

7. Platon i postanak teorijske astronomije

- 7.1. Platonova filozofija prirode
 - 7.1.1. Zamisao matematičke astronomije
 - 7.1.2. Svijet ideja
 - 7.1.3. Status matematike
 - 7.1.4. Dijalog »Timej«
 - 7.1.5. Stvaranje kozmosa (*Timej*)
 - 7.1.6. Struktura tvari (*Timej*)
- 7.2. Početak teorijske astronomije: Eudoks
 - 7.2.1. Platonov model svemira
 - 7.2.2. Eudoksova konstrukcija putanja nebeskih tijela
- 7.3. Dvije antičke tradicije istraživanja tvarnoga svijeta
- 7.4. Arhimed i mehanika
- 7.5. Rim i filozofija prirode
 - 7.5.1. Grčka prirodoslovlje u Rimu
 - 7.5.2. Enciklopedije, komentari i prijevodi
- 7.6. Rano kršćanstvo i filozofija prirode
 - 7.6.1. Kršćanstvo i Rimsko Carstvo
 - 7.6.2. Prodiranje Platonove filozofije u kršćanski nauk
- 7.7. Platon i oživljavanje filozofije prirode u 12. stoljeću
 - 7.7.1. Znanost u službi vjere
 - 7.7.2. Filozofija prirode u gradskim školama 12. stoljeća

Platon (427. pr. Kr. – 347 pr. Kr.) je najvažniji Sokratov učenik. Putovao je po Italiji i Siciliji, gdje se upoznao s pitagorovcima, a potom je u Ateni osnovao školu, »Akademiju«. Jedan je od najvećih filozofa svih vremena, po mnogima čak najveći. O njegovu ugledu svjedoči činjenica da su očuvana sva njegova djela. Mi ćemo ugrubo prikazati tek djelić njegove misli, koja se s vremenom razvijala i mijenjala. Te njegove zamisli ćemo prikazati u obliku u kojem su u najvećoj mjeri utjecale na razvoj filozofije prirode, ostavljajući po strani teške probleme tumačenja.

Za povijest fizike Platon je važan iz dva razloga. S jedne strane, njegovo djelo *Timej* je bilo jedini izvorni tekst antičke filozofije prirode poznat ranosrednjovjekovnoj Europi i poslužilo je kao polazište prvih filozofskih promišljanja prirode u srednjem vijeku. S druge strane, njegova vjera u matematički ustroj svemira i njegova zamisao matematičke astronomije su bile ishodište antičke tradicije matematičkoga opisivanja prirodnih pojava. Razmotrimo sada neke nema važne elemente Platonove filozofije.

7.1. Platonova filozofija prirode

7.1.1. Zamisao matematičke astronomije

Platona, poput Sokrata, prvenstveno zanimaju moralni problemi: za njega sve znanje, pa i ono najuzvišenije, stoji u službi najvažnijega filozofskog pitanja: »kako živjeti?«. Za razvoj filozofije prirode i fizike Platon je pak važan kako zbog svojih teorija tako i zbog svojih ideja o temelju i ciljevima znanosti. Među tim idejama se ističe učenje o svrhovitosti svijeta (teleologija, nauk o svrhama) te stav o odnosu razuma i iskustva. Obje te ideje imaju, sa stajališta suvremene fizike, i pozitivan i negativan aspekt. Što se teleologije tiče, Platon bjelodano stavlja naglasak na pojave u kojima se očituju red i racionalnost kozmosa. Primjerice, opširno je raspravljao o astronomiji, ali gotovo ništa o mehaničkim problemima. Što se tiče odnosa razuma i iskustva, za našu je svrhu osobito važna njegova zamisao matematičke astronomije, kojom je pokrenuo posve novu tradiciju, novi način istraživanja prirode. U tom kontekstu možemo spomenuti da, primjerice u djelu *Država (Politeja)* kad govori o obrazovanju filozofa-kraljeva, nalazimo raspravu o potrebi učenja astronomije. Čitavo obrazovanje filozofa-kraljeva po njegovu mišljenju mora biti takvo da ih vodi od osjetilnog svijeta k razumskom svijetu, od osjeta k razumu. U tom kontekstu on razumljivo naglašava razliku između opažačke i matematičke astronomije te ističe vrijednost ove druge.

Platon općenito preferira razum pred osjetima. To ne znači da su motrenja posve beskorisna, već da su inferiorna apstraktnom mišljenju. U stanovitom smislu upućuje na to da je istraživanje usmjereno na otkrivanje apstraktnih zakona koji leže ispod iskustvenih datosti. Za razvoj fizike su njegove najvažnije i najplodonosnije ideje bile vjera u matematički ustroj kozmosa i zamisao matematičke astronomije (i fizike). Platon vjeruje da je kozmos uređen matematičkim zakonima. Stoga motrenja nebeskih tijela, primjerice, treba iskoristiti za uviđanje matematičkih odnosa kojima su uređena njihova gibanja. Grci su pod izravnim utjecajem Platona počeli matematički obrađivati i istraživati nebeska gibanja. Razmotrimo kako iz Platonove filozofije slijedi zamisao matematičke astronomije.

7.1.2. Svijet ideja

Platonov učitelj Sokrat ističe da je pravo znanje sadržano u općim pojmovima, u onom općenitom što obuhvaća mnoštvo pojedinačnoga i što je stoga važnije i sadržajnije od pojedinačnoga. Valjanim određenjem pojma spoznajemo djelić prave zbilje svijeta. Dakle, kad odredimo pojam razumski smo spoznali neku stvar. Ali što je ta stvar koju smo pojmom spoznali, što je ta zbilja koju je razum pojmom dohvatio?

Platon ističe da se značajke poput pravednosti ili hrabrosti nikad ne ostvaruju u punoj mjeri u pojedincima. Odlike pojedinaca nikad ne odgovaraju posve idealnom određenju pojma. Isto vrijedi u geometriji: idealni geometrijski likovi ne postoje u tjelesnoj stvarnosti, nacrtani trokut nikada ne odgovara posve definiciji trokuta. Ono pojmovno uvijek je savršenije od svakodnevnog opazivog.

Stoga osjetilima dohvatljiv svijet ne može biti područje prave zbilje koju spoznajemo pojmovima. Ono što je spoznato po pojmu ne može biti nešto iz tjelesnoga svijeta koji dohvaćamo osjetilima. Mora, dakle, postojati neki drugi svijet, svijet u kojem postoje predmeti od kojih nam dolaze pojmovi. Po njegovu mišljenju to je *svijet ideja*. Svijet ideja je prava stvarnost, ono što uistinu jest, to je prava zbilja o kojoj nešto saznajemo kad odredimo neki pojam, a osjetilni materijalni svijet, svijet stvari i pojava, je tek nesavršeni odraz te zbilje. Za Platona prava zbilja nije tvarne naravi. *Ideje* čine pravu, ali netjelesnu zbilju, koja se prema tvarnom svijetu odnosi kao ono što uistinu jest prema nastajanju i propadanju, kao stalno prema promjenljivome. Valja naglasiti da svijet ideja za Platona nije »duhovni« ili duševni svijet, ideje nisu misli u čovjekovom ili Božjem umu. Platon je ideje lišio svake subjektivnosti i pridao im je objektivni status: one nisu ono što misli ili ono čime se misli, nego samo i jedino ono što biva mišljeno.

Po Platonu, dakle, moramo razlikovati dva svijeta: pojavni, tjelesni svijet stvari i pojava i netjelesni svijet ideja. Odnos ta dva svijeta, njihova veza i uzajamno odnošenje, trajna je Platonova tema i postavlja teške probleme za tumačenje: što su zapravo ideje, u kojoj su mjeri ta dva svijeta razdvojena, na koji je način tvarni svijet »odraz« svijeta ideja itd?

Ideje su vječne i nepromjenljive i na stanoviti način su uzrok svega pojavnoga, ali pojavno nikad ne može postići savršenstvo svoga uzora. Pojedinačne stvari odgovaraju svojim pojmovima samo u stanovitoj mjeri, pojam je ideal kojem niti jedan iskustveni primjerak nije posve jednak. Tvarni je svijet manje zbiljski od svijeta ideja u smislu da su tvarni predmeti kopije ideja i stoga ovisni u postojanju o njima. Jedino se za ideje može reći da uistinu postoje, dok tvarni predmeti postoje tek po njima. U takvoj slici ima mjesta i za nepromjenljivost i za promjenljivost, pri čemu nepromjenljivost pripada idejama, a promjenljivost tvarnom svijetu. Uočimo da je time Platon ponudio rješenje problema promjene, koji smo upoznali u tekstu o atomizmu. Ideje posve zadovoljavaju uvjete koje je Parmenid postavio na ono što jest. Promjenljivi tvarni svijet pak nije prava zbilja, već odraz prave zbilje, svijeta ideja.

7.1.3. Status matematike

Osnovni predmet istraživanja i znanja za Platona stoga nije tvarni svijet, već ideje. Nesavršeni tjelesni svijet i njegove promjene ne mogu biti predmet pravog znanja. O njemu možemo imati samo opažanja i mnijenja. Kad Platon polazi od osjetilne zamjedbe on ne teži za tim da spozna daje li nam ona

odgovarajuću sliku samoga tjelesnog predmeta, već da kroz nju stigne do netjelesnoga svijeta ideja, do ideje kojoj taj predmet u stanovitoj mjeri odgovara. Do spoznaje ideja preko pojmova, do određenja pojma, ne može se doći na temelju sadržaja opažanja jer opaženo nikad ne odgovara u potpunosti definiciji pojma. Opažaji su za Platona tek poticaji pomoću kojih se duša prisjeća ideja. Filozofska spoznaja je *prisjećanje*: dušu, koja je dok je boravila u netjelesnom svijetu gledala čiste ideje, tjelesne stvari podsjećaju na te ideje, čime se ona opet uzdiže do spoznaje prave zbilje.

Područje matematike, u biti geometrije, je po Platonu doduše niže od područja čistih ideja jer matematične predmete nikad ne razmatramo odvojeno od pojavnih predmeta – njihovih tvarnih realizacija. Matematički su pojmovi inferiorni čistim idejama stoga što su kopije ili odrazi ideja i stoga što mislilac tu i dalje ovisi o vizualnim predodžbama. No, to je prijelazno područje između osjetilnoga svijeta i svijeta čistih ideja. Stoga je po Platonu poznavanje geometrije preduvjet valjanog mišljenja o bilo čemu jer je smatrao da su u matematici pojmovi najčišće definirani. Zbog toga visoko cijeni geometriju. Ona je uzor ispravnoga mišljenja. U tom je smislu Platonova filozofija odigrala važnu ulogu u razvoju fizike, platoničari su se uvijek zalagali za primjenu matematike u filozofiji prirode.

Općenito možemo reći da se tu radi o području »postulata«, možebitno širem od same matematike, o organiziranom pojmovnom znanju, primjer kojeg je za Platona jedino geometrija. Slobodnije protumačeno, to bi područje danas možda odgovaralo teorijskoj fizici. Spoznaja pojedinačnih objekata ostaje u području mnijenja, utemeljena u nesigurnosti osjetilne zamjedbe. Ona još nije »pojmovna«, još nije usmjerena teorijom ili definicijom. Da bi mnijenje postalo razumska spoznaja pojedinačni se objekt mora podići na razinu teorije. No za Platona teorije i definicije nisu iskustvena uopćenja ovisna o posebnim slučajevima i apstrahirana iz njih. One su same slike nečeg višeg, tj. ideja.

