pojavov, kar je razvidno iz prve knjige *Almagesta*, ki je posvečena tudi nekaterim kozmološkim in fizikalnim vidikom sistema, še posebej pa iz druge knjige Ptolemajevih *Planetarnih hipotez*.⁷ V tem delu skuša Ptolemaj podati tudi fizičen model realnih, materialnih sfer sveta, ki bi ustrezal geometrijskim modelom ekscentrov in epiciklov iz *Almagesta*. Medtem ko so v *Almagestu* modeli planetarnih gibanj predstavljeni kot skice s krogi, ki se sekajo med sabo, so isti modeli predstavljeni v *Planetarnih hipotezah* kot sfere, ki so umeščene druga v drugo, epiciklične sfere pa se gibljejo med površinama ekscentrične sfere, tako da med sferami ne prihaja do nobenega sekanja ali prekrivanja.

Visoki srednji vek je bil torej soočen s tema dvema teorijama, ki sta imeli vsaka svoje prednosti in slabosti. Medtem ko je ptolemajska teorija s čisto matematičnega vidika odlično pojasnjevala astronomske pojave (napovedovanje položajev planetov), je – potem ko je, prek prevodov del arabskih astronomov v latinščino,⁸ na latinskem zahodu postalo jasno, da je Ptolemaj planetarne modele razumel tudi kozmološko oziroma fizično, – bila njena očitna slabost

⁷ V grščini se je ohranil samo prvi del prve knjige, celotna knjiga pa v arabskem prevodu. Prim. *Claudii Ptolemaei opera quae extant omnia*, ur. J. L. Heiberg, Teubner, Leipzig 1907. Vol. II vsebuje grško besedilo z nemškim prevodom in arabsko verzijo druge knjige. Prim. tudi B. R. Goldstein, »The Arabic Version of Ptolemy's Planetary Hypotheses«.

⁸ Med zgodovinarji znanosti ni soglasja, katero delo oziroma kateri prevod je odigral vlogo posrednika temeljne ideje Ptolemajevih *Planetarnih hipotez* o realnih, materialnih ekscentrih in epiciklih na latinski zahod. Po Pedersenu (»Astronomy«, str. 319) je bilo to posledica prevoda dveh knjig Thabita ibn Qurrae *De hiis quae indigent antequam legatur Almagesti* in *De quantitibus stellarum et planetarum et proportio terrae*, v katerima »so absolutne razdalje nebesnih sfer izračunane na podlagi načela, da ne sme biti prekrivajočih se sfer in nobenega vmesnega prostora med njimi«. Po Swerdlowu (»Pseudoxia Copernicana«, str. 117–118) in Grantu (»Cosmology«, str. 281 in str. 298, op. 65) pa je prvi primer *theoretical literature*, ki opisuje modele realnih sfer, prevod dela Ibn-al-Haythama (Alhazen) *Fi hai'at al-'alam* (*Zgradba vesolja*). Po Swerdlowu je v tem delu z besedo *orbis* prevedena arabska beseda *falak*, ki je tako splošna beseda kot *orbis*, in je prevod za gr. *sphaïra*. Ibn al-Haitam pojasnjuje, da *falak* (*orbis*) pomeni vse okrogle velikosti, ne glede na to ali so sferična telesa ali sferične površine ali obodi krogov. V opisu planetarnih modelov pa pomeni *falak* (*orbis*) sfero. Te sfere so lahko telesa ali sferične lupine, ki imajo eno površino, ali dve – koncentrični ali ekscentrični – površini. Obstajajo različne sfere z specifičnimi imeni, ki v modelu izvajajo različne funkcije. V latinskem prevodu je prevladujoča beseda za te sfere *orbis*, ki ga včasih zamenja *sphaera*. V opisu modela Lune je epicikel imenovan *sphaera brevis*, sfera, ki je vsebovana med dvema površinama, je ekscentrična sfera (*orbis eccentricus*), ekscentrična sfera pa se imenuje tudi »deferentna sfera«, ker tako rekoč nosi to sfero (*dicitur orbis eccentricus orbis deferens quoniam est quasi ferens istam sphaeram*).

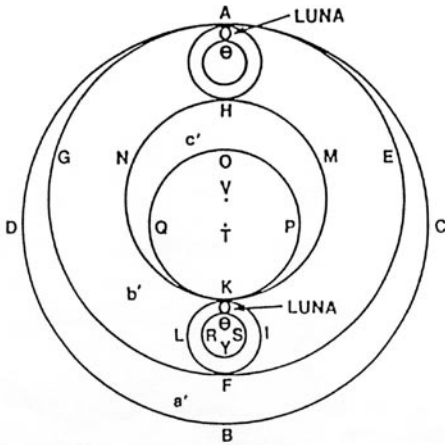
v tem, da je bila v nasprotju s temeljnim postulatom aristotelske kozmologije, da mora biti središče krožnega gibanja sfer Zemlja. Na drugi strani je bila aristotelska tradicija koncentričnih sfer skladna s splošno sprejeto aristotelsko fiziko in kozmologijo, vendar ni zmoгла dovolj dobro pojasniti pojavov. Četudi je bila ptolemajska teorija z čisto astronomskega vidika daleč boljša od aristotelske, so bili srednjeveški filozofi narave in astronomi postavljeni pred resno dilemo: če so sprejeli ptolemajske modele ekscentrov in epiciklov, so morali istočasno zavrniti osrednji položaj Zemlje in obdajajoče jo koncentrične sfere ter tako opustiti vitalen vidik aristotelske fizike in kozmologije, kar pa bi se lahko izkazalo kot usodno za celoto; če pa so sprejeli aristotelsko kozmologijo, so s tem sprejeli tudi njegovo astronomijo, ki je bila astronomsko nevzdržna.⁹

Medtem ko je bila situacija v trinajstem stoletju še dokaj neodločena, saj so nekateri avtorji zagovarjali koncentrični sistem ali omahovali med obema, je bil v štirinajstem stoletju splošno sprejet kompromis med ptolemajskim in aristotelskim sistemom, ki je Ptolemajevo kinematiko vključil v mašinerijo materialnih, koncentričnih sfer. O tem aristotelsko-ptolemajskem kompromisu poroča – kot »o določeni predstavi modernih (*de quadam ymaginatione modernorum*)« – že v sedemdesetih letih trinajstega stoletja Roger Bacon v *Opus tertium* in v drugi knjigi *Communia naturalium* oziroma *De celestibus*.¹⁰ Kompromis »modernih« med ptolemajskim sistemom ekscentrov ter epiciklov in aristotelskim sistemom koncentričnih sfer, ki ga opisuje – in na koncu zavrne –, je dosežen tako, da je mehanizem ekscentrov in epiciklov obdan s koncentrično sfero na tak način, da sta najbolj zunanja izbočena in najbolj notranja vbočena površina posameznih sfer oziroma sferičnih lupin, koncentrični s središčem Zemlje – tako, kot opisuje *orbis concentricus* tudi Peter d'Ailly v prej navedenem odlomku –, s čimer je rešena bistvena značilnost aristotelskega sistema. Ko je to doseženo, pa je mogoče območje med izbočeno in vbočeno mejno površino celotne sfere vsakega planeta razdeliti v tri ali več sfer oziroma sferičnih lupin različnih debelin, glede na zahteve ptolemajske astronomije.

V čem je srž kompromisa je lepo razvidno iz Baconovega opisa modela Lune, ki vsebuje tako ekscenter kot epicikel.

⁹ Enega od zgodnjih poskusov uskladitve ptolemajeske planetarne teorije in aristotelske kozmologije predstavlja delo *De motibus celorum* (v latinskem prevodu Mihaela Scota iz leta 1217) Averroesovega sodobnika al-Bitrujija (Alpetragius), vendar njegova teorija ni bila nikoli splošno sprejeta.

