

se tiču onog što se zbiva, ne „zašto“ se to zbiva. Ova težnja da se otkrije „zašto“ nije ništa drugo nego težnja da se izvedu naučni iskazi iz općih principa koji su plauzibilni i razumljivi. Ta težnja proizlazi iz uvjerenja da takvi principi postoje. Bilo je, naravno, veoma mnogo shvaćanja o kriterijima za to što je plauzibilno i razumljivo.

## 2. *Organicistička i mechanistička filozofija*

Prije nego što raspravimo značenje izraza „razumljiv“ dajmo jedan historijski primjer o nekim promjenama u onom što se naziva „razumljivim principima“. Govorit ćemo o promjeni od organicističke ka mechanističkoj filozofiji. To daje primjer „razumljivih“ principa iz kojih se pokušalo izvesti principe srednje općenitosti.

Što su u antičkoj i srednjovjekovnoj znanosti bili „razumljivi“ principi iz kojih su se izvodili zakoni mehanike? Vjerovalo se da sve ima određenu prirodu, i da se ponaša u skladu s tom prirodom, koja je bila namijenjena određenoj svrsi — priroda ptice je da leti, žabe da skače, liječnika da liječi (optimistično govoreći), kamena da pada, dima da se uspinje, nebeskih tijela da se gibaju u stalnom kružnom kretanju. Sve se ponašalo u skladu sa svojom prirodom. Općenito, bez pojedinstvenosti, iz tog iskaza se moglo izvesti kako bi se ponašao kamen itd. Naravno, nikada se ne bi vjerovalo u principe iz kojih bi se moglo izvesti nešto što je u očiglednom neskladu s eksperimentom. Činjenica da princip nije u neskladu s eksperimentom ne bi, ipak, bila dovoljan razlog da se u njega vjeruje. Ovo stanovište se može nazvati organicističkim stanovištem jer je zamisljalo da se sve ponaša kao što bi se ponašao jedan organizam. Opća ideja je bila da je način na koji se ponaša neki organizam razumljiv. Aristotel je rekao da je lakše razumjeti kretanje životinje nego kamenja. Danas smo takvim iskazom zapojeni, jer je naše stanovište upravo obratno. Taj iskaz je karakterističan za organicističko stanovište.

Oko 1600. godine (rođenje moderne znanosti obično računamo od Galilea i Newtona) razvila se ideja da zakone kretanja moramo zasnovati na novim principima. Najkarakterističniji je zakon inercije, koji zamisljava da tijelo po svojoj prirodi ide u beskonačnost, kamo nema nikakvog razloga da ide, potpuno suprotno ogranicističkom stanovištu. Nakon što su se, međutim, početkom devetnaestog stoljeća ljudi na njih privikli, smatralo se da su Newtonovi zakoni razumljivi i po sebi plauzibilni principi. „Organicističko“ stanovište zamjenje-

no je „mechanističkim“. S tog stanovišta Newtonovi zakoni se smatraju razumljivim i najplauzibilnijim zakonima. Sada je teško objasniti kretanje životinja. Ubrzanje čovjeka koji napušta učionici vrlo je lako razumjeti, prema organicističkim principima, opisivanjem čovjekovog cilja — na primjer, da ide na ručak — ali je vrlo teško to ubrzanje razumjeti s mechanističkog stanovišta.

Prije mnogo godina u Beču, pojava prvog automobila bila je velik dogadjaj. Postoji priča da je inženjer objasnio automobil jednom nadvojvodi koji ga je vrlo pažljivo slušao i, kad je inženjer završio, nadvojvoda je rekao da postoji samo jedna stvar koju nije razumio — gdje je konj? U organicističkoj tradiciji, on nije mogao razumjeti da bilo što osim nekog organizma može proizvesti silu. S druge strane, u dvadesetom stoljeću imamo priču o dječaku iz grada New Yorka koji nikada nije vidio konja — moramo prepostaviti da iz nekog razloga on nikada nije bio na konjskim trkama, jer čak i u ovo mehanizirano doba izgleda da se konji upotrebljavaju u ovu svrhu. Možete zamisliti njegovo zaprepaštenje kada je prvi put išao na selo i video konja kako vuče teret. U mechanističkoj tradiciji, on je smjesta upitao gdje je motor?

## 3. *Kako je rođena znanost u modernom smislu*

Jedan od najvećih filozofa dvadesetog stoljeća, A. N. Whitehead je napisao:

U čitavom svijetu i u svim razdobljima bilo je praktičnih ljudi, zaokupljenih nesvodivim i tvrdoglavim činjenicama; u čitavom svijetu i u svim razdobljima bilo je ljudi filozofskog temperamenta, koji su bili zaokupljeni smišljanjem općih principa<sup>2</sup>.