7.1.4. Dijalog »Timej«

Za povijest fizike važan je Platonov dijalog *Timej*. Za zapadnoeuropski srednji vijek sve do pred kraj 12. st. *Timej* bio gotovo jedini izvor filozofije prirode. U *Timeju* Platon iznosi potanku kozmologiju koju označava kao »vjerojatni mit«, što po svemu sudeći valja shvatiti kao izraz skromnosti, kao priznanje da iznosi vjerojatni prikaz nečega što je za ljudski um preteško, za što nema čvrstih dokaza. Platon nas ostavlja u stanovitoj nedoumici glede namjera i vrste prikaza koji daje. Najprije naglašava razliku između vječnih ideja i promjenljivog svijeta nastajanja i nestajanja te kaže kakav prikaz odgovara kojem od tih svjetova. O tvarnom svijetu nema pravog znanja. Stoga iznesena kozmologija nije egzaktan prikaz jer narav predmeta to onemogućava. No imamo li na umu da imamo posla sa svijetom nastajanja i nestajanja, to je najbolji mogući prikaz.

Prije svega se možemo upitati koju ulogu ima izučavanje tvarnoga svijeta, ako je glavni posao filozofa bavljenje idejama. Zašto se Platon trudi

pružiti detaljan prikaz stvorenog kozmosa? Odgovor možemo naslutiti iz naravi njegova prikaza. Platon tu stalno naglašava *ulogu racionalnog svrhovitog činitelja u prirodi*, iskazuje vjeru u element plana u prirodi. Platonov glavni motiv za bavljenje »filozofijom prirode« je iznošenje na vidjelo djelovanja razuma u svemiru. Prirodne pojave su vrijedne istraživanja stoga što pokazuju red u svijetu i vrijedne su u onoj mjeri u kojoj očituju taj red.

7.1.5. Stvaranje kozmosa (*Timej*)

Kozmogoniju prikazanu u dijalogu *Timej* moramo razmatrati u kontekstu tadašnjih shvaćanja i teorija te kao reakciju na njih. Platon kritizira svoje prethodnike, prema čijim kozmogonijama kozmos nastaje unutrašnjim razvojem tvari iz neuređenog stanja koje mu je prethodilo. Napose se suprotstavlja mehanicističkom objašnjenju prirode, vjerojatno Demokritovu nauku, gdje iz nasumičnih susreta atoma nastaju svakojaki kozmosi, i smeta mu nepostojanje svrhe zbivanja kod atomista. Po njegovom mišljenju raniji su »fizičari« lišili svijet božanskoga, a time plana i svrhe. U takvoj teoriji sama narav stvari u svijetu osigurava njegov red i pravilnost – red svijeta je intrinzičan, a ne vanjski, nije nametnut izvana, već izrasta iznutra. Za Platona je takav stav budalast i opasan. Njegovo ishodišno uvjerenje je svrhovitost svijeta. No svrha, red i racionalnost ne mogu prebivati u samoj tvari. To za Platona znači da je tvarni svijet, kozmos, oblikovalo razumno biće, sa svrhom i po uzoru na ideje, ali od materijala koji mu nameće neka ograničenja. No Platonova namjera nije vratiti u kozmologiju olimpske bogove koji se stalno upliću u funkcioniranje prirode, već vjeruje da se red, svrhovitost i racionalnost kozmosa mogu objasniti jedino kao nešto što je nametnuo kozmosu izvanjski um. Uloga božanstava je da se objasni red i racionalnost svijeta. Platon smatra da postoji samo jedan, jedinstven i po vrsti jedini, savršen i najljepši kozmos, a njegovo se podrijetlo može objasniti jedino djelovanjem svrhotvornog uma.

Glavni elementi Platonovog prikaza stvaranja svijeta su vječne ideje, svjetotvorac (*demiurg*, doslovno graditelj, obrtnik) i »prostor« (*hora*). Sva ta tri elementa zaslužuju opširnu raspravu u kakvu se ovom prilikom ne možemo upuštati, već ćemo samo dodati neke napomene. O svijetu ideja smo već nešto rekli. Svjetotvorac se uvodi kao racionalni tvorac kozmosa, personifikacija razuma, i nije jasno valja li ga shvatiti doslovno ili ne. No važno je naglasiti da Platon smatra da je svemir proizvod razuma i plana. Platonov svjetotvorac nije apsolutno svemoćni bog, kao kod Židova ili u kršćanstvu, koji svijet stvara iz ničega. Njegov svjetotvorac je u svojoj tvoračkoj djelatnosti dvostruko ograničen i uvjetovan: s jedne strane svijetom ideja, onim u što se ugleda kao u uzor, najviši cilj i svrhu, kojoj bi što je moguće više trebao nalikovati svijet koji stvara, a s druge strane onim što prethodi tvorenju svijeta, naime zatečenim posve neuređenim pragibanjem – »prostorom«. Platonov »prostor« je zamisao vrlo teška za tumačenje. Platon ga prikazuje kao neodređenu sposobnost poprimanja oblika, koja prima u sebe sve tjelesne oblike, ali pak

uzrokuje da ideje u njem nisu pravo prikazane. Platonov »prostor« je s jedne strane ono *iz čega* sve biva, a s druge strane istovremeno ono *u čemu* sve biva. Taj pojam ne odgovara posve ni pojmu praznog prostora ni pojmu materije, već ih u sebi sintetizira. »Prostor« se prvotno nalazi u nepravilnom i nesređenom gibanju, on u stanovitom smislu jest naprosto gibanje, i to ne gibanje nečega već gibanje samo. To gibanje nije kretanje tvarnih tijela, jer im svima prethodi, već njihanje, tresenje, vibriranje ili titranje. To titranje ispunja sam »prostor« i trokute iz kojih su građena osnovna pravilna tijela kao gradbeni dijelovi elemenata (vidi nastavak teksta, odjeljak 7.1.6. *Struktura stvari*).

Demiurg stvara stvari u »prostoru« i od »prostora«, uvodeći u njega »oblik i mjeru« po uzoru na vječne ideje. Dakle, temelj pojavnoga svijeta treba tražiti u njegovom svrhovitom odnosu spram ideja i upravo taj odnos Platon izražava predodžbom »boga svjetotvorca« ili demiurga. Nadalje, demiurg očigledno ne stvara ono od čega je svijet načinjen (kao ni ono po uzoru na što je načinjen!), već uzima nešto već postojeće i tome daje oblik i red. Stoga se djelovanju razuma pri tvorbi kozmosa suprotstavlja ono što dolazi »po nuždi«. To suprotstavljanje nije aktivno načelo koje se suprotstavlja svjetotvorcu kao sila zla, već pasivni otpor koji neuređeni »prostor« pruža oblikovanju. Rezultati koje razum pri tvorbi svijeta postiže stoga nisu najbolji u apsolutnom smislu, već najbolji s obzirom na dana ograničenja koja nameće narav onoga od čega i u čemu razum stvara tvarni svijet.

Demiurg je dobronamjerni svjetotvorac, racionalni bog koji se bori s ograničenjima »prostora« da bi stvorio svijet što bolji i ljepši. On nije svemoćni bog, već postiže najbolji mogući rezultat u danim okolnostima. Stoga stvoreni kozmos jest najbolji mogući tvarni svijet, svijet najveće moguće ljepote i racionalnosti, ali nije savršen, stvorene stvari su tek nesavršene tjelesne kopije netjelesnih savršenih ideja i zato u stvorenom kozmosu svjedočimo promjenama, nastajanju i propadanju stvari. Bez obzira treba li demiurga shvatiti doslovno ili ne, jasno je da Platon smatra da je svemir proizvod razuma i plana, da je red u svijetu racionalni red izvana nametnut tvari. I konačno, što je za našu temu osobito važno, demiurg stvara svijet prema matematičkim načelima. Red svijeta je u osnovi matematički red, red zadan matematičkim odnosima.

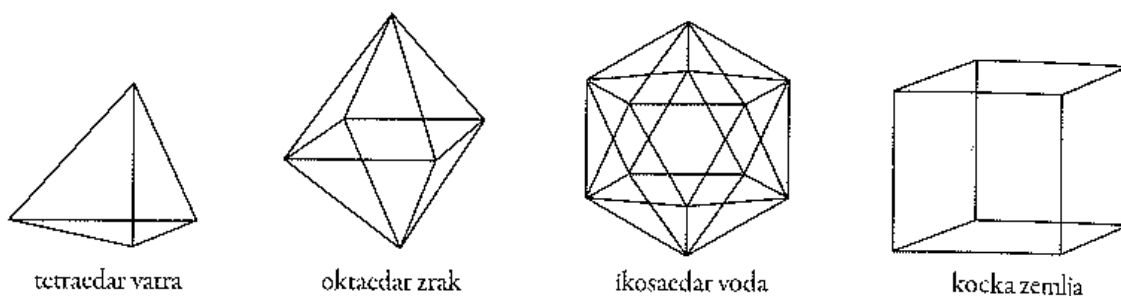
7.1.6. Struktura stvari (*Timej*)

Glavni motiv Platonovih istraživanja tvarnoga svijeta je iznošenje na vidjelo njegove svrhovitosti, racionalnosti i matematičke uređenosti, kroz što se očituje njegov racionalni tvorac. Primjeri takvog istraživanja su njegova teorija stvari i astronomija.

Platonov nauk o krajnjim sastavnicama stvari je važan doprinos filozofiji prirode. Platon skreće pozornost na nestabilnost opazivih stvari i smatra da vodu, vatru i sl. ne smijemo zamišljati kao nepromjenljive elemente. To je važna zamisao koja je utjecala na Aristotela i originalan je doprinos analizi

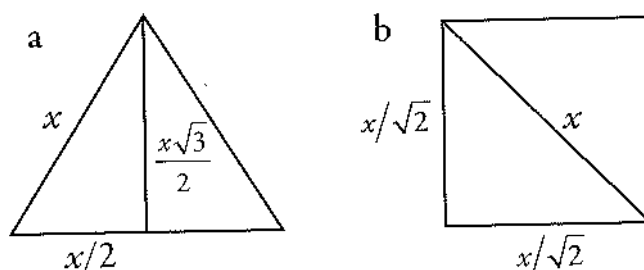
problema promjene. Za Empedokla i Anaksagoru, primjerice, prava zbilja je tjelesne naravi i stoga njihovi elementi moraju zadovoljiti Parmenidove uvjete, a isto vrijedi za atome atomista. Za Platona su pak netjelesne ideje ono što jest pa tvarni elementi mogu biti promjenljivi, kao i njihovi osnovni djelići.

U opisu tvari Platon dosta posuđuje od Empedokla i atomista, ali kombinirajući te i druge ideje daje novo rješenje problema građe tvari. Poput Empedokla smatra da su prirodne tvari načinjene od četiri elementa: vatre, vode, zraka i zemlje. No ide dalje od toga i poistovjećuje osnovne djeliće tih elemenata s geometrijskim tijelima, koristeći geometriju da bi objasnio njihovu uzajamnu preobrazivost. Najmanjem djeliću svakog elementa odgovara neki pravilni poliedar: zemlju čine kocke, vodu ikosaedri, zrak oktaedri, vatru tetraedri (pravilni poliedri su tijela omeđena sukladnim pravilnim poligonima u kojima se u svakom vrhu sastaje jednak broj bridova. Postoji samo 5 pravilnih poliedara, osim spomenutih još i dodekaedar, a prvi ih je opisao Platon):



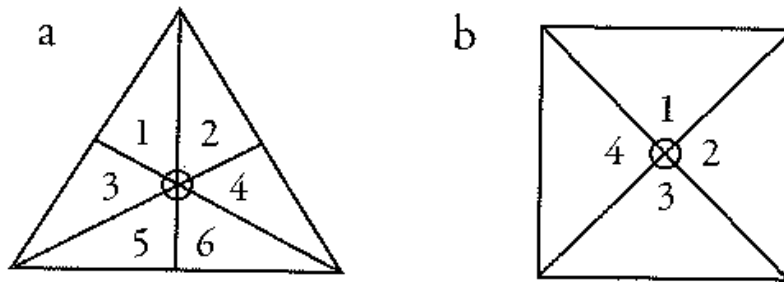
Ti poliedri su toliko maleni da se ne mogu vidjeti – poput atomista Platon objašnjava vidljivo nevidljivim. Među njima nema praznog prostora. No sami poliedri nisu »tvarni«, nisu ispunjeni jer bi to onemogućilo preobrazbe. Tvar je svedena na geometriju, na oblikovani prostor, na »šuplja« geometrijska tijela, koja se mogu razlagati na plohe (u osnovi na trokute), a koji se pak mogu preslagivati da bi dali drugi poliedar, tj. drugi element ili elemente.