¹⁰ Prim. E. Grant, *Planets, Stars, and Orbs*, str. 278, op. 27.



Iz *Opus tertium* Rogerja Bacona.¹¹

med izbočeno površino HNKM in vbočeno površino OQKP. Med površinama srednje oziroma ekscentrične sfere (b') je vbočenost, ki vsebuje sferičen epicikel. Tega lahko razumemo na dva načina: kot trdno kroglo, Bacon jo imenuje »izbočena sfera« (*sphericum convexum*), ki je podobna žogi (*pila*), saj nima vbočene površine, ali kot prstan z dvema površinama – izbočeno (KLFI) in vbočeno (RYSΘ) –, katerega osrednje jedro sodi zgolj k ekscentrični sferi (b') in ne tvori dela epiciklične sfere same. Luna, ki ima samo izbočeno površino, in je torej trdno telo, je umeščena na vbočenost epiciklične sfere. Ekscentrična sfera se giblje okoli središča V, pri čemer s sabo nosi tudi epicikel, epiciklična sfera pa ima hkrati tudi svoje lastno gibanje, s katerim nosi s sabo tudi Luno.

Vse osnovne značilnosti te »predstave modernih« so ohranjene tudi pri d'Aillyju, s to razliko, da Peter konec štirinajstega stoletja uporablja nekoliko bolj izdelano terminologijo kot Roger Bacon. *Orbis concentricus* iz navedenega odlomka iz *14. vprašanj k Sacroboscovi Sferi* torej pomeni koncentrično sfero oziroma sferično lupino (na Baconovi skici med ADBC in OQKP), katere površini sta koncentrični s središčem sveta, ki je tudi središče Zemlje. Ta koncentrična sfera je *orbis totalis*, celotna sfera modela vsakega posameznega planeta, ki je sestavljena iz vseh sfer, ki so potrebne za reševanje pojavov. Te sfere so – za razliko od sfere, ki je koncentrična s središčem sveta –, ekscentrične.

Vesolje je tako sestavljeno iz kombinacije koncentričnih in ekscentričnih sfer. Celota vsake sfere oziroma »celotna sfera« (*orbis totalis*) je koncentrična s svetom in vključuje vse druge sfere, ki so potrebne za reprodukcijo položaja določenega planeta. Znotraj koncentrične površine vsake planetarne

Točka T je središče Zemlje in sveta, pa tudi središče celotne Lunine sfere (*orbis*). Celotna sfera Lune je med izbočeno površino ADBC in vbočeno površino OQKP, ki sta obe koncentrični s točko T. Med tema površinama obstajajo tri sfere (a', b', c'), ki imajo za središče V, umeščeno v smeri Luninega apogeja. Okoli V kot središča, sta dva površini, AGFE in HNKM, ki zaobjemata lunin ekscentrični deferent (b'). Ekscentrični deferent obdaja najbolj zunanja sfera (a'), ki leži med površinama ADBC in AGFE, najbolj notranja sfera (c') pa je

¹¹ Skico in opis modela povzemamo po: E. Grant, *Planets, Stars, and Orbs*, str. 279–280.

sfere, je ekscentrična sfera, ki so jo kasneje opisovali tudi kot »delna sfera« (*orbis partialis*),¹² znotraj katere je središče sveta ter njeno lastno središče, ki je glede na središče celotnega sveta ekscentrično. Tako kot Roger Bacon tudi d'Ailly razlikuje med tremi različnimi ekscentričnimi sferami, ki jih razvrsti v dve kategoriji. Prvo zvrst ekscentrične sfere imenuje *eccentricus simpliciter*, kar pomeni sfero, ki ima isto središče tako za vbočeno kot za izbočeno površino. Druga zvrst ekscentrične sfere je *eccentricus secundum quid*, kar pomeni, da ima takšna ekscentrična sfera središče sveta za središče ene površine, točka, ki je zunaj središča sveta, pa je središče druge površine; prva površina je koncentrična, druga ekscentrična. Tako je ekscentrična površina ekscentrične sfere lahko izbočena ali vbočena, kar dopušča dva različna tipa ekscentričnih sfer pri celoti treh. Sfera, imenovana *eccentricus simpliciter* ima, ker ima dve ekscentrični površini, vedno enako debelino, in se imenuje deferentna sfera, ker nosi planet. *Eccentricus secundum quid*, ki ima eno površino koncentrično in drugo ekscentrično, pa je na enem delu debelejša kot na drugem. Ko se ekscentrične sfere gibljejo, se tanjši del enega ekscentra giblje hkrati in skupaj z debelejšim delom drugega in obratno.

S temi novimi definicijami in koncepti d'Ailly opiše shemo, ki jo poznamo že iz Bacona. Po d'Aillyju si astronomi predstavljajo tri ekscentrične sfere oziroma ekscentrične sferične lupine, ki tvorijo celotno sfero določenega planeta. Dve od teh sferičnih lupin sta ekscentrični *secundum quid*, se pravi ekscentrični samo glede na eno površino. Ena od njiju je najbolj zunanja sfera, druga je najbolj notranja. Kot ekscenter *secundum quid* je najbolj zunanja sfera ekscentrična samo glede na vbočeno površino, medtem ko je najbolj notranja površina ekscentrična samo glede na svojo izbočeno površino. Med tema dvema je tretja sfera, ki je *eccentricus simpliciter*, kajti obe njeni površini sta ekscentrični. Srednja ekscentrična sfera je vzpostavljena iz vbočene površine najbolj zunanje sfere in izbočene površine najbolj notranje sfere. Srednja sfera se imenuje deferentna sfera in nosi planet.

Tako zasnovan kompromis med koncentrično in ekscentrično tradicijo rešuje geocentrični sistem, saj je Zemlja središče sveta, tj. središče sfere zvezd stalnic, in tudi središče vsake celotne sfere (*orbis totalis*). Ker ostaja Zemlja središče celotne sfere, je mogoče zanemariti dejstvo, da ni tudi fizično središče osrednje sfere oziroma ekscentričnega deferenta. Bistvena zahteva aristotelске kozmologije in fizike je tako umeščena v okvir ptolemajske astronomije, kar omogoča, da se v širši sistem koncentričnih planetarnih sfer vključijo spremembe razdalj planetov od Zemlje.¹³

¹² Tako npr. Melanchton in Clavius.

¹³ O tem prim. tudi E. Grant, »Cosmology«, str. 283.

Popolnoma enaki modeli planetarnih gibanj z realnimi, materialnimi sferami se pojavijo tudi v zahodni astronomski literaturi v t. i. zvrsti *theorica*-priročnikov, vendar nekoliko kasneje kot v kozmološki. Ptolemajska astronomska tradicija ekscentrov in epiciklov, ki je v trinajstem stoletju predstavljena v delu *Tractatus de sphaera* Johannesesa iz Sacrobosca¹⁴ in v *Theorica planetarum*,¹⁵ je namreč v teh dveh delih razložena na popolnoma matematičen način, se pravi, da je kinematika planetov pojasnjena z geometričnimi modeli, ki so posredno izpeljani iz *Almagesta*,¹⁶ niti eno niti drugo delo pa ne sugerira, da bi bili ekscentri in epicikli razumljeni kot realne, materialne, tridimenzionalne sfere. Vendar pa pride najkasneje z Johannesom de Fundisom (fl. 1428–73) do obrata oziroma konceptualne spremembe, saj matematične, dvodimenzionalne modele ekscentričnih in epicikličnih krogov *theorica*-literature trinajstega in štirinajstega stoletja nadomestijo opisi tridimenzionalnih sferičnih lupin. Ta premik k pojmovanju ekscentrov in epiciklov kot materialnih, realnih sfer, kot so zasnovani v Ptolemajevih *Planetarnih hipotezah*, in kot sta jih opisala Roger Bacon in Peter d'Ailly, je lepo razviden iz dela *Theoricae novae planetarum* Georga Peurbacha.¹⁷