U antici i srednjem vijeku bilo je vrlo malo suradnje između te dvije vrste ljudi. Whitehead ističe da je znanost u modernom smislu rođena kad je započela ta suradnja i kada su oba interesa, za činjenice i za ideje, spojena u jednoj te istoj osobi. „Sjedinjenje strasnog interesa za pojedinačne činjenice s jednakom privrženošću apstraktnim generalizacijama proizvodi novinu u našem današnjem društvu.“<sup>3</sup>

William James je opisao ova dva tipa ličnosti u svojim predavanjima o pragmatizmu. Nazvao ih je „nježnim“ i „čvr-

<sup>2</sup> Alfred North Whitehead, *Science and the Modern World*, New York, The Macmillan Company, 1925, pogl. I.

<sup>3</sup> Ibid.

stim" naravima; činilo mu se da isključiv interes za stroge činjenice ukazuje na „čvrstoću“ karaktera.

Whitehead je pretpostavio da do suradnje između ove dvije vrste nije moglo doći prije rođenja našeg „sadašnjeg društva“. U društvu antičke Grčke „filozofi“ i „znanstvenici“ koji su se zanimali za opće principe pripadali su višoj društvenoj klasi od obrtnika, koji su se zanimali za „čvrste činjenice“ tehničke primjene. Ovi drugi su pripadali nižoj klasi i nisu imali razumijevanja za opće ideje. Znamo, međutim, da su stari Grci i Rimljani pokazivali čudesno umijeće i vještina u gradnji a čak i u nekim područjima mehaničke konstrukcije, ali znanje tih antičkih graditelja i inženjera nije bilo „filozofsko“ ili „naučno“; bilo je čisto tehničko. Njihove metode nisu bile izvedene iz Aristotelove organicističke fizike.

Suprotnost između antičkog i modernog pristupa tehničkom znanju opisao je profesor tehnike u suvremenom Rimu:

Ono što moderna znanost i industrija postižu provjerama u laboratorijskom istraživanju, teorijskim hipotezama izraženim u formulama... postignuto je u znanosti i industriji antike prenošenjem tehničkog znanja... i empirijskim formulama, ljubomorno čuvanim i ostavljanim u naslijede u zagonetnom simboličkom obliku<sup>4</sup>.

Mogli bismo reći da su „niži“ slojevi prikupljali činjenice dok su „gornji“ iznosili principe. Dodir između dva tipa znanja obeshrabrivali su društveni običaji. Ako je čovjek visokog društvenog statusa pokušao primijeniti svoju „filozofiju“ ili „znanost“ na tehničke probleme bio je oštros kritiziran. Eksperimentalno provjeravanje općih principa zahtijevalo je manuelni rad, koji su stari Grci smatrali zanimanjem što priliči robovima a ne slobodnim ljudima.

Ovo stanovište možemo razumjeti ako u Aristotelovoj knjizi o politici pročitamo njegovu obranu institucije ropsstva. On je vladanje gospodara robom usporedio s vladanjem čovjekovog uma njegovim tijelom. Rekao je:

Ne možemo sumnjati da je prirodno i korisno za tijelo da njime vlada duša a za emocionalni dio duše da njime vlada razum ili dio u kojem razum prebiva, i da su, ako se to dvoje izjednači, posljedice štetne za oboje<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Gustavo Giovannoni, *The Legacy of Rome*, uredio Cyril Bailey, London, Oxford University Press, 1923, str. 433.

<sup>5</sup> Aristotel, *Politika*, knjiga I.

Iz ove napomene on je izveo odgovarajući odnos između čovjeka i životinje, između muškarca i žene. „Isti zakon podređenosti“, nastavio je, „mora vrijediti u odnosu na ljudska bića općenito.“ Po njemu:

Postoje dvije klase osoba i jedna je toliko podređena drugoj kao tijelo duši ili životinja čovjeku... te osobe su prirodni robovi i za njih je život ropske pokornosti pogodan... Prirodni rob je samo do te mjere racionalno biće da shvaća razum a da ga ne posjeduje. I u tome se rob razlikuje od drugih životinja, jer one niti shvaćaju razum niti mu se pokoravaju<sup>6</sup>.

Rob je bio smatran bićem koje nije u stanju da shvati opće ideje, već samo da razumije naredbe kako da se ponaša u posebnim slučajevima. To je razlika između „filozofa-znanstvenika“ i obrtnika. Ovaj drugi tip osobe uključivao je, prema stanovištu antičke Grčke, ne samo obrtnike već i one koje zovemo „umjetnicima“ — slikare, kipare, muzičare.