Ta tijela Platon konstruira pomoću dvije vrste temeljnih trokuta. Drugim riječima, temeljni konstituenti tvari su dva trokuta: polovica istostraničnoga trokuta i pravokutni jednakokračni trokut:



Platon ne koristi najjednostavnije konstrukcije da bi od trokuta oblikovao plohe poliedara, ne znamo zašto. Navedena dva elementarna pravokutna trokuta ulaze u konstrukciju dviju drugih ploha, naime kvadrata i jednakostraničnoga trokuta. Kvadrat nastaje kao sklop četiriju pravokutnih

jednakokračnih trokuta, a jednakostranični trokut kao sklop šest pravokutnih raznostraničnih trokuta:



Platonova teorija je ekonomičnija od Empedoklove, u kojoj se uvode četiri različite vrste tvari. U Platonovoj teoriji su moguće pretvorbe elemenata što otklanja neke od iskustvenih prigovora Empedoklu. Primjerice, voda vrenjem postaje »zrak«, koji se opet može vratiti u vodu. Zemlja je isključena iz tih preobrazbi i to je izravna posljedica geometrije modela.

Sličnost s atomistima je u tome što se raznolikost opazivih predmeta svodi na razlike u veličini i obliku čestica. Za atomiste su te čestice tijela, a za Platona su temeljna tijela složena od ploha, složenih od osnovnih trokuta. Nasuprot atomistima poriče postojanje praznine. Konačno, atomisti pretpostavljaju beskonačno mnogo veličina i oblika atoma, dok Platon daje precizan prikaz oblika i njihovih preobrazbi.

Platonove geometrijske čestice su velik korak u smjeru matematizacije prirode. Elementi nisu tvar u obliku pravilnih tijela, tvar nije fundamentalna, već su fundamentalni geometrijski likovi i tijela. Za Platona sve je u obliku, sve je svedivo na trokute. Razlike među elementima nisu u supstanciji, već u kvaliteti. Oni su kao četiri različita stanja istoga. Elementi se mogu pojaviti s različitim odlikama, a različite odlike tumači promjenom veličine uz održanje oblika.

7.2. Početak teorijske astronomije: Eudoks

Općenito se smatra da je teorijska astronomija najveće postignuće grčke znanosti. Prvi matematički model gibanja nebeskih tijela je ponudio Eudoks iz Knida (oko 390. pr. Kr. – oko 337. pr. Kr.), matematičar iz Platonove filozofske škole. Ishodište Platonove zamisli teorijske, matematičke astronomije je njegova zamisao matematički uređenoga svemira (u kojoj prepoznajemo utjecaj pitagorovaca). Red svijeta je matematički red, a nebeska gibanja su od davnina bila poznata kao najpravilnija pa se opravdano možemo nadati da će potanka analiza tih gibanja najlakše iznijeti na vidjelo matematički (tj. geometrijski) ustroj na kojem počivaju.

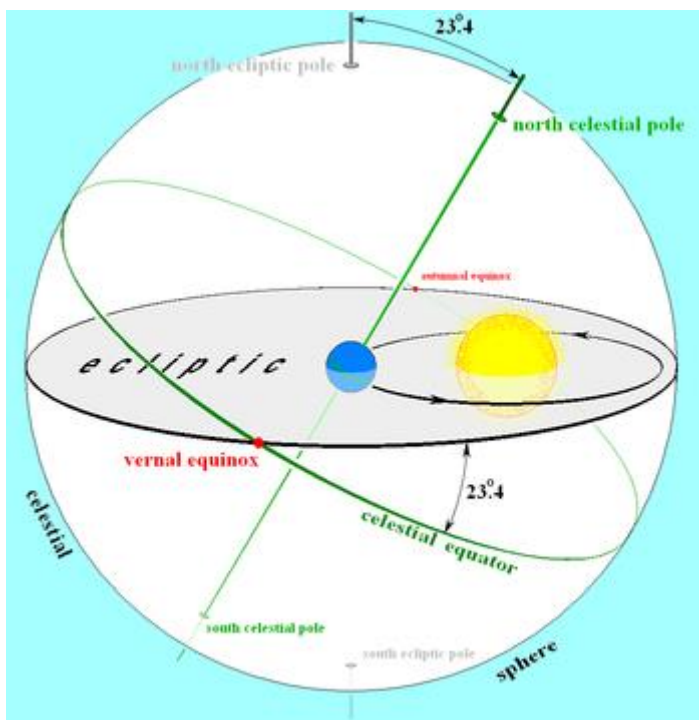
Prema predaji (izvor je kasniji i nepouzdan) Platon na sljedeći način formulira temeljni problem teorijske astronomije: »Pomoću kojih se jednolikih i sređenih gibanja mogu objasniti prividna gibanja planeta?« (pod »planetima«

se podrazumijevaju Mjesec, Sunce, Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Saturn). Prividna gibanja planeta, gibanja kakva mi opažamo sa Zemlje, zahtijevaju objašnjenje. Pretpostavlja se da su nepravilnosti u gibanjima samo prividne i da nastaju kombiniranjem regularnih i središnjih gibanja. Platon je time zadao problem koji je ostao glavna preokupacija astronoma stoljećima. Treba iznova naglasiti Platonov doprinos u smislu jasnog formuliranja problema: njegov glavni doprinos razvoju fizike je ideja astronomije kao egzaktne, matematičke znanosti, a matematičari su se prihvatili problema kojeg je on formulirao. Rješenje je pak trebalo izgraditi na tri postulata:

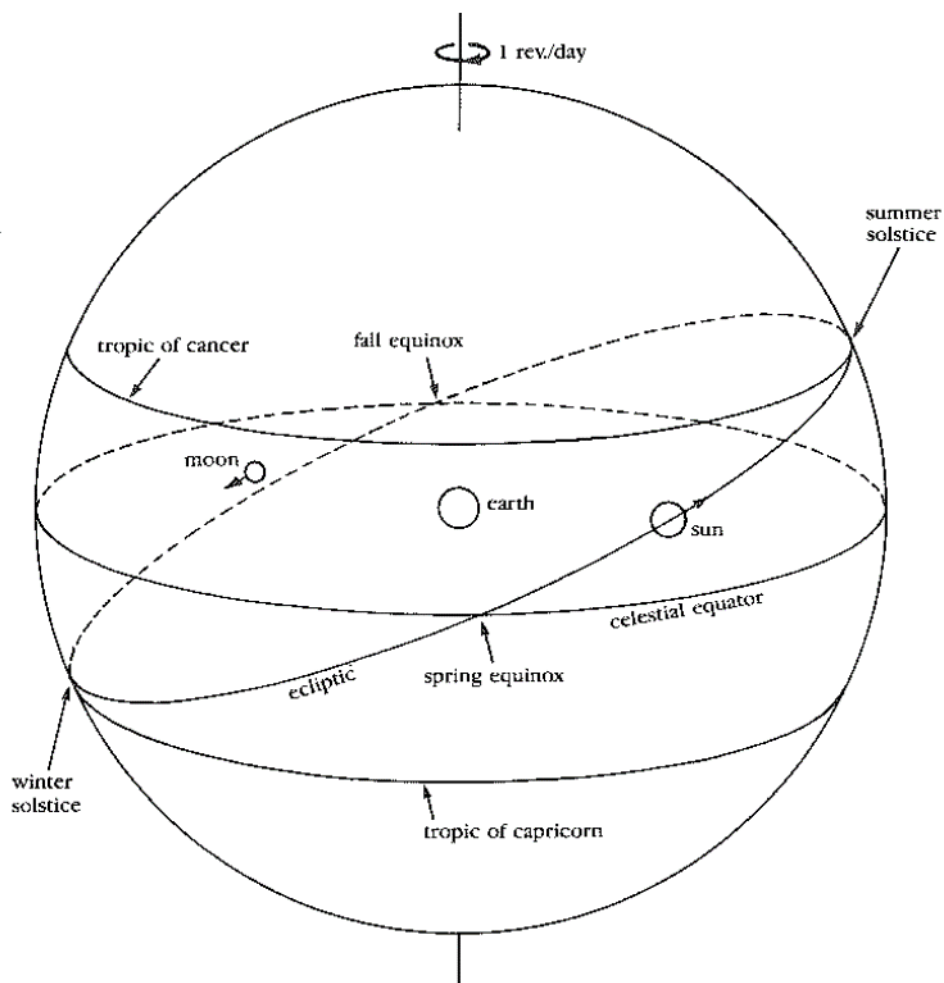
- i) Zemlja se nalazi u središtu svijeta;
- ii) nebeska se tijela mogu gibati samo po kružnim putanjama;
- iii) nebeska se tijela mogu gibati samo jednoliko.

7.2.1. Platonov model svemira

Da bismo razumjeli Eudoksovu konstrukciju putanja nebeskih tijela najprije moramo upoznati temeljnu sliku svemira u okviru koje je načinjena. Suvremena slika gibanja Zemlje oko Sunca je sljedeća:



Ako tu sliku promijenimo tako da se Sunce giba oko Zemlje dobijemo sliku svemira koju je ponudio Platon (dijalozi *Timej* i *Država*), dorađujući ranu pitagorovsku kozmografiju (vidi tekst *Pitagora i pitagorovci*), a ona izgleda ovako:



U središtu kuglastoga svemira je kuglasta Zemlja. Oko Zemlje se jednoliko kružno gibaju nebeska tijela, na različitim udaljenostima: Mjesec, Sunce, Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn. Najudaljenije je »nebo«, tj. sfera zvijezda stajačica.

Os kugle svemira prolazi kroz središte kuglaste Zemlje, okomito na ekvator. Kugla svemira okreće se jednoliko oko osi od istoka prema zapadu, stoga zvijezde stajačice rotiraju po kružnicama na sferi. Tu rotaciju Platon naziva »krug istosti« i to je dnevna rotacija svijeta koja vrijedi za sva nebeska tijela. Spomenimo da po Platonu Zemlja rotira oko »osi svijeta« u suprotnom smjeru, čime se poništava vrtnja svijeta kao cjeline i Zemlja efektivno miruje.

Nadalje, Platon u sliku uvodi »krug drugosti«. Kut između osi »kruga istosti« i »kruga drugosti« odgovara kutu između ekvatora i ekliptike. Uočimo na slici nebeski ekvator (»celestial equator«), tj. projekciju Zemljinog ekvatora na nebesku sferu, i ekliptiku (ekliptika je ravnina u kojoj leži Zemljina putanja oko Sunca, tj. u Platonovom svemiru Sunčeva putanja oko Zemlje).

Platon ovakav svemir opisuje i slikom »vretena nužnosti« čiji se vijenac sastoji od osam odvojenih vijenaca. Vanjski vijenac je sfera zvijezda stajačica, a ostali odgovaraju planetima. Vreteno se vrta kao cjelina (»krug istosti«), a unutar njega se krugovi vrte u suprotnom smjeru od cjeline (»krug drugosti«). Brzine njihove vrtnje se razlikuju. Osmi krug, onaj Mjeseca, je najbrži. Sedmi,

šesti i peti odgovaraju Suncu, Veneri i Merkuru i gibaju se istom brzinom. Promjeri krugova su također različite.