¹⁴ Stanje astronomije v trinajstem stoletju je mogoče razbrati iz t. i. *corpus astronomicum*, v katerega so bila vključena naslednja dela: *Algorismus vulgaris*, *Tractatus de sphaera* in *Computus* Johannesesa iz Sacrobosca, *Koledar* Roberta Grossetesta in še neko manjše delo Roberta Angleža o t. i. starem kvadrantu. Omenjena astronomska literatura, ki je izjemno elementarna, ne podaja realne seznanjenosti 13. stoletja z arabskimi in grškimi astronomskimi avtoritetami. Roger Bacon v *Opus maius* in Albert Veliki v *Speculum astronomiae*, denimo, navajata precejšnje število grških in arabskih astronomov. Ptolemajev *Almagest* je bil v latinščino preveden iz grščine okoli leta 1160, okoli leta 1175 pa ga je Gerhard iz Cremona prevedel tudi iz arabščine. Prim. Pedersen, »Astronomy«, str. 315.

¹⁵ V nekem rokopisu iz 12. stoletja je kot avtor *Theorica planetarum* naveden Gerhard iz Cremona, v kasnejših stoletjih pa se je delo širilo brez navedbe avtorja. Za kratek povzetek posameznih poglavij prim. npr. O. Pedersen, »Astronomy«, str. 316–318.

¹⁶ Rezultat zgodnjih *Theorica* je po Pedersenu (»Astronomy«, str. 319) med drugim tudi v tem, da so »pokazala, kako je teoretično astronomijo mogoče učiti brez sklicevanja na kozmologijo in brez poskusa, da bi za uporabljena geometrijska orodja podala dejanske razsežnosti v prostoru«.

¹⁷ Prim. E. J. Aiton, »Peurbach's *Theoricae novae planetarum*: A Translation with Commentary«. Delo izvira iz niza predavanj, ki jih je Peurbach imel leta 1454 na Collegio Civium na Dunaju. Peurbach je bil bolj kot po *Theoricae novae planetarum* znan po svojem in Regiomontanovem *Epitomu Almagesta*, ki ga je začel pripravljati leta 1460 na zahtevo Johannesesa Bessariona. Peurbach je napisal zgolj prvih šest knjig, preostanek pa je v naslednjem letu ali dveh dokončal njegov učenec Regiomontan. Delo *Epitoma Joannis de Monte Regio in Almagestum Ptolomei* je bilo natisnjeno šele leta 1494 v Benetkah, dvajset let po Regiomontanovi smrti. V njem je podana precej jasna razlaga Ptolemajevega izjemno zapletenega in kompleksnega dela, obenem pa so Ptolemajevi izsledki dopolnjeni s sodobnejši rezultati opazovanj, pregledanimi in popravljenimi izračuni in kritičnimi premisleki, še posebej kar zadeva Ptolemajovo teorijo Lune. Peurbach-Regiomontanov *Epitoma Ptolemajevega Almagesta* je bil eden od ključnih Kopernikovih delovnih pripomočkov.

Peurbach, ki je želel s *Theoricae novae* nadomestiti delo *Theorica planetarum* (ki je, skupaj z Sacroboscovo *Sfero*, preko dvesto let služilo kot uvajalni učbenik v študij astronomije), v svojem delu uvaja bralca v Ptolemajeve modele s skoraj popolnoma enako tehnično terminologijo in enakimi opisi materialnih, realni sfer (*orbis*) ekscentrov in epiciklov, kot so opisane v Ptolemajevih *Planetarnih hipotezah* in znane iz kozmološke literature visokega srednjega veka. Da gre Peurbachu za realne sfere oziroma sferične lupine in ne zgolj za ilustracije, ki naj služijo kot pedagoški pripomoček,¹⁸ je razvidno iz opisa in skic modelov, pa tudi Peurbach sam to izrecno zatrdi. *Incipit* rokopisa, ki ga v tiskani verziji dela ni, se namreč glasi: »Theorica nova *realem* sperarum habitudine atque motum cum terminis tabularum declarans.«¹⁹

Tu je njegov model za Sonce:²⁰

»Sonce ima tri sfere (*orbis*), ki so z vseh strani ločene druga od druge, vendarle pa v stiku med seboj. Najvišja od teh je s svojo izbočeno površino koncentrična s svetom, s svojo vbočeno <površino> pa ekscentrična. Najnižja pa je koncentrična s svojo vbočeno površino, a ekscentrična s svojo izbočeno površino. Tretja pa, ki je umeščena med ti dve, je s sve-

¹⁸ Po Barkerju in Goldsteinu so obstajali vsaj trije razlogi, zakaj je v uvajalnih predstavitev astronomije prišlo do postopne zamenjave krogov s sferami: pedagoška in kognitivna učinkovitost takšnih modelov; skladnost fizikalnega in astronomskega kurikula; izračunavanje razdalj med planeti. Prim. »Realism and Instrumentalism in Sixteenth-Century Astronomy: A Reappraisal«, str. 237–239.

¹⁹ Dunaj, Codex 5203, fol. 2^r. Nav. po E. J. Aiton, »Peurbach's *Theoricae novae planetarum*«, str. 8, op. 14. Poudarek je naš.

²⁰ Večji del navedka prevajamo po latinskem besedilu, ki smo ga povzeli po reprodukciji naslovne strani *Theoricae novae planetarum Georgii Purbachii astronomi celebratissimi*, iz članka N. Jardina, »The Significance of the Copernican Orbs«, str. 169, fig. 1 (gl. reprodukcijo na naslednji strani): »Sol habet tres orbis a se inuicem omniquaue diuisos atque sibi continguos, quorum supremus secundum superficiem conuexam est mundo concentricus; secundum concauam autem eccentricus. Infimus uero secundum concauam concentricus; sed secundum conuexam eccentricus. Tercius autem in horum medio locatus tam secundum superficiem suam conuexam quoque concauam est mundo eccentricus. Dicit autem mundo concentricus orbis cuius centrum est centrum mundi. Eccentricus uero cuius centrum est aliud a centro mundi. Duo itaque primi sunt eccentrici secundum quid & uocantur orbis augem solis deferentes. Ad motum enim eorum aux solis uariatur. Tercium uero est eccentricus simpliciter & uocatur orbis solem deferens. Ad motum enim eius coprus solare infixum sibi mouetur. His tres orbis duo centra tenent.« Preostanek besedila je preveden po angleškem prevodu E. J. Aitona, v: »Peurbach's *Theoricae novae planetarum*«, str. 9–10 in N. Swerdlowa, v: »Pseudoxia Copernicana«, str. 123. Oba prevajalca na ključnih mestih v oklepajih ali opombah navajata latinske izraze. V 16. stoletju je Peurbachov model za Sonce med drugimi povzel tudi Christopher Clavius, ki pa kot svoj vir, kljub popolnoma očitnemu dejstvu, da jemlje razlage in ilustracije iz Peurbacha, navaja Ptolemaja. Prim. J. M. Lattis, *Between Copernicus and Galileo*, str. 66–73.