Koliko duboko je bio usaden prezir prema manuelnom radu u Grčkoj može se vidjeti u Plutarhovoj biografiji velikog atenskog državnika Perikla. Cvjetanje umjetnosti danas smatramo velikom slavom „Periklovog doba“, a Plutarh je napisao:

Divljenje nas uvijek ne navodi da imitiramo ono čemu se divimo, već naprotiv, dok smo očarani djelom često preziremo autora. Tako nam se svidaju mirisi i grimiz dok nam se bojadisači i proizvođači mirisa pokazuju u svjetlu beznačajnih obrtnika... Ako se čovjek posveti ropskim ili obrtničkim zanimanjima, njegova vještina u tim stvarima je dokaz njegove ravnodušnosti prema uzvišenijim proučavanjima. Nijedan mladić visokog roda ili plemenitih osjećaja ne bi, na osnovu promatranja kipa Jupitera u Pisi, poželio da bude Fidija (kipar)... ili poželio biti Anakreont ili Filit, premda je oduševljen njihovim pjesmama. Jer, mada djelo može biti ugodno, poštivanje autora nije nužna konzekvenca.

Vidimo da su umjetnici koji su stvorili trajnu slavu Grčke, ljudi kao Fidijs i Anakreont, bili „prezirani“ od strane svojih suvremenika jer se nisu posvetili isključivo „uzvišenijim proučavanjima“, tj. politici i filozofiji.

Slično vrednovanje je učinjeno na području znanosti. Dok je čista matematika kao intelektualno pregnuće pripadala „uz-

<sup>6</sup> Ibid.

višenim“ ili „plemenitim“ proučavanjima, tumačenje geometrije pomoću mehaničkih modela smatralo se „vrijednim prezira“. Plutarh je u biografiji rimskog generala Marcela izvijestio da je grčki učenjak Arhimed svojim mehaničkim napravama doprinio obrani svog rodnog grada, Sirakuze, protiv rimskih osvajača, ali, Plutarh je napisao, Arhimed „nije smatrao da je pronađenje oruđa u ratne svrhe predmet vrijedan njegovih ozbiljnih istraživanja“.

Veliki filozof Platon oštro je kritizirao one znanstvenike koji su teoreme čiste mehanike ili matematike potvrđivali osobnim provjerama. Prema Plutarhu, „Platon ih je optuživao uz veliki prezir, da kvare i izopačuju savršenstvo geometrije time što čine da se ona spušta od bestjelesnih i razumskih do tjelesnih i osjetilnih stvari.“ Tko god je primjenjivao mehaničke instrumente u geometriji morao je „upotrijebiti materiju, koja zahtjeva mnogo manuelnog rada i predmet je ropskog zanimanja“<sup>7</sup>.

Iz ovog iskaza jasno vidimo da su stari Grci eksperimentalno istraživanje u mehanici i fizici smatrali zanimanjem koje bi ponizilo slobodnog čovjeka i prijetilo ga da slijedi „uzvišena ispitivanja“ filozofije i politike. Sada možemo razumjeti da:

[čvrsto] sjedinjenje između traganja za općim idejama i registriranja krutih činjenica nije se moglo ostvariti prije nego što je znatno porastao ugled obrtništva i tehničkog postignuća. To se dogodilo nakon 1600. kada su svugdje u Evropi, u Italiji jednako kao u Francuskoj i Njemačkoj, obrtnici u velikim gradovima postali društvena klasa koja je sebe smatrala ravnom zemljoposjednicima i onima koji su poput pravnika i svećenika bili u njihovoј službi<sup>8</sup>.

„Nova znanost“ ili „nova filozofija“ sastojale su se od kombinacije općih ideja, logičkih zaključaka i eksperimentalnog ispitivanja. „Ova ravnoteža uma“, kaže Whitehead, „sada je postala dio tradicije koja zaražava civiliziranu misao.“ On ističe da je ovaj novi način mišljenja postao osnova Zapadnog obrazovanja i kulture:

To je sol koja život čini ugodnim. Glavna dužnost sveučilišta je da prenosi tu tradiciju od generacije do generacije kao široko rasprostranjeno naslijeđe...

<sup>7</sup> Plutarh, u svojoj biografiji Marcela.

<sup>8</sup> Whitehead, op. cit.

Otkako se dijete rodilo u jaslama, može se sumnjati da li se tako velika stvar dogodila s tako malo uzbudjenja<sup>9</sup>.