7.2.2. Eudoksova konstrukcija putanja nebeskih tijela

Eudoks doraduje Platonov model svemira uvodeći u njega retrogradna gibanja planeta (vidi tekst *Pitagora i pitagorovci*). U tu svrhu Eudoks putanju svakog od nebeskih tijela konstruira pomoću sustava nekoliko koncentričnih kugli smještenih jedna u drugoj, koje su međusobno povezane i rotiraju različitim brzinama oko različito usmjerenih osi. Kugle koje ne pripadaju istom nebeskom tijelu nisu vezane.

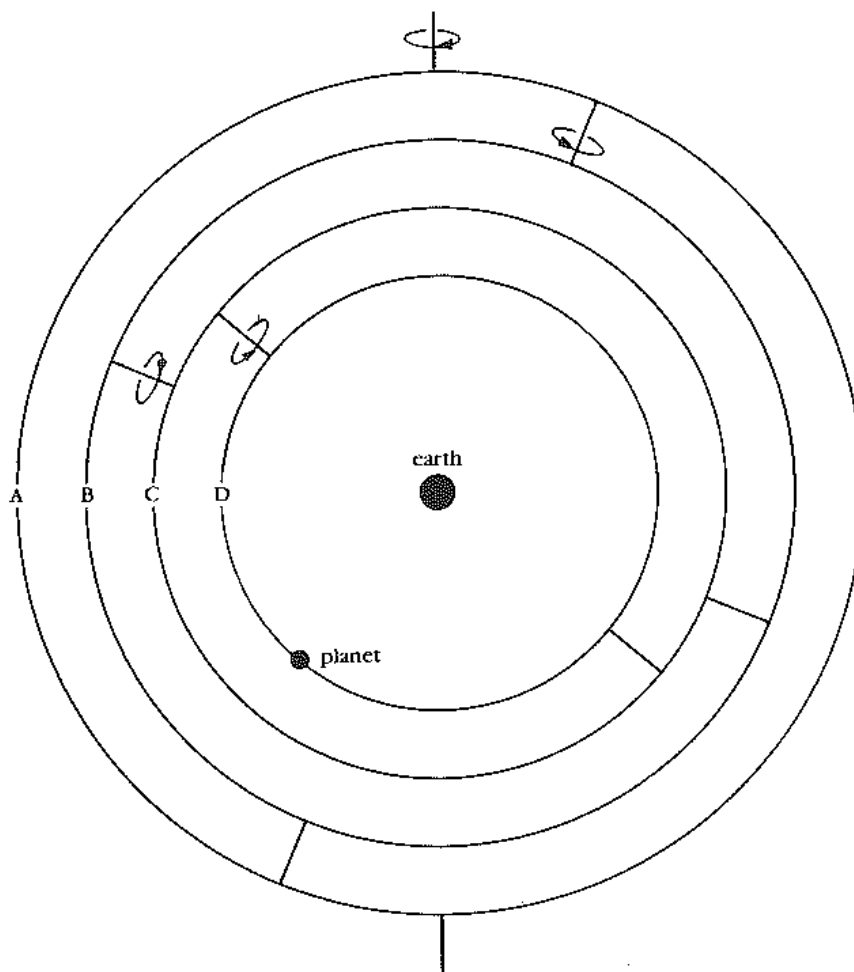
Ukupno uvodi 27 kugli:

za zvijezde stajačice uvodi jednu kuglu;

za Sunce i Mjesec uvodi po tri kugle;

za Merkur, Veneru, Mars, Jupiter i Saturn uvodi po četiri kugle.

Eudoksov sustav kugli za neki od planeta (Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn) prikazan je na sljedećoj slici, a tu sliku ćemo koristiti da objasnimo njegovu konstrukciju:

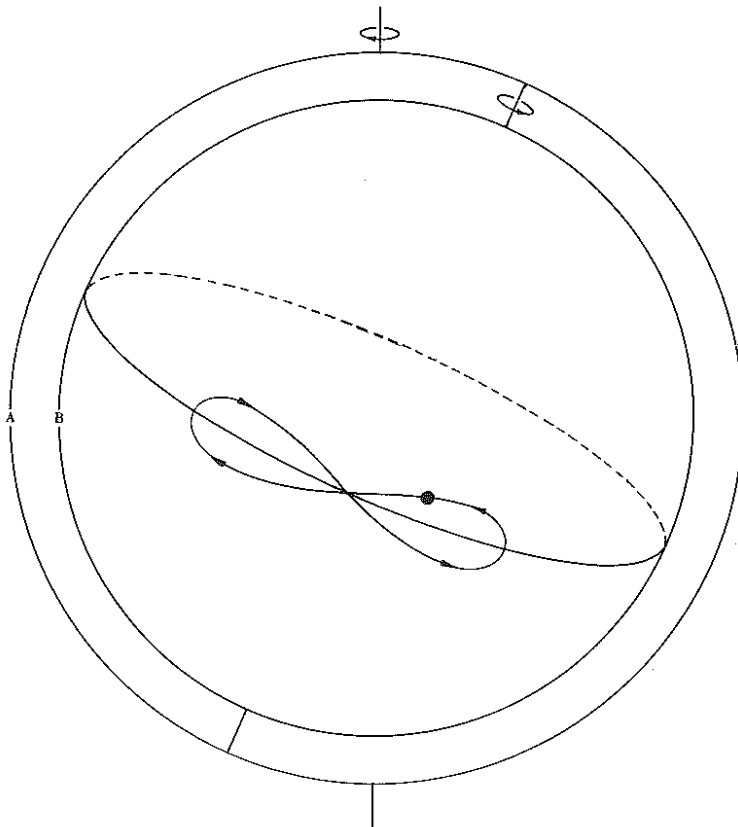


Razmotrimo najprije najjednostavnije gibanje, gibanje zvijezda stajačica. Da bi objasnio gibanje zvijezda stajačica Eudoks koristi jednu kuglu, prikazanu kružnicom A na gornjoj slici. Ta se kugla okreće jednoliko oko osi svijeta od istoka prema zapadu i puni krug napravi jednom u 24 sata te se stoga zvijezde stajačice, koje su učvršćene na toj kugli, gibaju po kružnicama na nebeskom svodu. Istu takvu kuglu uvodi u sustav kugli svakog nebeskog tijela i ona u svakom slučaju objašnjava pojave vezane uz dnevnu rotaciju Zemlje (izlaske i zalaske Sunca, Mjeseca i planeta). Naravno, izraz »dnevna rotacija Zemlje« se odnosi na naše suvremeno shvaćanje gibanja nebeskih tijela – Eudoksova Zemlja ne rotira, već miruje u središtu svijeta.

Razmotrimo sada gibanje Sunca ili Mjeseca. Gibanja svakog od ta dva tijela konstruira pomoću po tri kugle. Primjerice za Mjesec najprije uvodi kuglu prikazanu kružnicom A, koja objašnjava dnevno gibanje Mjeseca. Potom uvodi drugu kuglu (prikazanu kružnicom B). Os te kugle je učvršćena na kuglu A i okomita je na ravninu ekliptike. Kugla B se okreće u suprotnom smjeru od smjera okretanja kugle A i puni krug napravi jednom tijekom lunarnoga mjeseca (oko 29,5 dana). Kugla B, dakle, objašnjava prividno gibanje Mjeseca kroz zvijezda zodijaka, pomicanje Mjeseca na pozadini zvijezda stajačica. Treća kugla za slučaj Mjeseca nije prikazana na gornjoj slici, a uvedena je da bi se objasnilo odstupanje gibanja Mjeseca od ravnine ekliptike. Mjesec je pak učvršćen na ekvatoru te treće kugle (nije prikazano na

crtežu). Sustav kugli za Sunce je ekvivalentan opisanom sustavu kugli za Mjesec, s tom razlikom da u slučaju Sunca kugla B načini puni krug jednom u godinu dana.

Konačno, razmotrimo gibanje nekog planeta. Za planet ponovno imamo kuglu A, koja objašnjava njegovo dnevno gibanje po nebu. Potom imamo kuglu B. Os kugle B je učvršćena na kugli A i okomita je na ravninu ekliptike. Kugla B se okreće u suprotnom smjeru od smjera okretanja kugle A, a brzina rotacije ovisi o tome o kojem se planetu radi. Kugla B, dakle, objašnjava prividno gibanje planeta kroz zviježđa zodijaka. Treća i četvrta kugla se uvode da bi se objasnilo retrogradno gibanje planeta. Os treće kugle (prikazane kružnicom C) je učvršćena na drugu kuglu (B), a njezini polovi leže u ravnini ekliptike. Os četvrte kugle (prikazane kružnicom D) je učvršćena na treću kuglu (C) i nagnuta je na ravninu ekliptike, a kut pod kojim je nagnuta ovisi o tome o kojem se planetu radi. Planet je učvršćen na ekvatoru četvrte kugle (D). Kugle C i D rotiraju istom brzinom u suprotnim smjerovima, a njihovo združeno gibanje daje planetu putanju u obliku krivulje »hipopede«:



Ova krivulja u kombinaciji s rotacijom druge kugle (B) daje opaženo retrogradno gibanje planeta (vidi animaciju na poveznici: [Description of Eudoxus and Nicolaus Copernicus Retrograde Motion and Circles - YouTube](#)). U animaciji je nakon Eudoksovog objašnjenja retrogradnih gibanja prikazano Ptolomejevo i potom Kopernikovo objašnjenje – o Ptolomejevoj i Kopernikovoj astronomiji ćemo više reći kasnije).

Eudoks nastoji razraditi sustav kugli za svako nebesko tijelo, dajući kutove među osima kugli C i D i brzine rotacije kugli B, C i D. No sustav vjerojatno nije zamišljen da bi davao kvantitativna predviđanja. Nije vjerojatno

da je u tom vremenu pojam točnog kvantitativnog predviđanja bio dio grčke astronomije ili bilo koje grane znanosti. Naum je bio dati kvalitativno poklapanje teorije i opažanja.

Eudoksova konstrukcija je dojmljiv primjer geometrijske imaginacije, ali njegova teorija ipak nije u stanju objasniti sve opažene pojave. Hipopeda daje uvijek istu putanju, dok se opažene petlje za svaki planet posebno razlikuju po obliku, veličini i trajanju. Petlje za Saturn i Jupiter su kod Eudoksa relativno dobro reproducirane, ali ne i za Mars i Veneru. Nadalje, sustav ne objašnjava nejednakost godišnjih doba (bilo je poznato da godišnja doba, mjerena suncostajima i ravnodnevnica, ne traju jednako dugo: proljeće 94 dana, ljeto 92 dana, jesen 89 dana, zima 90 dana). Nadalje, model ne objašnjava promjene prividne veličine Mjeseca i sjaja planeta – kasnije je to ispravno protumačeno kao posljedica promjene njihove udaljenosti od Zemlje.

Eudoksov suvremenik Kalip je pokušao riješiti neke od tih problema dodajući nove kugle, njih ukupno 7. Suncu i Mjesecu dodaje po dvije (u slučaju Sunca time želi riješiti problem nejednakosti godišnjih doba), a Marsu, Merkuru i Veneri po jednu (točniji prikaz retrogradnog gibanja).

Aristotel, filozof, je nešto kasnije preuzeo Eudoksove kugle u svoju kozmologiju i smatrao ih je realnim fizičkim objektima (ali nevidljivim), građenim od elementa *etera* (o tome ćemo više reći u tekstu o Aristotelu). No zanimljivo je pitanje je li Eudoks, matematičar, kugle koje je uveo u astronomiju smatrao realnim fizičkim objektima ili pak samo matematičkim pomagalom za konstrukciju opaženih putanja planeta. Eudoksova djela nisu očuvana i o tome iz antike do nas nije stigao nikakav glas.