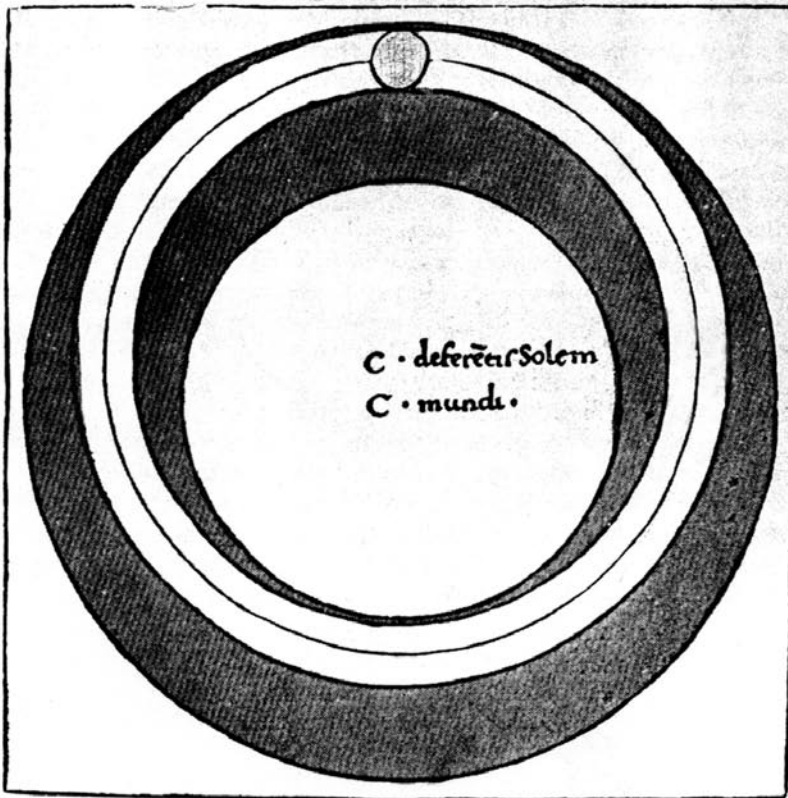
tom ekscentrična tako s svojo izbočeno kot vbočeno površino. Koncentrična s svetom se imenuje tista sfera, katere središče je središče sveta. Ekscentrična pa tista, katere središče je različno od središča sveta. Prvi

**THEORICAE NOVAE PLANETARVM GEORGII
PVRBACHII ASTRONOMI CELEBRATISSIMI
DE SOLE**



O habet tres orbes a se inuicem omniuaq; diuisos atq; sibi contiguos. quoz sup̄mus secundū sup̄ficiē conuexam est mundo concentricus: secundū cōcauam aut̄ eccentricus. Infim⁹ uero secundū cōcauā cōcentric⁹: sed secundū conuexā eccentricus. Tercius aut̄ i hoz medio lotatus tam secundū sup̄ficiē suā conuexā q̄ concauā est mūdo eccentricus. Dicit̄ aut̄ mūdo concentricus orbis cui⁹ centrū est cēt̄rum mūdi. Eccentricus uero cui⁹ centrū est aliud a centro mūdi. Duo itaq; primi sunt eccentrici secundū qd: & uocant̄ orbes augem solis deferentes. Ad motum enim eorum aux solis uariatur. Tercius uero est eccentricus simpliciter: & uocatur orbis solem deferens. ad motum enim eius corpus solare infixū sibi mouetur. Hi tres orbes duo cētra tenēt.

THEORICA SOLIS.



dve <sferi> sta tako ekscentrični 'z ozirom na nekaj (*secundum quid*)', in se imenujeta sferi, ki nosita sončev apogej (*orbis augem solis deferentes*), kajti sončev apogej se spreminja skladno z njunim gibanjem. Tretja pa je 'enostavno ekscentrična (*eccentricus simpliciter*)', in se imenuje sfera, ki nosi sonce (*orbis solem deferens*), kajti telo sonca, ki je pritrjeno nanjo, se giblje s tem gibanjem. Te tri sfere (*orbis*) imajo dve središči. Kajti izbočena površina najvišje in vbočena površina najnižje imata isto središče, ki je središče sveta. Zato se reče, da je celotna sfera (*tota sphaera*) Sonca, ravno tako kot celotna sfera (*tota sphaera*) vsakega drugega planeta, koncentrična s svetom.«

Toda vbočena površina najvišje in izbočena površina najnižje, skupaj z obema površinama srednje <sfere>, imajo neko drugo središče, ki se imenuje središče ekscentra.«

Peurbach uporablja standardno terminologijo, s to razliko, da *orbis* vedno uporablja zgolj za delne sfere oziroma za posamezne sferične lupine planetarnega modela, *sphaera* pa mu pomeni celotni model ali območje neba, ki ga ta model zaseda. *Orbis* je torej sfera oziroma sferična lupina z dvema površinama; Sonce ima tri takšne sfere, tri sferične lupine (*orbis*), pri čemer sta nabolj zunanja in najbolj notranja različno debeli, srednja (ekscentrična sfera oziroma Sončev deferent, ki vsebuje Sonce med površinama) pa je enakomerno debela. Celotna sfera (*tota sphaera*) Sonca je, ker imata izbočena površina zunanje sfere in vbočena površina najnižje sfere isto središče, tj. središče sveta, koncentrična s svetom. Tudi »celotna sfera« oziroma sferična lupina je torej enakomerne debeline in predstavlja planetarno sfero, kot si jo je zamišljal Aristotel.

Peurbachove *Theoricae novae* so, potem ko jih je dal leta 1472 natisniti Peurbachov učenec in sodelavec Regiomontan, postale »najbolj priljubljeni učbenik 16. stoletja«²¹ in so med letoma 1472 in 1653 izšle v več kot petdesetih izdajah.²² Med drugimi jih je komentiral tudi krakovski profesor astronomije Wojciech iz Brudzewa²³ – Wojciech bi lahko bil Kopernikov astronomski mentor –, ki je v komentarju sprejel Peurbachovo rešitev. In četudi lahko v komentarjih najdemo tudi nekatere skeptične ali agnostične pomisleke glede realnosti »delnih sfer« ali celo sfer nasploh, je prevladujoče stališče avtorjev 16. stoletja, da so *orbis* realne, tridimenzionalne sfere oziroma sferične lupine.

²¹ E. J. Aiton, »Peurbach's *Theoricae novae planetarum*«, str. 7.

²² Vključno s prevodi in komentarji, med katerimi so bili nekateri natisnjeni, drugi pa so ostali v rokopisu.

²³ Znan tudi kot Albertus iz Brudzewa. Wojciech je na krakovski univerzi predaval od leta 1474 do svoje smrti leta 1495.

Če povzamemo: tako kozmologija kot astronomija poznega srednjega veka in renesanse razumeta *orbes* kot realne, materialne, tridimenzionalne sfere oziroma sferične lupine, ki premikajo planete ali epicikle, ki so ravno tako razumljeni kot sferične lupine, tako da lahko rečemo, da je bil obstoj realnih, materialnih nebesnih sfer obče sprejet, ne glede na to, kateremu astronomskemu ali kozmološkemu sistemu je bil kdo zapisan. Averroisti so seveda še naprej skušali vzpostaviti sistem koncentričnih sfer, tistim pa, ki so sprejeli kompromisno rešitev, se je ta zdela najbolj plavzibilna predstavitev fizične ureditve nebesnih sfer. Pravzaprav je bila izdelava kompromisa, ki je vključeval bistvene značilnosti ptolemajske astronomije in aristotelske kozmologije, smiselna samo, če so bili modeli planetov razumljeni kot realni. Ravno dejstvo, da so bile sfere oziroma sferične lupine razumljene kot realne oziroma da je bil kompromis zasnovan kot fizičen sistem in ne samo kot geometrijska predstavitev ali orodje za reševanje pojavov,²⁴ je sprožilo dodatna vprašanja o konsistentnosti sistema oziroma o njegovi skladnosti z aristotelsko kozmologijo in fiziko. Kompromis namreč temeljno zahtevo aristotelske kozmologije rešuje zgolj provizorično, saj se ekscentri znotraj »celotne sfere« posameznega modela planeta, ki je koncentrična, gibljejo v krogu okoli središč, ki niso identični s središčem Zemlje, obenem pa načenja nekatera druga načela Aristotelove fizike in kozmologije.²⁵

II. Kopernik in orbes

Upoštevajoč dejstvo, da tako kozmološka kot astronomska tradicija razmišlja v okviru realnosti nebesnih sfer, se lahko popolnoma legitimno vprašamo, zakaj Kopernik, če vanje ne verjame, tega tudi izrecno ne izreče. Kopernik si ni pomišljal – po dolgem omahovanju sicer – pognati Zemlje v gibanje, kar je bilo v popolnem nasprotju z vsemi sprejetimi in uveljavljenimi artikulacijami vednosti²⁶ – zakaj se torej zoper sprejeto in veljavno znanost ne bi postavil tudi v primeru nebesnih sfer? Vendar to ni vse, kar govori v prid tezi, da Kopernik (še vedno) verjame v realnost nebesnih sfer. To je

²⁴ Prim. E. Grant, »Cosmology«, str. 283.