#### 4. Znanost kao dio filozofije

Sada ćemo pokušati razumjeti zašto se lanac znanost-filozofija prekinuo. U antici i srednjem vijeku, zahtjevi da se opći principi provjeravaju opažljivim činjenicama nisu bili vrlo strogi. Obično su samo vrlo neodređeni rezultati bili izvodeni iz „razumljivih principa“. Međutim, kao što smo vidjeli, stari Rimljani i Grci izgradili su vrlo zanimljive građevine na temelju tradicije obrtništva koja je bila prenošena s jedne generacije na drugu bez mnogo teorije. Upotrebljavali su ono što danas zovemo „praktično znanje“. Iz onog što nazivamo znanosti i filozofijom nisu uopće mogli izvesti nikakvo tehničko „praktično znanje“. Praktična primjena znanosti je u potpunosti proisticala iz tradicije obrtništva. Nije bilo zahtjeva za tom primjenom od strane znanosti.

Opticalike od 1600. godine, međutim, znanost je postala pretenciozna; željela je izvesti praktičnu mehaniku iz teorijske mehanike. Tada se lanac prekinuo u sredini. Iz principa srednje općenitosti, fizikalnih zakona, moglo su se izvesti opažene činjenice. „Znanstvenike“ više nije zanimalo da li se fizikalni zakoni mogu izvesti iz principa više općenitosti. Veliki primjer u historiji je neuspjeh teorije koncentričnih krugova da objasni položaje planeta na nebu, koji je doveo do uvođenja „ružne“ teorije epicikala, a teorija epicikala nije se mogla izvesti iz razumljivih principa. Prekidanje lanca dovelo je do znanosti u njenom modernom smislu kao jednog dijela antičkog lanca „znanost-filozofija“. Čovjek je postao svjestan da su iskazi izvedeni iz razumljivih i lijepih principa mogli samo na vrlo neodređen način objasniti opažene činjenice. Jedinstvo znanosti i filozofije bilo je moguće samo tokom razdoblja razdvojenosti znanosti i tehnike. Moderna znanost se rodila kada je tehnika postala naučna. Sjedinjenje znanosti i tehnike bilo je odgovorno za razdvajanje znanosti i filozofije.

Bilo bi vrlo pretjerano reći da su učenjaci antike i srednjeg vijeka vjerovali samo u dedukcije iz općih principa a nipošto u slaganje s iskustvom. Ako želimo biti pošteni, moramo priznati da su svi vjerovali u oboje. U kasnom srednjem vijeku, pojavio se filozofski pokret koji će predstavljati prije-

<sup>9</sup> Ibid.

laz od srednjovjekovne na modernu misao. Taj pokret je naglašavao presudnu ulogu iskustva u znanosti, a u određenom stupnju umanjivao ulogu logičkog argumenta. Zalagao se za prebacivanje naglaska u odnosu na dva kriterija istine Tome Akvinskog. Novi pokret je isticao važnost „naučnog kriterija“. Kao prethodnika ovog pokreta možemo citirati Rogera Bacona, pisca iz trinaestog stoljeća.

Postoje dva načina stjecanja znanja; naime argumentacijom i iskustvom... Argumentacija dovodi do zaključka i prisiljava nas da se s njim složimo. Ali argumentacija ne otklanja sumnju tako djelotvorno da se um zadovolji intuicijom istine sve dok se istina ne otkrije pomoću iskustva<sup>10</sup>.

U modernoj znanosti, koja se smatra vrlo egzaktnom, nijedna teorija se ne slaže sa svim činjenicama. Mi prihvaćamo neke opće principe koji izgledaju uvjerljivi i pokušavamo izvoditi činjenice koliko je to moguće. Čini se vrlo zgodnim reći da odbacujemo neku teoriju na osnovu jednog neslaganja s činjenicama, ali nitko to neće učiniti prije nego što se pronađe nova teorija. Dobar primjer je to što znanstvenici osamnaestog stoljeća nisu napustili hipotezu o „flogistonu“ kada je otkrivena činjenica koja je bila u suprotnosti sa zaključcima izvedenima iz nje. Kada se čisti metal, kao kositar, zagrijava na zraku, metal se pretvara u zemljanu tvar koju zovemo „klak“, a sam proces se naziva „kalciniranjem“. Ova pojava je bila objašnjavana hipotezom da čisti, sjajni metal zagrijan na zraku ispušta tvar nazvanu flogiston (grčka riječ koja označava topilinsku tvar). Gubeći tu tvar, sjajni metal je postao tamni klak. Budući da se kalciniranje sastoje u odvajanju flogistona od metala, čini se da je preostali klak morao biti laks od metala, ali bilo je obratno. „Da je klak teži od metala znalo se tokom cijelog osamnaestog stoljeća, ali ova činjenica nije bila shvaćena kao pogubna za teoriju flogistona.“ Nakon što je ovo naveo kao činjenicu, James Bryant Conant je napisao:

Evo jedne značajne stvari. Da li to dokazuje glupost eksperimentalnih filozofa onog vremena? Nipošto, to jedino pokazuje da se u složenim stvarima nauke čovjek bavi pokušajem da objasni raznolikost činjenica i njihovim sjedinjavanjem u pojmovnu shemu; jedna činjenica nije sama po sebi dovoljna da razori shemu. Pojmovna shema nikada se ne odbacuje

<sup>10</sup> Roger Bacon, *Opus Magnum*, uredio J. H. Bridges, London, Oxford University Press, 1897, vol. 2, str. 169—170.

samo zbog nekoliko tvrdoglavih činjenica s kojima se ne može pomiriti; pojmovna shema se ili modificira ili zamjenjuje boljom a nikada se ne napušta bez nečeg što bi je nadomjestilo<sup>11</sup>.

Ako je otkrivena neka posebna činjenica koja je u kontradikciji s nekim zaključkom izvedenim iz teorije ili pojmovne sheme, jedina stvar koju možemo sa sigurnošću naučiti iz te kontradikcije je da „nešto nije u redu“ s tom teorijom, ali ne znamo točno što nije u redu. Teorija sadrži veliki broj iskaza koji mogu biti isprepleteni na složen način. Novootkrivena činjenica ne kaže nam koji je od tih iskaza neistinit. U uobičajenom žargonu znanstvenika, rekli bismo „da je teorija opovrgнутa“ činjenicama ako se moraju ispustiti iskazi koji su „bitni“ za teoriju. Zatim, pomoću kojeg kriterija razlikujemo bitne od slučajnih dijelova teorije? Znamo iz poglavlja 1, odjeljka 3, da „bitni dio teorije“ zapravo znači „bitan za određenu svrhu teorije“. Prema tome, ne možemo reći da određena činjenica opovrgava određenu teoriju, već jedino da je ona nespojiva s određenom svrhom te teorije. Imamo slobodu da modificiramo iskaze koji nisu bitni za tu svrhu i tako ostvarimo podudarnost s novom činjenicom.

O primjerima te situacije raspravljat ćemo kasnije, ali je lako možemo razumjeti uspoređujući teoriju sa shemom aviona. Ako avion počne gubiti visinu, možemo jedino zaključiti da mora da „nešto nije u redu“. To može biti u bilo kojem dijelu sheme, ili u kvaliteti goriva, ili u nečem drugom. Ne možemo zaključiti da „shema nije u redu“; možda bismo samo uz neznatnu izmjenu imali shemu aviona s odličnim osobinama za letenje. Možemo se zapitati da li bi time bilo dokazano da originalna shema nije u redu. To bi ovisilo o tome da li su nužne modifikacije bile „bitne“ ili nisu. Naučili smo, međutim, da se „bitno“ uvijek odnosi na određenu svrhu. Neuspjeh jednog aviona da izvede neko očekivano kretanje ne bi „dokazalo“ da shemu treba odbaciti.

Mnogo toga je bilo rečeno o „krucijalnom eksperimentu“ koji može odlučiti da li određenu teoriju treba odbaciti ili ne. Jedan jedini eksperiment može samo opovrgnuti „teoriju“ ako pod „teorijom“ mislimo sistem posebnih iskaza bez dopuštanja modifikacije. Ali ono što se zapravo u znanosti zove „teorijom“ nije nikada takav sistem. Ako govorimo o „teoriji etera“ ili „korpuskularnoj teoriji“ svjetlosti, ili o „teoriji evolucije“ u biologiji, svaki od ovih naziva pokriva veliku raznolikost mo-

<sup>11</sup> James Bryant Conant, „Scientific Discoveries May Be Disregarded“, *Science and Common Sense*, New Haven, Yale University Press, 1951, odj. 7.

gućih sistema. Prema tome, nikakav krucijalni eksperiment ne može opovrgnuti nijednu takvu teoriju. Slavni primjer je bio „krucijalni eksperiment“ koji je Arago predložio 1850. da bi provjerio korpuskularnu teoriju svjetlosti. Ta teorija je bila opovrgнута 1855., ali je 1905. Einstein<sup>12</sup> ponovno upotrijebio tu teoriju u znatno modificiranom obliku poznatom kao hipoteza o „kvantima svjetlosti“ ili „fotonima“.