7.3. Dvije antičke tradicije istraživanja tvarnoga svijeta

Na temelju Platonovih zamisli matematički ustrojenoga svemira i teorijske astronomije i prakse matematičara iz njegove filozofske škole koji su slijedili te zamisli i nastojali taj matematički ustroj svijeta iznijeti na vidjelo na primjeru gibanja nebeskih tijela, u antici se razvila nova tradicija istraživanja prirode, tradicija matematičkoga opisivanja prirodnih pojava. Razlike te tradicije u odnosu na onu stariju, filozofsku, su prikazane u sljedećoj tablici:

Filozofska tradicija	Matematička tradicija
Primarni cilj je <i>objašnjenje pojave</i> na temelju načela teorije. Suočen s prirodnom pojavom filozof se prije svega pita »Zašto se to događa?«, što dovodi do te pojave?	Primarni cilj je matematički <i>opis pojave</i> , bez teorijskoga objašnjenja. Suočen s prirodnom pojavom matematičar se prije svega pita »Kako se to događa?«, kako pravilnost te pojave izraziti matematički?

Nastoji se putem temeljnih načela izraziti duboki red prirode	Nastoji se matematički izraziti površinski, vidljivi, pojavni red prirode
Različite filozofske škole iste pojave objašnjavaju na različite načine, ovisno o svojim općenitim teorijama svijeta (Platon, Aristotel, atomisti ...).	Pristup svih matematičara je jedinstven, svi na isti način pristupaju pojavama, a razlike su samo u predmetu istraživanja, u tome koje pojave nastoje matematički opisati.
Pojave se koriste kao ilustracije valjanosti teorijskih načela, objašnjenjem pojava se dokazuje valjanost tih načela. Polazište analize su opća načela teorije.	Pojave se koriste kao polazište matematičke analize.
U filozofskoj praksi se kvalitativno razmatraju <i>stvarni</i> , tjelesni predmeti i pojave.	U matematičkoj praksi se egzaktno razmatraju <i>apstraktna</i> bića, stvarne pojave i tjelesni predmeti iščezavaju iz razmatranja i prelaze u matematičke apstrakcije.
Svaka obrazovana osoba se može upustiti u filozofsku raspravu.	Doprinos tradiciji zahtijeva visoko specijalizirana znanja i umijeća.
Teži se k cjelovitoj, koherentnoj i sveobuhvatnoj teoriji.	Teži se k valjanom prikazu pojedinačnih pojava, a ne traži se koherencija među rezultatima, oni se ne povezuju u koherentnu cjelinu.
U načelu se razmatraju sve opažene prirodne pojave.	Razmatranje je ograničeno na neka izolirana područja: i) astronomija (putanje nebeskih tijela), ii) akustika (glazbeni intervali), iii) geometrijska optika (zakon odbijanja svjetlosti), iv) statika (uvjeti ravnoteže, pet jednostavnih strojeva koji funkcioniraju po pravilu poluge – poluga, koloturnik, klin, vitlo, vijak), v) hidrostatika (pravilna tijela koja plutaju na vodi). Matematički prikaz je u antici bio otkriće matematičke preciznosti u oceanu »otprilike« i teško se sam od sebe mogao pretvoriti u jezgru »svijeta preciznosti«.
Raširena po helenističkom i rimskom svijetu	Ograničena na Aleksandriju i izdvojene pojedince (npr. Arhimed)

Od 4. st. pr. Kr. filozofska tradicija i matematička tradicija se razvijaju usporedno, a njihov se odnos može označiti kao komplementaran. S jedne strane one se uzajamno isključuju jer se razlikuju po ciljevima, metodama i praktičarima: filozofi filozofiraju, a ne računaju, a matematičari računaju, a ne filozofiraju (antički vrhunac filozofske tradicije je Aristotel, a antički

vrhunac matematičke tradicije Ptolomej i Arhimed; ove se razlike mogu primijetiti čak i početkom 17. st., kad su se te tradicije već poprilično približile: primjerice Descartes primarno pripada filozofskoj tradiciji, a Galilei matematičkoj). S druge strane, one se uzajamno nadopunjuju jer se bave istim prirodnim pojavama.

Ni jedna od te dvije tradicije nije moderna fizika, one ne dijele gotovo ništa osim predmeta istraživanja i tek se treba pojaviti spona koja će omogućiti da se negdje sretnu. No promatrajući te tradicije sa suvremenog motrišta opažamo u modernoj fizici odraz obiju tih tradicija, u modernoj fizici prepoznajemo stremljenja obiju tradicija. To nije slučajno. Te su se tradicije u 16. stoljeću počele približavati i preplitati, da bi se u 17. stoljeću sintetizirale u modernu fiziku. Možemo se pitati zašto su te dvije tradicije tako dugo ostale odvojene i zašto su se počele približavati baš u renesansnoj Europi. Je li to bilo slučajno? Ako nije, po čemu se europsko renesansno društvo razlikovalo od antičkoga, zapadnoeuropskoga srednjovjekovnoga, bizantskoga i arapskoga, tj. od prijašnjih društava koja su poznavala i prakticirala obje tradicije, ali se nisu približila njihovoj plodnoj sintezi? To ćemo pitanje razmotriti u jednom od sljedećih tekstova. U sljedećim tekstovima ćemo također raspraviti odnos ovih dviju tradicija na primjeru filozofskih i matematičkih razmatranja nebeskih pojava. Ovom ćemo prilikom pak reći par riječi o statici.

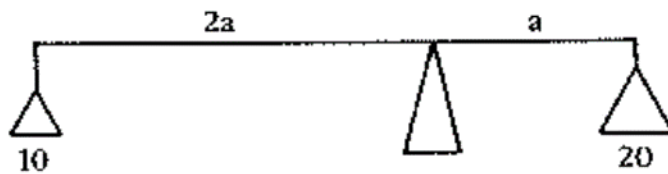
7.4. Arhimed i mehanika

Rječnik hrvatskoga jezika navodi dva značenja riječi »mehanika«:

- i) grana fizike koja proučava tijela u gibanju i mirovanju
- ii) strojarstvo.

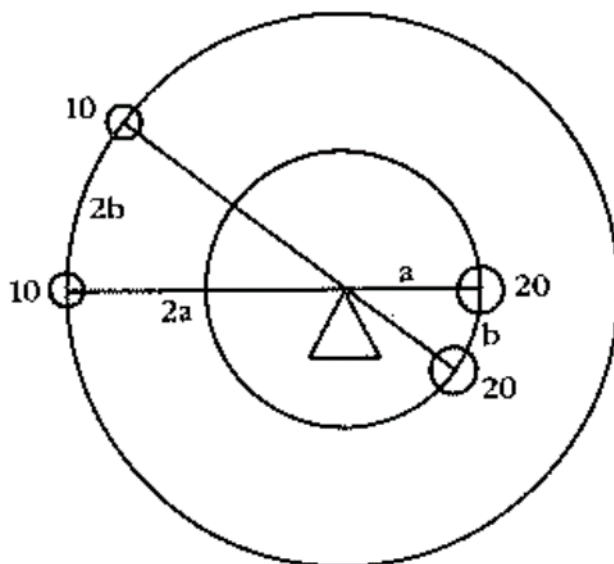
Možemo se upitati što teorija gibanja, klasična ili kvantna *mehanika*, ima sa strojarstvom, s bavljenjem strojevima? Riječ *mehanika* je grčkog podrijetla, (*mekhanike*), a izvorno značenje je strojarstvo, od *mehane* (stroj, alat). Kako od strojeva dolazimo do matematizirane teorije gibanja? Početak oblikovanja tog novog značenja seže u antičku matematičku tradiciju opisivanja pojava. Termin *mehanika* se tada počeo rabiti u novom značenju (kojem u osnovi odgovara današnji termin *statika*) kao matematičko opisivanje uvjeta ravnoteže tijela, napose pet jednostavnih strojeva (poluga, koloturnik, klin, vitlo, vijak). Kasnije, u okviru slike svijeta kao stroja, taj će termin biti protegnut na matematičko opisivanje »svjetskog stroja«, tj. na matematičku teoriju gibanja tijela, dijelova toga »stroja«.

Glavni je problem bilo ponašanje poluge, činjenica da je poluga u ravnoteži kad su težine na njezinim krajevima obrnuto razmjerne udaljenostima od oslonca:



Prema antičkoj predaji to je istraživanje začeto u Platonovoj filozofskoj školi, kao realizacija njegove ideje matematički ustrojenoga kozmosa. No dok je Platon izriječno zagovarao teorijsku astronomiju, ovom je pothvatu navodno bio vrlo nesklon. Lucije Mestrije Plutarh (46. – 120.) u djelu *Život Marcellusa* daje skicu rane povijesti mehanike, koju su prema njemu začeli Eudoks i Arhitas te time navukli na sebe Platonov bijes: »[Platon] ih je žestoko napao kao kvaritelje i razoritelje čiste izvrsnosti geometrije, koji su okrenuli leđa netjelesnim stvarima apstraktne misli i spustili se do osjetilnih stvari, koristeći, štoviše, predmete nedostojnog ručnog rada«.

Najstarija poznata knjiga o statici (»mehanici«) su *Mehanički problemi*. Vjerojatno je napisana u 4. st. pr. Kr., no autor nije poznat. Moguće je da se radilo o nekom Aristotelovom učeniku ili sljedbeniku. U knjizi nalazimo npr. pitanje (3. problem): »Zašto male sile mogu pomaknuti velike težine pomoću poluge?«. Kao odgovor se daje »dinamičko« objašnjenje. Pretpostavimo da se poluga giba oko oslonca. Tada su brzine tijela smještenih na njezinim krajevima općenito razmjerne udaljenostima od oslonca (krakovima):



Razmotrimo slučaj kad je odnos težina tijela jednak obrnutom odnosu duljina krakova (»Težina koja se pokreće prema težini koja pokreće je suprotno od duljine prema duljini«). Rasprava je verbalna, ali mi ovaj iskaz možemo simbolički zapisati:

$$T_l L_l = T_d L_d$$

Tu je, primjerice, T_l težina lijevog tijela, a L_l lijevi krak, tj. udaljenost lijevog tijela od oslonca poluge. Budući da su brzine tijela razmjerne krakovima imamo:

$$T_l v_l = T_d v_d$$

Prema Aristotelovoj teoriji gibanja, koju ćemo potanje razmotriti u sljedećem tekstu, brzina tijela je uglavnom (ali ne uvijek!) razmjerna sili koja pokreće tijelo, a obrnuto razmjerna težini tijela. Iz toga slijedi da je pokretačka sila pri gibanju tijela razmjerna umnošku težine i brzine tijela. Primijenimo li to na gornji izraz, vidimo da su za polugu u ravnoteži («Težina koja se pokreće prema težini koja pokreće je suprotno od duljine prema duljini») pokretačke sile za oba tijela jednake, tj. poluga se, sama od sebe, ne giba oko oslonca. Spomenimo da se u tekstu ne spominje eksplicitno Aristotelova tvrdnja o odnosu pokretačke sile, težine i brzine, već se kao temeljno načelo objašnjenja koristi tvrdnja: »Pokrenute istom silom, točka udaljenija od središta kruga se giba brže od točke smještene bliže središtu«.

Uočimo da je u gornjoj raspravi cilj *objasniti* pojavu (odgovoriti na postavljeno pitanje »Zašto?«). Nadalje, govori se o realnim objektima u realnom svijetu, koriste se pojmovi poput težine, brzine i sile, a implicitno se koristi i teorija gibanja. U tekstu se čak raspravlja i o ulozi koju ima težina same poluge, koju se očigledno razmatra kao realni tjelesni objekt. Posve drukčije problemu pristupa Arhimed.