²⁵ O drugih kozmoloških težavah, ki jih predstavljajo realni ekscentri in epicikli, prim. E. Grant, *Planets, Stars, and Orbs*, str. 286–308.

²⁶ O tem več v: M. Vesel, M., »*Mathemata mathematicis scribuntur*: Kopernikov Predgovor h knjigam *O revolucijah*; prvič« in isti, »Forma mundi: Kopernikov predgovor h knjigam *O revolucijah*; drugič«.

očitno tudi na podlagi analize nekaterih odlomkov – če damo Kopernikov *Komentarček*²⁷ v oklepaj – iz prve knjige *O revolucijah*.

(1.) Kopernik v prvi knjigi *O revolucijah* vsaj enkrat izrecno uporabi izraz *orbis* v pomenu tridimenzionalne sferične lupine, se pravi sfere z dvema površinama. V 10. poglavju dokazuje, da so poti Merkurja in Venere – kasneje pa tudi Marsa, Jupitra in Saturna –, heliocentrične, nato pa nadaljuje:

»Ker pa so vsi ti planeti navezani na eno sredino, je nujno razbrati, da je prostor, ki ostaja med izbočeno sfero (*orbem*) Venere in vbočeno Marsa, sfera oziroma obla (*orbem quoque siue sphaeram*), ki je z obema površinama koncentrična onima dvema sferama, in ki sprejema Zemljo z njenim priveskom Luno ter čimerkoli, kar je vsebovano pod Lunino krogljo.«²⁸

Zemlja torej potuje okoli Sonca med potema Venere in Marsa, toda ne v praznem prostoru, temveč med izbočeno površino sfere Venere in vbočeno površino sfere Marsa, kar pomeni, da potuje z neko materialno, realno sfero, katere zunanja in notranja površina sta koncentrični z onima dvema. Beseda *orbis* in *sphaera* se torej nanašata na isto sfero, tj. na sfero, ki med svojima površinama vsebuje Zemljo in sfero Lune.²⁹

²⁷ *Komentarček* je leta 1514 Matej iz Miechówa opisal kot besedilo, ki sodi v žanr *theoretical literature*. Matej namreč pravi: »Item sexternus *Theorice* asserentis Terram moveri, Solem vero quiescere«. (Naš poudarek.) To seveda pomeni, da ga je – kljub temu, da delce ni uvajalno in da v današnji obliki ne vsebuje nobenih skic –, razumel kot besedilo, v katerem *orbis* pomenijo sfere, s katerimi so opisani realni modeli planetarnih gibanj. Da je *Komentarček* napisan po črki in duhu *theoretical literature* dokazuje N. Swerdlow, v »Pseudoxia Copernicana«, str. 116–117; natančnejša analiza besedila *Komentarčka*, z dokazi, da *orbis* vedno pomeni sfero, pa je na str. 148–156. Po Swerdlowu je očitno, da Kopernik predpostavlja, da je tistih nekaj bralcev, katerim je bilo delce namenjeno, seznanjeno s teorijo realnih sfer, in da Kopernik uporablja skoraj popolnoma identično terminologijo, kot jo najdemo v *Theoricae novae*.

²⁸ *O revolucijah* I, 10 (str. 66–67): »At vero omnibus his vni medio innixis, necesse est id quod inter conuexum orbem Veneris et concavum Martis relinquatur spatium, orbem quoque siue sphaeram discerni cum illis homocentrum secundum utranque superficiem, quae terram cum pedissequa eius Luna et quicquid sub Lunari globo continetur, recipiat.« Vsi navedki iz knjige *O revolucijah* so navedeni po N. Kopernik, *O revolucijah nebesnih sfer*.

²⁹ Kopernikov učenec Retik parafrazira v *Narratio prima* isti stavek takole: »Sed intra concavam superficiem orbis Martis et convexam Veneris, cum satis amplum relictum sit spatium, globum Telluris cum adiacentibus elementis orbe Lunari circumdatum quodam orbe intra se Mercurii et Veneris orbem item Solem complecente circumferri, ut non aliter ac una ex stellis inter planetas suos motus habeat.« Nav. po: Georgii Joachimi Rhetici, *Narratio prima*, str. 59. Če Kopernikov (ali Retikov) opis iz 10. poglavja prve knjige *O revolucijah* kombiniramo s popolnoma geometrijskima opisoma III. in V. knjige *O revolucijah*, dobimo rekonstrukcijo modela realnih sfer, ki je fizična osnova za matematični model. Za skico obeh modelov, geometrijskega in fizičnega, prim. N. Swerdlow, »Pseudoxia Copernicana«, str. 124–125.

(2) Do istega rezultata – do sklepa, da Kopernik z *orbis* razume realne, materialne sfere, kot sta jih razumeli kozmologija in astronomija njegovega časa, in da razmišlja v tem konceptualnem okvirju –, lahko pridemo tudi po drugi poti. To dokazuje – v kombinaciji s Kopernikovo predstavitvijo nujnosti gibanja nebesnih teles z enakomernim in krožnim gibanjem v 4. poglavju prve knjige – tudi Kopernikov motiv, zaradi katerega je po lastnih besedah sploh začel razmišljati o drugačni »ureditvi sfer sveta« in vpeljavi gibanja Zemlje v astronomijo.

V predgovoru k *O revolucijah* Kopernik predstavi dve astronomski tradiciji, ki imata po njegovem mnenju vsaka svoje pomanjkljivosti: tradicijo koncentričnih sfer ter tradicijo ekscentrov in epiciklov. Medtem ko je pomanjkljivost koncentrične astronomije nezmožnost pojasniti različno oddaljenost planetov od Zemlje, tradicija ekscentrov in epiciklov po Koperniku krši »načelo enakomernega gibanja«. Kršitev načela enakomernega (pravilnega, enoličnega) gibanja je seveda povezana s Ptolemajevim konceptom ekvanta, ki je imaginarna, referenčna točka znotraj deferenta, a ekscentrična glede na gibanje planeta po epiciklu, in ki predstavlja tisto referenčno točko, glede na katero se planet giblje z enakomernim gibanjem.