U svojoj knjizi *La théorie physique, son objet et sa structure* Pierre Duhem je otvoreno rekao: „U fizici je krucijalni eksperiment nemoguć.“<sup>13</sup> Zapravo, Duhem je uzeo za primjer Aragoov eksperiment koji je bio zamišljen da doneše neoborivu odluku između korpuskularne i valne teorije svjetlosti. Duhem je istakao da nije moguće dokazati da nema treće mogućnosti osim ove dvije. Upravo te iste godine, 1905., kada je Duhem napisao tu primjedbu, Einstein je zaista otkrio (ili možda „izumio“) tu treću mogućnost, teoriju kvanta svjetlosti<sup>14</sup>.

Nova teorija, s druge strane, nikada ne bi bila prihvaćena da nije imala određeni stupanj jednostavnosti i ljepote. Ovi kriteriji su jasno povezani s filozofskim krajem našeg lanca. Činjenica da ta dva kriterija nisu uvijek u najboljem skladu dovela je do pretpostavke da su znanost i filozofija dva potpuno različita područja znanja. Neki ljudi vjeruju da one nikada neće jedna drugu osporiti, da one mogu biti dva autonomna područja raspravljanja. Ovo stanje razdvojenosti je bilo prevladavajući odnos između znanosti i filozofije u sveučilišnoj nastavi tokom devetnaestog stoljeća i prve polovine dvadesetog. Danas je to još uvijek tipično stanovište u našim institucijama višeg obrazovanja. S druge strane, kasnije ćemo vidjeti da je bilo energičnih pokušaja za obnavljanjem jedinstva pomoću općenitijeg pojma znanosti.

##### 5. Kako „znanost“ može postati „filozofija“

Doznavali smo da se os znanost-filozofija prelomila, jer uvjerljivi i razumljivi principi — koji su na neki način opisivali konačnu strukturu univerzuma — nisu dali praktične rezultate na području opažljivih činjenica i tehničkih primjena. Kada je bila izgrađena mehanistička znanost Galilea i Newtona, nije se razmišljalo da li su ti zakoni „razumljivi“. Kasnije, kada se pokazalo da ti zakoni vrlo dobro služe svojoj tehnologiji i razvoju društva, postalo je uobičajeno da se nazivaju „znanstvenim“.

<sup>12</sup> Albert Einstein, *Annalen des Physik*, 17, 1905.

<sup>13</sup> Pierre Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory*, Princeton, Princeton University Press, 1954, dio II, pogl. V, odj. 3.

<sup>14</sup> Einstein, op. cit.

ničkoj namjeni, sve više su se počeli smatrati „razumljivim“ ili „filozofskim“ principima. Možemo vidjeti kako ta mehanistička znanost prolazi tri stupnja. Na prvom stupnju zakoni su bili prihvaćani zbog njihovog podudaranja s opažljivim činjenicama, ali su bili smatrani čisto deskriptivima, jer nisu mogli biti izvedeni iz razumljivih principa koji su u to vrijeme bili organicistički principi. Na drugom stupnju mehanistički zakoni su stekli reputaciju da su oni sami očigledni i razumljivi. U dvadesetom stoljeću, međutim, iznesene su nove fizikalne teorije za koje se smatra da pokrivaju opažljive činjenice bolje od mehanističkih principa. Na tom trećem stupnju mehanistički principi se još uvijek smatraju razumljivima, ali ne više i praktičnima. Danas ljudi kažu da su nove teorije — kvantna mehanika i teorija relativnosti — prihvачene jer su praktične (drugim riječima, možemo konstruirati nove naprave poput atomske bombe koje nismo mogli napraviti ranije), ali da one nisu razumljive.

Tako bi iz historijskog proučavanja izgledalo ispravno reći da ne postoji bitna razlika između razumljivih principa i iskaza nauke iz kojih se mogu izvesti opažljive činjenice. Za sto godina će se Einsteinova formula  $E = mc^2$  vjerojatno smatrati očiglednim iskazom. Ipak, upravo o toj distinkciji — između razumljivih i čisto praktičnih iskaza — ovisi razdvajanje znanosti i filozofije. Od stalnog kretanja u koncentričnim krugovima do ptolomejskog sistema epicikala, do kopernikanskog sistema, do potpunog napuštanja kružnog kretanja i shvaćanja o eliptičnim putanjama planeta, ljudi su morali prihvati te teorije koje se radaju, jer su one donijele praktične rezultate, čak iako je to značilo slom njihovih razumljivih principa. Tu opću napomenu sada ćemo ilustrirati nekim primjerima.