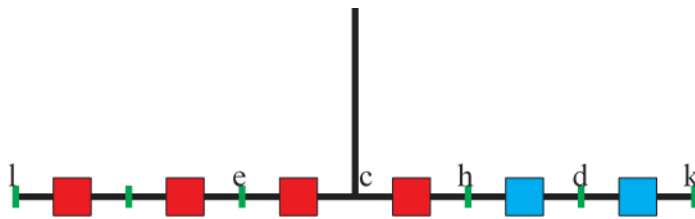
Arhimed (oko 287. pr. Kr. – 212. pr. Kr.) je jedan od najvećih grčkih znanstvenika uopće. Znamo da je posjetio Aleksandriju, ali je većinu život proveo u Sirakuzi. Bavio se matematikom, optikom, statikom i hidrostatikom, astronomijom i strojevima. Prvi je sistematizirao i dokazao temeljne teoreme statike u knjizi *O ravnoteži ravnina ili o središtima težine ravnina*, dok u hidrostatici, koliko znamo, uopće nema prethodnika (*O plutajućim tijelima*). Rasprava o statici počinje s postulatima, na kojima se temelje strogi izvodi (navodimo samo prva 4 postulata, koje koristi u izvođenju zakona poluge):

- i) jednake težine na jednakim udaljenostima [od točke oslonca] su u ravnoteži;
- ii) jednake težine na nejednakim udaljenostima nisu u ravnoteži, već se poluga naginje prema težini na većoj udaljenosti
- iii) ako se težinama koje su u ravnoteži na jednoj strani pridoda neka težina, tada one više ne će biti u ravnoteži, a poluga se naginje prema težini kojoj je dodana težina;
- iv) ako se težinama koje su u ravnoteži na jednoj strani oduzme dio težine, tada one nisu u ravnoteži, a poluga se naginje prema težini koja nije umanjena.

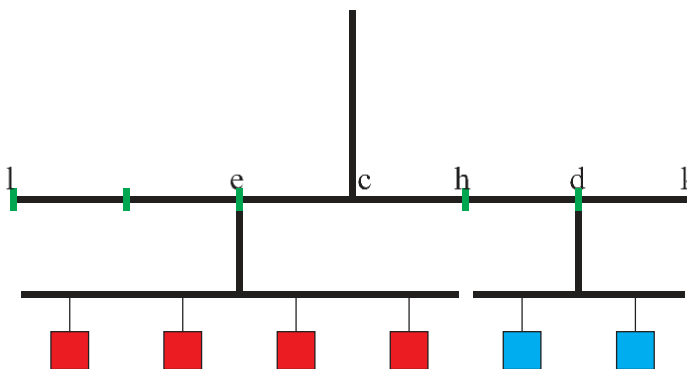
Arhimedov originalni dokaz je dug i složen, ali se temeljna ideja može prikazati na jednostavnom primjeru:

1. Razmotrimo polugu bez težine podijeljenu na 6 jednakih dijelova i obješenu u sredini. Razmotrimo nadalje dvije težine, jednu složenu od 4 jedinice težine, a drugu od 2 jedinice težine.

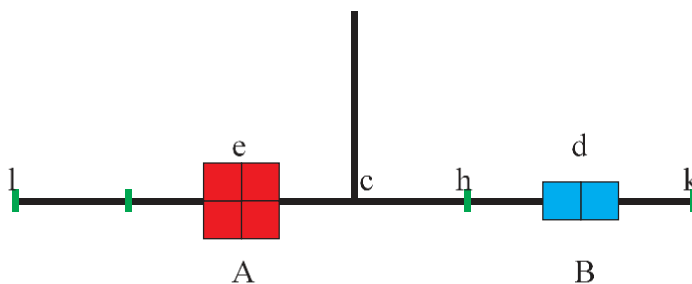
2. Rasporedimo sada tih 6 jediničnih težina po poluzi, tako da se svaka nalazi u središtu svakog od 6 dijelova poluge. Očigledno je da je poluga u ravnoteži:



3. Pretpostavimo sada da je učinak 4 jedinične težine, odnosno 2 jedinične težine, isti kad su sve smještene u središnjoj točki:



Drugim riječima, ravnoteža konfiguracije se ne mijenja kad su težine od 4, odnosno 2, jedinice smještene u središnje točke:



Tako smo došli do situacije da je težina A od 4 jedinice smještena na udaljenosti od jedne jedinice, a težina B od 2 jedinice na udaljenosti od dvije jedinice. Ako se pritom ravnoteža nije promijenila, dokazali smo posebni slučaj zakona poluge.

Arhimed problem formulira pomoću idealnih, matematičkih objekata. Trenje, težina poluge, različiti drugi fizički faktori su isključeni iz razmatranja. Čitava je rasprava primjer deduktivnog dokazivanja i model primjene matematike u fizici. Uočimo da Arhimed, kao praktičar matematičke tradicije, ne razmatra realni tjelesni objekt – gredu poduprtu na nekom mjestu na koju su smještena dva tereta – već apstraktni objekt. Umjesto grede imamo naprosto dužinu, matematički objekt, a umjesto tereta apstraktne težine. Primarna svojstva tog apstraktnog objekta su definirana aksiomima, koji su

apstrahirani iz iskustva s ponašanjem tjelesnih objekata. Iz tih primarnih svojstava se izvode nova svojstva. Pritom se otvara zanimljiv problem odnosa apstraktnog matematičkog opisa i tjelesnog svijeta (problem koji susrećemo i u modernoj fizici). U Arhimedovim razmatranjima se ne objašnjava zašto se realni tjelesni objekti ponašaju na način izražen u aksiomima, već se na temelju aksioma strogo izvode posljedice, matematički se istražuje ponašanje tako definirana apstraktnoga objekta, a te se posljedice preslikavaju na realne objekte.

Dokaz zakona poluge pokazuje s kolikom je umijećem i dubinom Arhimed geometrizirao prirodu. Mnogi su se problemi opirali rješavanju pomoću matematičkih metoda, ali je Arhimed ostao simbol snage matematičke raščlambe i izvor nadahnuća. Njegov je rad u srednjem vijeku imao ograničen utjecaj, ali je u renesansi postao temelj snažne tradicije matematičke znanosti. Spomenimo da se ni Arhimed ni drugi antički matematičari nisu bavili gibanjima na Zemlji. Prvu uspješnu primjenu matematike na zemaljska gibanja je proveo Galileo Galilei (slobodni pad i horizontalni hitac).

7.5. Rim i filozofija prirode

Razmotrimo sada kako je došlo do toga da Platonov *Timej* u 6. st. ostane jedino poznato izvorno djelo antičke filozofije prirode u zapadnoj Europi. U tu ćemo svrhu poduzeti izlet od Platona u budućnost, u Rimsko Carstvo i srednji vijek. Taj će nam izlet pokazati u kojoj mjeri prevladavajući društveni sustav vrijednosti – što neko društvo uistinu cijeni, što smatra više, a što manje važnim – utječe na razvoj fizike. Temeljne vrijednosti rimskog, srednjovjekovnog i antičkog grčkog društva se međusobno bitno razlikuju, a stoga je i položaj istraživanja prirode u tim društvima bio različit. Suvremeni sustav vrijednosti počeo se postupno oblikovati u renesansi, u 15. i 16. stoljeću, što je otvorilo prostor za nastanak moderne fizike.

Kad bi povijest fizike bila naprosto priča o napretku, mogli bismo Rim mirne duše preskočiti. Međutim, povijest fizike je mnogo više, to je priča o usponima, zastojima i novim usponima i o okolnostima takvih zbivanja, a u takvoj povijesti za Rimljane ima mjesta. Srednjovjekovno europsko društvo je nastalo na razvalinama Zapadnoga Rimskoga Carstva, od kojega je vrlo malo naučilo o grčkoj filozofiji prirode, ali ipak dovoljno da fizika i filozofija budu ugrađene u njegove temelje i da kasnije u okrilju zapadnoeuropske civilizacije nastane moderna fizika.

7.5.1. Grčko prirodoslovlje u Rimu

Među Rimljanima ne nalazimo nikakve nove ideje u filozofiji prirode, nikakva originalna istraživanja. Rimljani su od Grka preuzeli neka prirodoslovna znanja, ali ne i istraživačku tradiciju koja je dala ta znanja. U Rimu je znanstvena djelatnost bila svedena na prenošenje, komentiranje i populariziranje grčkih doprinosa. Stoga je Rim grčku tradiciju predao srednjovjekovnoj zapadnoj Europi u banaliziranom obliku i skromnom opsegu.

Razmotrimo intelektualni odnos Grčke i Rima. Samostalnost grčkih gradova-država prekinuta je osvajanjima Aleksandra Velikog (do 323. pr. Kr.) i uspostavom Makedonskog carstva. No intelektualni život je ostao bogat. U međuvremenu je Rim jačao. Do 200. pr. Kr. je stekao dovoljno moći da se počne upletati u grčke poslove, a do smrti Julija Cezara 44. pr. Kr. je kontrolirao cijelo Sredozemlje. Rimska vlast nije dovela do opadanja kulture i učenosti. Naprotiv, dok je Rim osvojio Grčku vojno i politički, Grčka je osvojila Rim intelektualno i umjetnički. Rimski građani cijene grčka postignuća u literaturi, filozofiji i umjetnosti te je već u 3. st. pr. Kr. grčko obrazovanje zahvatilo široke krugove zapada.

No nadahnuće iz Grčke je došlo iz različitih elemenata kulture i njegov utjecaj nije bio isti u svim sferama. Najveći je utjecaj bio u umjetnosti, no prema znanostima (poput matematike ili filozofije prirode) Rim je bio uglavnom ravnodušan. U Rimu je grčka filozofija prirode dospjela na tlo kojem su takva stremljenja strana. Grčki ideal istraživanja zbog samog znanja, znanja koje je samo sebi svrha i nagrada, je bio stran i uglavnom neprihvatljiv praktičnom duhu Rimljana. Rimsko je društvo tradicionalno prvenstveno cijenilo vojnu karijeru, pravo i politiku. To je bio temelj sustava vrijednosti te je i izobrazba bila usmjerena na vojničku, pravnu i političku karijeru. Metafizika, fizika i matematičke znanosti tu ništa ne mogu pomoći i mogu biti zanimljive jedino kao nešto neobično ili zabavno, mnogo korisnijima su se činile etika, političke ideje i retorika.

U to je vrijeme grčki jezik bio dobro poznat u Italiji, gdje su odavno postojala grčka naselja. U 2. st. pr. Kr. je većina Rimljana više klase bila dvojezična. Grka je bilo i u Rimu i nije bilo teško naći grčkog učitelja za pouku o filozofiji. Također, postojala je mogućnost školovanja u grčkim provincijama, koje je za Rimljane sa znanstvenim aspiracijama postalo gotovo obvezno. Na takav je način Rim stekao popriličan broj učenjaka, od kojih su svi bili u dodiru s grčkom tradicijom. Rimski učenjaci koji su ciljali na najvišu razinu raspravljali su na grčkom, a latinski se rabio onda kad su to zahtijevala ograničenja publike. To su bile lakše, popularnije verzije grčke učenosti. Mnogi su obrazovani ljudi naprosto htjeli naučiti nešto od grčke znanosti, bez želje i potrebe da se upuštaju u istraživanje i tragaju za originalnim rješenjima. U takvim je okolnostima bilo prirodno za učenjake koji su se prihvatili prikupljanja i tumačenja grčkih intelektualnih dosega da se koncentriraju na ono što je zanimalo njihove rimske pokrovitelje. To nisu bila suptilna metafizička i fizična razmatranja ni potankosti grčke astronomije ili

matematike, već stvari od praktične vrijednosti i one zanimljive širokoj publici za zabavu.

7.5.2. Enciklopedije, komentari i prijevodi

Stoga je filozofija prirode koju su općenito upoznali Rimljani bila ograničena, popularizirana verzija grčkih postignuća. Rimska je aristokracija smatrala učenost razbibrigom, osim kad je imala jasne praktične vrijednosti. Rimljani su učinili očigledno: preuzeli su od Grka ono što se činilo korisnim ili zanimljivim. To što su neki Grci posvetili život stvarima koje su apstraktne, neprimjenljive i dosadne nije razlog da mnoštvo Rimljana učini istu pogrešku. Prosječni Rimljanin je za suptilnosti grčke filozofije prirode bio zainteresiran u istoj mjeri kao prosječni suvremeni čovjek za tehničke detalje kvantne mehanike. Grčka filozofija prirode zapravo nikada nije integrirana u rimsku civilizaciju, nikada nije postala njezin element. Znanost je tu ostala uvezana roba, nešto strano, periferna i marginalna pojava, uglavnom zabava za dokone, a rijetko kad poziv. Grčka filozofija prirode je Rim samo okrznula.