Isti očitek ptolemajski astronomski tradiciji omenja Kopernik tudi na začetku svojega *Komentarčka*, kjer je tudi nekoliko – ne pa veliko –, bolj jasen. »Naši predhodniki so postavili«, pravi Kopernik, »mnoštvo nebesnih sfer (*multitudinem orbium caelestium*), da bi tako s pravilnostjo rešili pojavno gibanje zvezd. Izjemno nesmiselno je bilo namreč videti, da bi se nebesno telo popolne okroglosti (*corpus in absolutissima rotunditate*), ne gibalo vedno enako (*aeque*).«³⁰ Odkrili so namreč, da je mogoče tudi »s kombinacijo in ureditvijo pravilnih gibanj (*compositione atque concursu motuum regularium*)« na različne načine doseči, da je videti, da se katerokoli nebesno telo giblje kamorkoli. To zahtevo astronomske znanosti izpolnjuje Evdoksova in Kalipova teorija koncentričnih krogov, vendar je težava tega modela, da ne ustreza opazovanjem, saj z njim ni mogoče pojasniti približevanja in oddaljevanja planetov od Zemlje. V Kopernikovi rekonstrukciji je ta težava modela koncentričnih sfer privedla do ptolemajske teorije ekscentrov in epiciklov. Toda kljub temu, da je teorija, ki jo je razvil »Ptolemaj in večina drugih«, ustrezala pojavnim gibanjem, je prinašala s sabo velik dvom, veliko vprašanje (*non parvam quoque dubitationem*). Ptolemaj je namreč moral, če je hotel podati pravilne izračune

³⁰ *Komentarček*, uvod (str. 2–3): »Multitudinem orbium caelestium maiores nostros eam maxime ob causam possuisse video, ut apparentem in sideribus motum sub regularitate salverunt.« Vsi navedki iz *Komentarčka* so navedeni in prevedeni po: Nicolaus Copernicus, *Das neue Weltbild*.

nebesnih gibanj, opustiti načelo enakomernega krožnega gibanja oziroma izumiti način, da ga vsaj na videz ne krši:

»Teorije, <ki so jih razvili Ptolemaj in večina drugih>, namreč niso zadoščale (*sufficabant*), razen če se ni zamislilo še nekakšnih 'izenačujočih' krogov (*aequantur quosdam circulos*), zaradi katerih je bilo videti, da se planet ne giblje vedno z enakomernim gibanjem niti po svoji deferentni sferi (*in orbe suo deferente*) niti v razmerju do svojega lastnega središča. Zaradi tega ta teorija (*speculatio*) ni bila videti dovolj dovršena (*absoluta*) niti dovolj skladna (*concinua*) z razumom.

Zato sem, potem ko sem opazil te <težave>, često razmišljal, če je mogoče odkriti bolj razumen model (*modus*) krogov, iz katerega bi bila odvisna vsa pojavna različnost, medtem ko bi bilo v sebi vse gibano enakomerno, kar zahteva razlog dovršenega gibanja.«³¹

Kaj ima Kopernik tu v mislih? V čem astronomska teorija, ki temelji na epiciklih in ekscentrih, nasprotuje »načelu enakomernosti gibanja«?

Osnovni matematični orodji ptolemajske astronomije sta ekscenter in epicikel, vendar mora Ptolemaj v določenih primerih, da ne bi povečeval števila krogov, ki jih potrebuje za pojasnitev gibanja določenega nebesnega telesa, odstopiti od načela enakomernega krožnega gibanja oziroma najti način, da od njega na videz ne odstopi. Ptolemajev izhod iz zagate je sledeč: gibanje planeta je enakomerno, toda ne v razmerju do pravega središča, temveč v razmerju do neke ekscentrične točke v deferentnem krogu, ki je znana kot ekvant. V tem Ptolemajevem modelu Zemlja niti ne leži v geometričnem središču koncentričnih krožnic niti ne predstavlja resničnega središča gibanja, ampak je glede na geometrično središče vesolja ekscentrična, tako kot tudi resnično središče gibanja – to je ekvant (*punctum equans*), okoli katerega je mogoče narisati tudi »ekvantni« krog. Zahtevana enakomernost gibanja planetov je zdaj privzeta glede na to imaginarno, nematerialno točko zunaj Zemlje.³²

³¹ Prav tam: »Non enim sufficiebant, nisi etiam aequantes quosdam circulos imaginaretur, quibus apparebat neque in orbe suo deferente, neque in centro proprio aequali semper velocitate sidus moveri. Quapropter non satis absoluta videbatur huiusmodi speculatio, neque rationi satis concinna. / Igitur cum haec animadvertissem ego, saepe cogitabam, si forte rationabilior modus circolorum inveniri possit, e quibus omnis apprens diversitas dependeret, omnibus in seipsis aequaliter motis, quemadmodum ratio absoluti motus poscit.«

³² Prim. Regiomontanovo predstavitev koncepta v *Epitomu Almagesta* IX, 6 v: N. Swerdlow, »The Derivation and First Draft of Copernicus' Planetary Theory«, str. 434–435; prim.

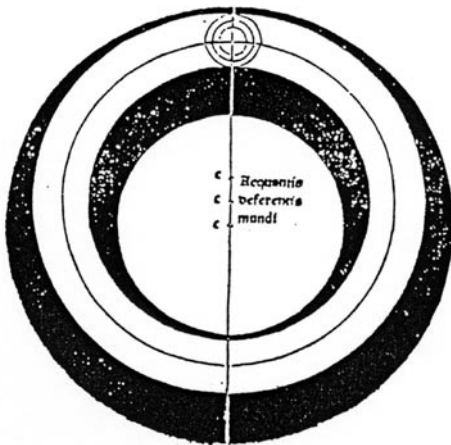
Ptolemajska astronomija po Koperniku torej dovolj ustrezno reproducira pojavna gibanja planetov, njena pomanjkljivost pa je kršenje načela enakomernega krožnega gibanja: gibanje središča epicikla v razmerju do središča, s katerim ohranja stalno razdaljo, ni enakomerno. Toda zakaj je to kršenje »enakomernosti krožnega gibanja« problematično? Zakaj taka rešitev ni »dovolj dovršena niti dovolj skladna z razumom«? Zato, pravi Swerdlow, ker

»Kopernik meni, da gibanje planeta usmerja revolucija materialne sfere ali sfere, na katere je planet pritjen. Edino gibanje, ki je za sfero dovoljeno je enostavna enakomerna rotacija okoli premera; <sfera se> ne more enakomerno gibati glede na katerokoli drugo premico, ki poteka skozi njo.«³³

Ekvant torej ne predstavlja nobenega problema, če ga razumemo kot prisilo za gibanje točke v dvodimenzionalni matematični konstrukciji, ki se jo uporablja za izračunavanje planetarnih dolžin. Za postulirano enakomernost gibanja sfere postane problematičen, če ga mislimo fizikalno oziroma kozmološko. To pa je natanko to, kar ima v mislih Kopernik s »prvim načelom«. Sfera, ki nosi planet, se lahko z enakomernim gibanjem giblje samo okoli premera, ki gre skozi njeno središče. Če poteka gibanje okoli osi, ki ne gre skozi središče krogle, potem njeno gibanje ne more biti enakomerno. Videti je torej, da je razlog za ta Kopernikov ugovor ptolemajski astronomiji, njegovo prepričanje, ki ga deli

tudi M. Vesel, »Revolucije Kopernikovih *Revolucij*«, str. 92–93. Model ekvanta v Peurbachovi *Theoricæ novæ planetarum* je takšen:

THEORICA TRIVM SVPERIORVM ET VENERIS.