Kada je Kopernik iznio svoju heliocentričnu teoriju, suprotstavili su mu se ne samo zagovornici tradicionalne teologije i filozofije već i autori koji su čvrsto vjerovali u empirizam u znanosti. Francis Bacon nazvao je Kopernika čovjekom „koji ne mari da u prirodu uvede fikciju bilo koje vrste samo da bi mu računi dobro ispalj.“<sup>15</sup> To znači, drugim riječima, da je Kopernik primjenio samo „naučni“ kriterij istine, a zanemario filozofski kriterij (poglavlje 1, odjeljak 7). Bacon je nazvao kopernikanski sistem „fikcijom“, dok je geocentrični sistem smatrao hipotezom ili teorijom. Sasvim mali broj znanstvenika i filozofa još i danas pravi razliku između „fikcije“ i

<sup>15</sup> Francis Bacon, *Descriptio Globi Intellectualis* (napisano vjerojatno 1612). Vidi *The Philosophical Works of Francis Bacon*, uredili Ellis i Spedding, London 1857.

„teorije“<sup>16</sup>. Vrlo često se Einsteinova teorija relativnosti naziva „fikcijom“, dok se Newtonova mehanika smatra „teorijom“. U čemu je razlika? Ako slijedimo Baconov način govora, „fikcija“ je sistem iskaza iz kojih se matematičkim zaključivanjem mogu izvesti opažene činjenice, ali iskazi koji sačinjavaju „fikciju“ nisu sami po sebi razumljivi ili uvjerljivi. Oni se ne mogu razumjeti pomoću analogija s iskustvima svakidašnjeg života. Autori koji fizikalnim teorijama dvadesetog stoljeća pridaju etiketu „fikcije“ misle tom riječju potpuno isto što i Bacon. U poglavlju 4 doznat ćemo posebne razloge koji su naveli Bacona i njegove suvremenike da ustvrde kako kopernikanska teorija „nije uvjerljiva i nije razumljiva“.

Nikada nije porečena tehnička nadmoćnost kopernikanske teorije nad ptolomejskom; to je čak i crkva priznavala. Što su više astronomsko iskustvo i teorije napredovali, veće priznanje je pridavano toj nadmoćnosti. U newtonovskoj mehanici je Sunce postalo referencijalni sistem s obzirom na koji su zakoni kretanja bili točni; s obzirom na Zemlju to nije bio slučaj. Superiornost Sunca kao referencijalnog sistema ustanovljena je bez ikakve sumnje, ali kada je ta uloga Sunca priznata, smatralo se vrlo „uvjerljivim“ i „razumljivim“ da Sunce mora biti „nepomično“. Sada se smatralo „nevjerojatnim“ da bi veliko Sunce zajedno sa svim nepomičnim zvijezdama, temeljni referencijalni sistem, kružilo oko naše male nevažne Zemlje. Od „tehnički korisne“, kopernikanski sistem se razvio u teoriju koja je bila „razumljiva“ ili „filozofski istinita“.

Međutim, teorija koja je po sebi razumljiva, bila bi vječno valjana. Kada ona ne bi bila istinita zbog svojih opažljivih konzekvenci nego na osnovu „vlastite evidentnosti“, nikakvo novo iskustvo ne bi moglo izazvati bilo kakvu promjenu u našem vjerovanju u njezinu valjanost. Kada je u dvadesetom stoljeću Einstein iznio svoju opću teoriju relativnosti, pokazalo se da je svaki referencijalni sistem u mehanici jednakо prihvatlјiv i da superiornost Sunca postoji samo unutar vrlo ograničenog dijela univerzuma. Vjerovanje da je kopernikanska teorija bila razumljiva sama po sebi ponovno se pokazalo kao iluzija.

Na vrlo sličan način radikalne promjene je doživio stav prema Newtonovim zakonima kretanja. Njegova teorija planetarnog kretanja imala je dva temelja, zakon inercije i zakon gravitacije. Nijedna od tih hipoteza nije se Newtonovim suvre-

<sup>16</sup> Npr., u knjizi H. V. Gill, *Facts and Fiction in Modern Science*, 1944, pisanoj sa stanovišta tomističke filozofije.

menicima činila ni „razumljivom“ niti čak „uvjerljivom“. Ipak, iz njih izvedeni matematički zaključci odlično su se slagali sa svim poznatim opažanjima planetarnog kretanja, uključujući čak i međusobne perturbacije. Newtonova teorija je bila prihvaćena zbog svoje tehničke savršenosti kao naučne „istine“, ali prvo bitno ona nije bila priznata za „filozofsku istinu“. Najveći znanstvenici njegovog vremena, ljudi kao Huyghens i Leibniz, nisu bili skloni da prihvate principe koji nisu bili „razumljivi“. Za Leibniza su zakon inercije i zakon gravitacije bili „fikcije“, kao što je kopernikanski sistem bio za Bacona. Newton je poput Kopernika bio smatran čovjekom koji bi prihvatio bilo kakvu fikciju samo da ona ispravnim matematičkim zaključivanjem dovodi do rezultata koji se slažu s iskustvom.