Pravog znanstvenog rada, u smislu grčke ili helenističke znanosti, u Rimu praktično nema, ali je objavljeno mnoštvo znanstvenih zbirki i priručnika koje su sastavljali kompilatori, a koji su postali izvor znanja za rani srednji vijek. Ti se kompilatori bave prenošenjem postojećeg znanja, a razina takve popularne literature po naravi stvari nije visoka. Od popularizatora kojih su djela imala trajniji utjecaj možemo spomenuti Varona i Plinija Starijeg.

Marko Terencije Varon (116. pr. Kr. – 27. pr. Kr.) je sastavio enciklopediju *Devet knjiga o disciplinama* koja je postala uzorom i izvorom za kasnije enciklopediste, koristeći »slobodna umijeća« (*artes liberales* – predmete prikladne za obrazovanje rimske gospode, slobodnih ljudi) kao okvir. Varon je dao osnovni prikaz 9 takvih umijeća: gramatika, logika ("dijalektika"), retorika, geometrija, aritmetika, astronomija ("astrologija"), glazbena teorija, medicina i arhitektura. Kasniji su autori izbacili iz popisa zadnje dvije discipline kao praktična znanja. Ostatak je definirao klasičnih sedam slobodnih umijeća srednjovjekovnih škola: prva su tri postala poznata kao *trivij*, druga četiri kao *kvadrivij*. U tom kontekstu možemo spomenuti i Marcijana Feliksa Kapelu, čija je knjiga *O vjenčanju Filologije i Merkura i o sedam slobodnih umijeća* (napisana oko 410. – 427.) postala jedan od najpopularnijih udžbenika u srednjem vijeku. Kapela počinje prikaz astronomije upućivanjem na Eratostena, Hiparha i Ptolomeja, na ljude reputaciju kojih poznaje, ali čija djela očigledno nikad nije vidio. Njegovi izvori su vjerojatno Varon, Plinije i slični raniji prikazi. Definira nebesku sferu i njezine glavne krugove, opisuje zodijak. Identificira planete i opisuje njihovo gibanje s više potankosti no što je bilo uobičajeno. Najzanimljiviji i najutjecajniji dio tiče se gibanja Merkura i Venere, za koje tvrdi da se gibaju oko Sunca (antički izvor te ideje ćemo upoznati kasnije), što je bilo važan element u oblikovanju Kopernikove heliocentrične astronomije.

Općenito se smatra da je vrhunac popularizatorskog pokreta Plinije Stariji (23. – 79.). Za našu svrhu je najvažnije njegovo djelo prirodopisna enciklopedija *Naturalis Historia*, koja je preživjela do danas. Njegov cilj nije dati obuhvatnu i pažljivo obrazloženu filozofiju prirode, već skup zanimljivih i zabavnih informacija. Prikazuje matematiku, filozofiju prirode, kozmologiju, astronomiju, geografiju, antropologiju, fiziologiju, zoologiju, botaniku i mineralogiju. Opisuje gibanje planeta i retrogradno gibanje. Navodi da Venera i Merkur u gibanju slijede Sunce. Raspravlja o gibanju, fazama i pomrcinama Mjeseca, objašnjava pomrcine. Prenosi Eratostenovu procjenu opsega Zemlje. Prenio je i skupio priličnu količinu astronomskih i kozmoloških znanja, iako ona nisu uvijek pouzdana niti dohvaćaju standarde matematičkih astronoma. Nastojao je prenijeti bitne činjenice publici koju ne zanima niti je u stanju slijediti matematički složena izlaganja. Plinije se ističe širinom interesa no nadmašio je većinu prethodnika i suvremenika i po površnosti prikaza. Ipak, on nam može poslužiti kao mjera onoga što je obrazovani Rimljanin znao. Također, činjenica da je njegovo djelo očuvano, dok druga iste vrste nisu, pomaže nam da odredimo razinu i sadržaj ranosrednjovjekovne učenosti.

Drugi tip znanstvene literature su bili komentari, gdje autor preuzima strukturu i sadržaj iz jednog odabranog teksta. Za nas je važan primjer *Komentar o Scipionovu snu* Ambrozija Makrobija Teodozija (prva polovica 5. stoljeća) gdje se kao podloga rabi Ciceronov tekst *Scipionov san*. Taj je tekst bio jako dobro poznat i čitan u ranom srednjem vijeku. U njemu daje iscrpnu filozofiju prirode, uglavnom nadahnutu Platonom.

Prijevodni su posebna priča. Rimski pisci pišu, ali ne prevode. Jezik znanosti je bio grčki jezik, a latinski tekstovi su služili u svrhu popularizacije. Za Rimljane je bila nesretna okolnost to što im je grčki jezik bio toliko blizak da su prevođenje grčkih spisa isprva smatrali nepotrebnim. No kad su presječene veze s istokom i grčki jezik pao u zaborav, ostali su s onim što je bilo pisano na latinskom, a to su bili popularni prikazi i kompilacije. U ranim danima kontakata između Rima i Grčke nije bilo problema u dostupnosti učenosti. Dvojezičnost je bila uobičajena, moglo se lako putovati i učiti u Grčkoj, grčki učitelji su bili lako dostupni u Rimu. No okolnosti su se počele mijenjati i veze s grčkim istokom su postupno slabile. Naposljetku je carstvo podijeljeno na istočni i zapadni dio (395. godine), a ti dijelovi su se sve više razdvajali i latinski zapad je izgubio vezu s grčkim istokom.

U takvim je okolnostima nestao intelektualni kontinuitet između istoka i zapada. U kasnim danima Carstva neki su ljudi pokušali riješiti taj problem prevođenjem fundamentalnih djela grčke filozofije na latinski. Za povijest fizike posebno je važan Kalcidije, koji je preveo dio Platonova *Timeja*. Taj je prijevod očuvan do srednjeg vijeka i postao je izvor srednjovjekovnog platonizma.

Početak 6. st., neposredno nakon propasti Zapadnoga Rimskoga Carstva, zapad Europe je gotovo posve odsječen od izvorne grčke znanosti i filozofije prirode. On posjeduje Platonov *Timej*, nešto od Aristotelove logike i još poneke djeliće, a sve je to teško dostupno. Izvan toga, njegovo znanje o grčkim postignućima je ograničeno na komentare, priručnike i enciklopedije. Rim je uspio očuvati i prenijeti grčku intelektualnu tradiciju samo u oskudnoj i ograničenoj verziji. Antika u propadanju je pak olakšala posao kršćanskim redovnicima prvih stoljeća srednjovjekovlja. Ono što je rani srednji vijek

upoznao od antičke kulture dalo mu je kasno Rimsko Carstvo koje je prežvakalo i osiromašilo grčku misao do stupnja u kojem ju je barbarizirani rani srednji vijek mogao usvojiti.

Vidimo da smo u gornjem prikazu često spominjali Platona i platonizam te da je od svih antičkih filozofskih djela koja se bave prirodom upravo i jedino Platonov *Timej* preveden na latinski. Da bismo razumjeli zašto je u kasnom Rimskom Carstvu baš platonizam bio tako istaknuta filozofija moramo uvesti u raspravu novi element – kršćanstvo.

7.6. Rano kršćanstvo i filozofija prirode

U doba kasnoga Rimskoga Carstva i u ranome srednjem vijeku filozofija prirode se našla u okolnostima radikalno drukčijim od onih u antičkoj Grčkoj, gdje nije bilo sjedinjujuće sile poput kršćanstva. Pojavila se nova i dominantna društvena snaga koja je odlučujuće oblikovala sve aspekte života i stoga nužno utjecala i na filozofiju prirode. Zbog svoje uklopljenosti u kršćanski svjetonazor i nužne usklađenosti s njime srednjovjekovna filozofija prirode se radikalno razlikuje od antičke, premda se u biti razvija kao njezin nastavak. Takav je razvoj bio posljedica ograničenosti učenosti na krugove ljudi Crkve, barem u ranome srednjem vijeku. U tome se zrcali dvostruka narav odnosa kršćanstva i filozofije prirode: nevoljko prihvaćanje i obeshrabrivanje djelatnosti koja je logični nastavak nekih nužnih i prihvaćenih praksi.

Ulogu Crkve u povijesti fizike vjerojatno ne treba precjenjivati. Crkva nije mnogo učinila da bi unaprijedila fiziku jer to nije među njezinim zadaćama, ali isto tako je nije ni bitno unazadila. Crkva je samo slijedila društvena i politička zbivanja i davala im ton svojim svjetonazorom. Zastoj filozofije prirode u helenističkom svijetu primjetan je još prije dominacije kršćanstva. Crkva isto tako nije odgovorna za to što Rimljani nisu bili zainteresirani za filozofiju prirode i što stoga srednjem vijeku nisu prenijeli bogatstvo antičke filozofske misli, već je samo rimskome sustavu vrijednosti dodala vlastiti. Za srednjovjekovnu Crkvu je, po naravi stvari, filozofija prirode gotovo bezvrijedna, kao i za Rimljane, ali iz drugih razloga.

7.6.1. Kršćanstvo i Rimsko Carstvo

Crkva je bila jedina koherentna institucija kasne antike koja je preživjela pad Rimskog Carstva na zapadu. To nije bilo slučajno. Crkva je u to doba osigurala sebi mnogo solidnije političke i ekonomske temelje nego Carstvo. Do 3. st. je kršćanska Crkva, premda je još uvijek obuhvaćala mali dio stanovništva, postala najmoćnija, najraširenija i najutjecajnija politička organizacija u Carstvu. Do 4. st. je postalo jasno da je preuzimanje Crkve

jedini način da se očuva Carstvo i upravo je to učinio Konstantin, koji je ediktom o trpeljivosti 313. godine priznao novu religiju i dozvolio joj slobodno obavljanje bogoslužja. Kršćanstvo se nakon toga proširilo Rimom, a već 380. godine je Teodozije I. izdao novi edikt, kojim je kršćanstvo proglašeno jedinom vjerom u Rimskom carstvu.

Spomenimo da su neke odluke cara Konstantina izazvale raskol u kršćanskom svijetu (do konačnog raskola, koji je podijelio crkvu na katoličku i pravoslavnu, došlo je 1054. godine). Biskupi istoka su prihvatili miješanje države u crkvene poslove, ali su oni na Zapadu ustali odlučno i energično protiv toga da se caru prizna bilo kakav autoritet u dogmatskim pitanjima. To je za budućnost odredilo oblik i narav država na zapadu i istoku. Na istoku je država bila čvrsto povezana s Crkvom, a na zapadu se tako nešto nije dogodilo i kroz srednji vijek su se kraljevi i papa stalno borili za prevlast, ali države nikad nisu postale teokratske. To je imalo važne posljedice po razvoj znanosti u zapadnoj Europi u srednjem vijeku.

7.6.2. Prodiranje Platonove filozofije u kršćanski nauk

Zašto je filozofija uopće bila potrebna kršćanstvu? U ranim su danima kršćanstva znanost i učenost bili povezani s omrznutim poganskim višim klasama i promatrani sa sumnjičavošću. No to nije trajalo dugo. Čim je Crkva počela širiti utjecaj kroz čitavo društvo pokazalo se da Isusove poruke nisu dovoljne za pridobivanje obrazovanih slojeva. Kad je Crkva u 2. i 3. stoljeću razvila ozbiljnu intelektualnu tradiciju, pokretač učenosti je postala obrana kršćanske vjere od učenih protivnika i razvoj kršćanskoga nauka, kako bi postao prihvatljiv višim, obrazovnim slojevima društva. U tu su se svrhu nezaobilaznim pokazala logička sredstva razvijena u okviru grčke filozofije. Nadalje, činilo se da se neki aspekti Platonove filozofije dobro uklapaju u kršćanski nauk i stoga ga podupiru. U to doba nalazimo niz kršćanskih apologeta koji rabe grčku filozofiju, napose platonizam. Tijekom nekoliko sljedećih stoljeća crkveni su se oci okrenuli platoničkoj tradiciji u potrazi za intelektualnim temeljima novoga nauka.