³³ N. Swerdlow, »The Derivation and First Draft of Copernicus' Planetary Theory«, str. 435.

s celotno poznosrednjeveško astronomijo in kozmologijo, da se planet giblje skupaj z materialno sfero, na katero je pritrjen. Edino gibanje, s katerim se lahko giblje sfera, ki je »popolna okroglost«, pa je enakomerna rotacija, vrtenje okoli lastne osi; vsako gibanje okoli premice, ki ne bi bila njen premer (kot je to v primeru ekvanta), ne bi bilo enakomerno oziroma bi sfero celo izvrglo iz njenega mesta.³⁴

(3) Kopernikovo tradicionalno razumevanje narave in mehanizma nebesnih sfer – na pa tudi njihove razporeditve – je razvidno tudi iz 4. poglavja prve knjige *O revolucijah*, kjer pojasnjuje zakonitost enakomernega krožnega gibanja nebesnih teles. Kopernik primerja dnevno revolucijo »neba« z neenakomernim gibanjem nekaterih planetov, ki se včasih gibljejo retrogradno, obenem pa so včasih bližje Zemlji in včasih bolj oddaljeni od nje. Kljub temu, pravi, »pa je vseeno treba priznati, da so njihova gibanja krožna ali sestavljena iz več krogov, zakaj opaziti je, da se takšne neenakomernosti stalno ponavljajo z določeno zakonitostjo: kar se ne bi moglo zgoditi, če ne bi bila krožna.«³⁵ Kot je mogoče sklepati na podlagi uvodnih stavkov poglavja, pa je krožno gibanje planetov posledica dejstva, da se planeti ne gibljejo sami, temveč jih giblje sfera na katero so pritrjeni:

»Po tem si bomo priklicali v spomin, da je gibanje nebesnih teles krožno. Gibljivost sfere je namreč obračanje v krogu; s tem dejanjem izraža svojo obliko v najenostavnejšem telesu, pri katerem ni moč najti začetka in konca niti ločiti enega od drugega, ko se na istem mestu giblje v samem sebi.«³⁶

³⁴ Kopernik seveda ni bil prvi, ki je ptolemajsko astronomijo podvrigel kritičnemu pretresu. V islamskem svetu so bile Ptolemajeve metode, opazovanja in modeli nenehno izpostavljeni kritiki in poskusom izboljšav. Kasneje se je ta kritična naravnost do Ptolemaja prenesla tudi na latinski zahod, vendar pa je glede Kopernika in njegovih (zelo verjetnih in zanj precej pomembnih) povezav z islamsko astronomsko tradicijo zanimivo to, da je bil problema ekvanta izpostavljen predvsem med islamskim astronomi, na zahodu pa o tem ni bilo govora. Prim. F. J. Ragep, »Copernicus and his Islamic Predecessors: Some Historical Remarks«, str. 127: »Še posebej je bila moteča Ptolemajeva raba sredstev, ki so kršila sprejeta fizikalna načela, ki jih je sprejemala večina astronomov v antičnem in srednjeveškem obdobju. Kasnejši islamski astronomi so našteli šestnajst takšnih kršitev: šest od teh jih je imelo opraviti z referenčno točko za enakomerno krožno gibanje sfere, ki je različna od realnega središča sfere (velikokrat omenjeno kot problem ekvanta).« O Kopernikovem poznavanju averroističnih kritik Ptolemaja na zahodu prim. P. Barker, »Copernicus and the Critics of Ptolemy«.

³⁵ *O revolucijah* I, 4 (str. 42–43): »Fateri nihilominus oportet circulares esse motus vel ex pluribus circulis compositos, eo quod inequalitates huiusmodi certa lege statique onseruant restitutionibus: quod fieri non posset, si circulares non essent.«

³⁶ Prav tam (str. 40–41): »Post haec memorabimus corporum caelestium motum esse circularem. Mobilitas enim sphaerae est in circulum volui, ipso actu formam suam expri-

Skratka: krožno gibanje, ki je kljub drugačnemu videzu dejansko gibanje planetov, je posledica gibanja planetov skupaj s sfero. Krogi, krožne poti so posledica krožnega gibanj sfer, ki se obračajo v krogu in na katere so pritrjeni planeti. Ko je enkrat jasno, da je krožno gibanje planetov posledica gibanja sfer, je mogoče govoriti tudi o krogih. Krogi, ki jih opisuje Sonce, tako prinašajo nazaj neenakost dni in noči in štiri letne čase. Vendar pa je to posledica gibanja sestavljenega iz več krogov, se pravi iz večjega števila gibanj, se pravi iz kombinacije gibanj večjega števila sfer: »kajti ne more se zgoditi, da bi ena sfera neenakomerno gibala enostavno nebesno telo« oziroma, bolj dobesedno, da »bi bilo enostavno nebesno telo gibano neenakomerno od ene sfere«.³⁷

Rečeno drugače, neenakomerno gibanje Sonca bi lahko bilo tudi posledica neenakomernega gibanja samo ene sfere, kar bi imelo za posledico večje število krožnih poti, ki bi jih Sonce opisalo. Vendar pa to ni mogoče, saj bi moralo do tega, da bi ena sfera neenakomerno gibala eno nebesno telo, priti ali »zaradi nestanovitnosti gibalne sile (*propter virtutis mouentis inconstantiam*)« ali »zaradi neenakosti vrtečega se telesa (*propter reuoluti corporis disparitatem*).« Tako eno kot drugo možnost »razum z grozo zavrača«, saj si »je nevredno zamisliti kaj takšnega v tistih stvareh, ki so vzpostavljene v najboljšem redu«. To pa pomeni, da se nam lahko »njihova enakomerna gibanja pojavljajo kot neenakomerna« zaradi različnih drugih razlogov, ne pa zaradi tega, ker bi ena sfera gibala planet na neenakomeren način.

Iz istega razloga, zaradi katerega se planeti gibljejo v krogu, se gibljejo tudi enakomerno. Krožno gibanje je vedno enakomerno, ker ima nepomanjkljiv vzrok: »Krožno gibanje pa vedno kroži enakomerno, ima namreč nepomanjkljiv vzrok.«³⁸ Ta vzrok pa je gibanje sfere, ki jih prenaša naokoli z enakomernim in krožnim gibanjem. Ne glede na to, kaj je vzrok gibanja samih sfer (naravna tendenca sfere, da se giblje v krogu; impetus, ki ji ga je podelil stvarnik ...) bi bilo vse to razpravljanje nesmiselno, če bi Kopernik z *orbis* imel v mislih kroge ali zgolj namišljene, imaginarne sfere.

Če sklenemo: kljub temu, da Kopernik v svojem delu nikjer izrecno in nedvoumno ne izrazi prepričanja, da so *orbis* realne, materialne sfere, sta tako tekst kot kontekst dovolj zgovorna. Kopernikovi *orbis* niso »krogi« niti imaginarne sfere, temveč realne, materialne sfere, kot jih je na podlagi Ptolemajevih *Planetarnih hipotez* razumela kozmologija in astronomija poznega srednjega

mentis in simplicissimo corpore, vbi non est reperire principium et finem nec vnum ab altero secernere, dum per eadem in se ipsam mouetur.«

³⁷ Prav tam (str. 42–43): »quoniam fieri nequit, vt caeleste corpus simplex vno orbe inequaliter moueatur.«

³⁸ Prav tam I, 8 (str. 58–59): »Circularis autem aequaliter semper voluitur, indeficientem enim causam habet.«

veka in renesanse, tako v njeni ptolemajski kot aristoteljski (lahko bi rekli tudi averroistični) tradiciji. Kopernik je, kot vse kaže, imel v mislih podobno ureditev nebesnih sfer kot jo najdemo v *theorica*-tradiciji, s tem, da je pri njem središče popolnih, celotnih sfer (*orbis totalis*) Sonce. To pa je tudi vse, kar je mogoče reči o naravi Kopernikovih *orbis* oziroma sfer. Iz tega, kar Kopernik pravi, namreč nikakor ne sledi, da si je Kopernik, kot trdi N. Swerdlow, »tako kot vsak drug astronom njegovega časa, predstavljal, da so planetarni modeli sestavljeni iz *trdih* sfer, ki se medsebojno ne sekajo«. ³⁹ Nasprotno, glede tega, ali so za Kopernika nebesne sfere trde ali tekoče, je na podlagi njegovih besedil – tako kot je to tudi v primeru besedil Ibn al-Haithama in Peurbacha –, nemogoče sklepati. Nebesne sfere so »postale« trde – v srednjem veku in renesansi je zelo malo avtorjev posvečalo pozornost temu vprašanju, večina pa jih je, vsaj implicitno, menila, da so tekoče –, kolikor je zgodovino pisju znanosti znano do sedaj, v obdobju prve četrtine druge polovice šestnajstega stoletja, to je malce prej, preden je Tycho Brahe na podlagi opazovanja gibanja kometa leta 1577 zanikal njihovo trdost, in malce prej, preden so sfere, ki nosijo planete, popolnoma izginile iz astronomije in kozmologije.

Literatura:

- Aiton, E. J., »Celestial Spheres and Circles«, *History of Science* 19 (1981), str. 75–114.
- Aiton, E. J., »Peurbach's *Theoricae novae planetarum*: A Translation with Commentary«, *Osiris*, 2nd ser., (3/1987), str. 5–44.
- Barker, P., »Copernicus, the Orbs, and the Equant«, *Synthese* 83 (1990), str. 217–223.
- Barker, P., »Copernicus and the Critics of Ptolemy«, *Journal for the History of Astronomy* 30 (1999), str. 343–358.
- Barker, P., in Goldstein, B. R., »Realism and Instrumentalism in Sixteenth-Century Astronomy: A Reappraisal«, *Perspectives on Science* 6 (1998), str. 232–258.

³⁹ Swerdlow, »Pseudoxia Copernicana«, str. 108–109. Naš poudarek. Tu je mogoče dobro opozoriti na zanimivo stvar, ki se je zgodila Swerdlowu. Tako kot je on v polemiki z Rosenom uspešno pokazal, da je treba Kopernikove *orbis* razumeti »v kontekstu« tedaj sprejete astronomije in kozmologije, je Grant pokazal, da je Swerdlow, v primeru opredelitve Kopernikovih sfer kot trdih (*hard, rigid*) – nedvomno zaradi tega, ker nam še vedno manjka zgodovina vznika koncepta »trdih sfer« –, Kopernika kontekstualiziral »preširoko«, se pravi, da je Koperniku pripisal koncept, ki se je uveljavil šele po njem. Prim. E. Grant, »Celestial Orbs in the Latin Middle Ages« ter isti, *Planets, Stars and Orbs*, str. 325–370.

- Donahue, W. H., »The Solid Planetary Spheres in Post-Copernican Natural Philosophy«, v: R. S. Westman (ur.), *The Copernican Achievement*, University of California Press, Berkeley/Los Angeles/London 1975, str. 244–275.
- Grant, E., »Cosmology«, v: D. C. Lindberg (ur.), *Science in the Middle Ages*, Chicago University Press, Chicago 1980, str. 265–302.
- Grant, E., »Eccentrics and Epicycles in Medieval Cosmology«, v: E. Grant in J. E. Murdoch (ur.), *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages: Essays in Honor of Marchal Clagett*, Cambridge University Press, Cambridge 1987.
- Grant, E., »Celestial Orbs in the Latin Middle Ages«, *Isis* 78 (1987), str. 152–173.
- Grant, E., *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos, 1200–1687*, Cambridge University Press, Cambridge, Mass. 1996.
- Goldstein, B. R., »The Arabic Version of Ptolemy's Planetary Hypotheses«, *Transactions of the American Philosophical Society* 57 (4/1967), str. 1–55.
- Guerlac, H., »Copernicus and Aristotle's Cosmos«, *Journal of the History of Ideas* 29 (1968), str. 109–113.
- Huggonard-Roche, H., Rosen, E. in Verdet, J.-P., *Introduction à l'astronomie de Copernic*, A. Blanchard, Pariz 1975.
- Jardine, N. C., »The Significance of the Copernican Orbs«, *Journal for the History of Astronomy* 13 (1982), str. 168–194.
- Kopernik, N., *O revolucijah nebesnih sfer: prva knjiga/De revolutionibus orbium caelestium: liber primus*, prev. M. Vesel, Založba ZRC, Ljubljana 2003.
- Copernicus, N., *Das neue Weltbild (Commentariolus, Brief gegen Werner, De revolutionibus I)*, prevod, uvod in opombe H. G. Zekl, Meiner, Hamburg 1990.
- Koyré, A., *The Astronomical Revolution. Copernicus – Kepler – Borelli*, Dover, New York 1992.
- Krafft, F., »Physikalische Realität oder mathematische Hypothese? Andreas Osiander und die physikalische Erneuerung der antiken Astronomie durch Nicolaus Copernicus«, *Philosophia naturalis* 14 (1973), str. 243–75.
- Lattis, J. M., *Between Copernicus and Galileo. Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology*, The University of Chicago Press, Chicago/London 1994.
- Lindberg, D. C. (ur.), *Science in the Middle Ages*, Chicago University Press, Chicago 1980.
- Neugebauer, O., in Swerdlow, N., *Mathematical Astronomy in the Copernicus' De revolutionibus*, Berlin/Heidelberg/New York 1984.
- Pedersen, O., »Astronomy«, v: D. C. Lindberg (ur.), *Science in the Middle Ages*, Chicago University Press, Chicago 1980, str. 303–337.
- Ragep, F., J., »Copernicus and his Islamic Predecessors: Some Historical Remarks«, *Filozofski vestnik* 25 (2/2004), str. 125–142.
- Retik: Georgii Joachimi Rhetici, *Narratio prima*, kritična izdaja, francoski

- prevod in komentar H. Hugonnard-Roche in J.-P. Verdet s sodelovanjem M.-P. Lernerja in A. Segondsa, (*Studia Copernicana XX*), Ossolineum, Wroclav 1982.
- Rosen, E., »Copernicus' Spheres and Epicycles«, *Archives internationales d'histoire des sciences* 25 (1975), str. 82–92.
- Rosen, E., »Copernicus' Axioms«, *Centaurus* 20 (1976), str. 44–49.
- Rosen, E., »Reply to N. Swerdlow«, *Archives internationales d'histoire des sciences* 26 (1976), str. 301–304.
- Rosen, E., »The Dissolution of the Solid Celestial Spheres«, *Journal of the History of Ideas* 46 (1985), str. 13–31.
- Swerdlow, N. M., »Aristotelian Planetary Theory in the Renaissance: Giovanni Battista Amico's Homocentric Spheres«, *Journal for the History of Astronomy* 3 (1972), str. 36–48.
- Swerdlow, N. M., »The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary«, *Proceedings of the American Philosophical Society* 117 (6/1973), str. 423–512.
- Swerdlow, N. M., »Pseudoxia Copernicana: or, Inquiries into very Many Received Tenets and Commonly Presumed Truths, Mostly Concerning Spheres«, *Archives internationales d'histoire des sciences* 26 (1976), str. 108–58.
- Swerdlow, N. M., »Translating Copernicus«, *Isis* 72 (1981), str. 73–82.
- Szczeciniarz, J.-J., *Copernic et la révolution copernicienne*, Flammarion, Pariz 1998.
- Vesel, M., »*Mathemata mathematicis scribuntur*: Kopernikov predgovor h knjigam *O revolucijah*; prvič«, *Filozofski vestnik* 23 (3/2002), str. 7–23.
- Vesel, M., »Forma mundi: Kopernikov predgovor h knjigam *O revolucijah*; drugič«, *Filozofski vestnik* 24 (1/2003), str. 121–136.
- Vesel, M., »Revolucije Kopernikovih *Revolucij*: gibanje Zemlje in vidik pojava«, v: Nikolaj Kopernik, *O revolucijah nebesnih sfer: prva knjiga*, Založba ZRC, Ljubljana 2003, str. 85–137.
- Vesel, M., »Kopernikova retorika: opazovalni preizkusi proti gibanju Zemlje in teorija impetusa«, *Filozofski vestnik* 25 (3/2004), str. 91–108.
- Zilsel, E., »Copernicus and the Mechanics«, *Journal for the History of Ideas* 1 (1940), str. 11–18.