Temeljni odnos vjere i filozofije u srednjem vijeku je odredio Augustin (354. – 430.): »Ako su filozofi (poganski) slučajno ustanovili istine korisne našoj vjeri, nadasve platoničari, ne samo da ne treba zazirati od tih istina nego ih, za naše potrebe, valja oteti tim nezakonitim posjednicima«. Taj program, koji će u srednjem vijeku postati općim mjestom, u biti znači da je filozofija, a napose filozofija prirode, podređena teologiji, i da autoritet objave, Svetoga pisma, u pogledu istine treba pretpostaviti autoritetu razuma i iskustva. Augustin je prihvatio grčku filozofiju kao koristan, iako ne posve pouzdan instrument te je razradio kompromis između vjere i filozofije. Filozofija treba biti *pomoćnica vjere*; filozofiju treba udomaćiti, disciplinirati i iskoristiti. U Augustinovim djelima se vidi da dobro poznaje grčku filozofiju prirode, ali svoje čitatelje potiče da se okrenu nebeskom i vječnom, prije nego zemaljskom i

vremenitom. Augustin visoko cijeni Platona, ali piše o opasnostima koje donosi želja za znanjem i jasno kaže da je poznavanje filozofije prirode za kršćanina nevažno.

Zbog toga se od 4. stoljeća na zapadu Europe učvršćuju platoničke ideje, a Aristotelova filozofija uzmiče i naposljetku biva zaboravljena i stoga platonizam nije slučajno bio dominantna antička filozofija u kasnom Rimskom Carstvu i ranome srednjem vijeku i stoga je preveden upravo *Timej*.

7.7. Platon i oživljavanje filozofije prirode u 12. stoljeću

Ideja o »srednjem vijeku« je nastala u 14. i 15. st. među talijanskim renesansnim humanistima, koji su proglasili »mračnim« doba između velikih dostignuća antike i prosvjećenosti svoga doba. Povjesničari danas više ne govore o »mračnom dobu« kao vrijednosnoj odrednici, već samo o srednjem vijeku kao o periodu u povijesti Europe, tijekom kojeg je bilo važnih doprinosa zapadnoj kulturi. Vremenske granice srednjeg vijeka su po naravi stvari nejasne, jer se radi o kulturi koja je nastajala i nestajala postupno, u različitim vremenima u različitim područjima. Za naše potrebe možemo reći da srednji vijek pokriva vrijeme od kraja rimske civilizacije na latinskom zapadu Europe, oko godine 500., do procvata Renesanse, oko godine 1450. Zgodno je također podijeliti to razdoblje na rani srednji vijek (500. – 1000.), prijelazno doba (1000. – 1200.) i kasni ili razvijeni srednji vijek (1200. – 1450.).

7.7.1. Znanost u službi vjere

Između 5. i 10. st. rodili su se načini mišljenja i osjećanja te javile teme i djela koji su oblikovali i odredili buduće ustroje srednjovjekovnoga duha. Najuočljivija novina u kulturi bili su odnosi koji su se uspostavljali između antičkoga naslijeđa i kršćanskoga nauka. Stupanj stapanja, preobrazbi i iskrivljavanja razlikuje se od pisca do pisca, a nerijetko se isti autor koleba između dviju krajnosti koje određuju granice srednjovjekovne kulture – zaziranja od poganske kulture i divljenja koje je potaknulo mnoga preuzimanja.

U srednjem je vijeku kršćanstvo bila dominantna politička i društvena sila, a intelektualni su naponi prije svega bili usmjereni na službu organiziranoj vjeri. Trijumf kršćanstva je efektivno značio da je od 4. st. na Zapadu cjelokupan intelektualni život, uključujući znanost, bio neizbježno prožet kršćanskim učenjem i sve više ograničen na svećenstvo. Tijekom 1000 godina, od Augustina (4./5. stoljeće) do renesanse, cilj najvećih filozofa jest

usavršiti kršćanski nauk. Svi ljudi koji su dali intelektualni doprinos bili su ljudi Crkve. Filozofija prirode je u takvim okolnostima nužno tek marginalna djelatnost.

U srednjem su vijeku kultura i pismenost bili ograničeni na svećenstvo. Barem do početka 13. st. su svećenici i redovnici praktično imali monopol na učenost i samu pismenost. Jedna od optužbi na račun Crkve jest da je bila općenito antiintelektualno raspoložena i da su crkveni oci davali prednost vjeri nad razumom, neznanju nad znanjem. Ta tvrdnja općenito nije održiva. Kršćanstvo je religija knjige, svetoga teksta, i crkvenim je ocima bilo jasno da se pismenost mora ohrabrivati. Na duge staze kršćanstvo je postalo glavni pokrovitelj obrazovanja u Europi i mnogo je preuzelo iz klasične intelektualne tradicije. Naravno, crkveno oci su podržavali onakvo obrazovanje kakvo je bilo u skladu s njihovim viđenjem misije Crkve. Usporedimo li podršku koju je rana Crkva pružala filozofiji prirode s podrškom koju je nudila bilo koja druga tadašnja društvena institucija, postaje očigledno da je Crkva bila jedan od glavnih pokrovitelja – zapravo glavni pokrovitelj – znanstvene učenosti. To je pokroviteljstvo bilo ograničeno i selektivno, ali i to je bolje nego ništa. No ta je podrška bila nenamjerna i gotovo slučajna. Rani kršćanski autori se slažu po tome što smatraju da najdublje istine ne dolaze ni od mišljenja ni od motrenja, već od božanske objave. Taj stav, općenito prihvaćen, uvelike obeshrabruje znanstveno istraživanje. Poticanje na istraživanje prirode nije u naravi kršćanstva, barem ne na prvi pogled. Za vjernika je iskustveno istraživanje nepotrebno, gubljenje vremena koje je bolje posvetiti religijskoj praksi, i mogući izvor opasne hereze. Znanost koja se zasniva na motrenju i iskustvu je očigledno nepotrebna za spas duše. No Crkva je tolerira kao sporedni proizvod filozofije koja joj je potrebna. Mnogi povjesničari smatraju da za to što je znanost u kršćanskom svijetu do renesanse napredovala sporo ne treba u prvom redu kriviti Crkvu, već ekonomske uvjete: u okvirima feudalnog gospodarstva napredak nije ni mogao biti brži. Možemo stoga reći da imamo situaciju sličnu onoj u Rimu: radi se o društvu u vrijednosti kojeg ne spada poznavanje prirode i koje znanju o prirodi ne nalazi praktičnu primjenu.

Spomenimo kao ilustraciju gornjih razmatranja dvojicu autora čija su imena postala sinonimi za ranosrednjovjekovnu filozofiju prirode: Izidor iz Sevilje (oko 560. – 636.) i Venerable Bede (673. – 735.). Oni su bili ljudi Crkve i njihova su istraživanja bila poduzeta isključivo u vjerske svrhe. Opći i neupitan stav koji dijele je da je glavna svrha znanosti podupiranje kršćanske objave. Izidor i Bede su predstavnici tradicije popularizacije i očuvanja znanja, ljudi koji su nastojali očuvati ostatke klasične učenosti i prenijeti ih dalje u uporabivom obliku. Ni jedan od njih nije obogatio znanost, ali su obojica sabrali i iznova izrazili postojeće znanstveno znanje u dobu u kojem je istraživanje prirode bilo krajnje sporedna djelatnost. Time su održali kontinuitet filozofije prirode kroz opasno i teško doba i tako za mnoga stoljeća snažno utjecali na ono što su Europljani znali o prirodi i kako su o njoj mislili.

7.7.2. Filozofija prirode u gradskim školama 12. stoljeća

Smatra se da se od 1000. do 1200. stanovništvo Europe barem udvostručilo, ako ne i utrostručilo. Čak i brže od toga rastao je udio gradskog stanovništva, a općenito je prihvaćeno da postoji bliska veza između urbanizacije i obrazovanja. Jačanje obrazovnoga sustava uslijedilo je odmah po reurbanizaciji Europe u 11. i 12. st. Prototip škole u ranom srednjem vijeku bila je samostanska škola – seoska, izolirana od svjetovnoga okruženja i ograničena po svrhama. No tijekom 12. st. različite gradske škole potiskuju samostanske. S urbanizacijom stanovništva gradske škole izlaze iz sjene samostanskih i postaju glavna obrazovna sila.

Obrazovni ciljevi novih gradskih škola bili su mnogo širi od onih samostanskih škola. Program se razlikovao od škole do škole, ali su one općenito proširile i preusmjerile gradivo tako da bi se zadovoljile praktične potrebe različite klijentele, koja je ciljala na državne ili crkvene položaje. U gradskim je školama bilo daleko više logike, matematike, teologije, prava i medicine nego u samostanskim. Iz tih gradskih škola su naposljetku izrasla prva sveučilišta.

Filozofija prirode nije u školama 12. stoljeća zauzimala središnje mjesto, ali je ipak profitirala od općeg intelektualnog vrenja. Glavni su izvori bili Platonov *Timej*, Kapelino *Vjenčanje Filologije i Merkura*, Makrobijev *Komentar o Scipionovu snu* i slična djela. Većina je tih djela po orijentaciji platonička pa su učenjaci koji su ih čitali i izučavali bili navedeni na platoničku predodžbu univerzuma. Platonov *Timej* je odredio program i sadržaj filozofije prirode do pred kraj 12. stoljeća, kad se već počeo osjećati utjecaj Aristotelovih djela.

Platonov *Timej* je prije svega prikaz oblikovanja svijeta, koje izvodi »demiurg«, svjetotvorac. Stoga je prvi i očigledan zadatak bio pomiriti platoničku kozmogoniju s prikazom iz Knjige postanka. Zadatak je shvaćen kao pokušaj da se iskoristi sve što se može naučiti od Platona i drugih antičkih autora kako bi se razjasnio prikaz dan u Knjizi postanka. Jedan od učenjaka koji su se latili te zadaće bio je Thierry iz Chartresa (? – nakon 1156.). Napisao je komentar na šest dana stvaranja u kojem je sadržaj platoničke kozmologije učitao u biblijski tekst. Glavni je problem bilo objasniti redosljed božjeg stvaranja. Prema njemu, Bog je u prvom trenutku vremena stvorio 4 elementa, a sve je kasnije bilo prirodni razvoj reda inherentnog tom prvom stvaralačkom činu. Jednom stvorena, vatra smjesta počinje rotirati, zbog svoje lakoće, koja sprječava mirovanje. Ona obasjava zrak, dajući dan i noć (1. dan stvaranja). Tijekom druge rotacije vatrenog neba vatra zagrijava vodu, uzrokujući njezino uzdizanje kao pare, sve dok se ne izdigne iznad zraka (2. dan). Povlačenje vode zbog isparavanja uzrokuje pojavljivanje tla (3. dan). Od vode iznad zraka se daljnjim ugrijavanjem obrazuju nebeska tijela (4. dan). Zagrijavanjem tla i nižih voda nastaju biljke, životinje i čovjek (5. i 6. dan). Thierryjeva kozmogonija nije sofisticirana, ali je važno to što on, po uzoru na Platona, ograničava izravnu božansku intervenciju na početni trenutak stvaranja. Sve što se događa nakon toga je posljedak prirodnih uzroka, elementi se gibaju i međudjeluju.