Sam Newton je objasnio svoja shvaćanja u pismu upućenom Leibnizu u časopisu:

Razumjeti kretanja planeta pod utjecajem gravitacije bez znanja o uzroku gravitacije je jednako vrijedan napredak u filozofiji kao i razumjeti gradu sata i ovisnosti kotača jednog o drugome bez znanja o uzroku gravitacije utega<sup>17</sup>.

Newton je svoju teoriju gravitacije smatrao analognom opisu mehanizma koji održava planetu u kretanju. On se složio da bi pridonijelo napretku u razumijevanju kada bi se njegovi zakoni gravitacije i inercije mogli izvesti iz nekog razumljivog principa, ali on se radije ograničio na ono što smo nazvali „čisto znanstvenim“ aspektom i napustio traganje za razumljivim principima. Počeo je od principa „neposredne općenitosti“. Njegov slavni iskaz „*hypotheses non fingo*“ (Ne izmišljam hipoteze) drugim riječima znači: „Ograničavam se na fikcije i ne marim za razumljive principe.“ Njegov cilj je neosporno bila „naučna istina“ a ne „filozofska istina“.

Međutim, nakon velikih tehničkih uspjeha newtonovskih zakona, od početka devetnaestog stoljeća stalno je raslo uvjerenje da su sami newtonovski zakoni razumljivi. Povučene su analogije između zakona inercije i osobnog iskustva tromeđi i, konačno, Newtonovi zakoni su bili smatrani „razumljivim principima“. Kada su postigli taj status, nisu više ovisili o dalnjem eksperimentalnom istraživanju. Bili su proglašeni očiglednim iskazima koji će važiti u bilo kojem budućem sistemu fizike.

<sup>17</sup> Isaac Newton u odgovoru Leibnizu, publiciranom u *Memoirs of Literature*, 1712, XVIII.

Na taj način Newtonova naučna teorija je postala „filozofski sistem“. Od tada bi se svaki pokušaj modificiranja Newtonovih zakona smatrao poricanjem očiglednih principa. Mechanistička fizika je postala mehanicističkom filozofijom. Svaka nova fizikalna teorija koja je proturijećila Newtonovoj fizici sada je bila „apsurdna“. Konzakvene ovog stava vidjet ćemo u odbijanju da se prihvate takvi pojmovi dvadesetog stoljeća kao teorija relativnosti i kvantna teorija.

## 6. Spekulativna znanost i metafizika

Principi i opažanja znanosti nisu formulirani istim jezikom. Opisali smo (na površan način) jezik opažanja kao iskaze o nekim igrajućim mrljama, dok opći principi nauke upotrebljavaju izraze kao „sila“, „potencijal“, „energija“ itd. Iz iskaza o apstraktnim pojmovima nikada ne možemo izvesti bilo što o opažljivim činjenicama. U mehaniči možemo dozнатi kakve su varijable  $x$ ,  $y$  i  $z$  funkcije od varijable  $t$ . Ali to nam ne govori ništa o opažljivom svijetu. Kako ćemo opaziti promjene kod  $x$ ,  $y$  i  $z$ ? Logika znanosti mora uključivati, osim principa i opažanja, vezu između apstraktnih pojmoveva nauke i opažajnih pojmoveva. Te veze se nazivaju „operacionalnim definicijama“ ili katkada „semantičkim pravilima“<sup>18</sup>. Raspravljanje o tim pravilima također pripada logici znanosti. Ovdje nas ne zanima da li su ti principi razumljivi ili nisu. Jedini zahtjev je da se rezultati moraju slagati s iskustvom. To je njihovo puno opravdanje i sa stanovišta nauke ne postoji neko drugo opravdanje.

Zauzimanjem tog općeg naučnog stanovišta zanemarili smo veliki dio našeg lanca. Znanstvenik može reći da ga ostatak lanca uopće ne zanima i da o tome ne bismo trebali govoriti ni misliti. To je jedan način gledanja na te stvari, ali veoma mnogo ljudi ne slaže se da drugi dio lanca treba potpuno zanemariti. Budući da se razumljivi principi ne mogu neposredno provjeravati metodama znanosti, moramo se zapitati kako možemo utvrditi da li je neki princip razumljiv ili nije. Neki vjeruju da postoji druga vrsta mišljenja pored naučnog mišljenja koja se naziva filozofskim mišljenjem. Drugi opet kažu da čovjek o tome uopće ne može imati znanje; da nam je potrebna pomoć koja prekoračuje razum a čiji izvor je religija. Jasno je, međutim, da su ljudi željni da prošire znanje van okvira „znanosti“ u modernom smislu na područje spomenutih

<sup>18</sup> „Semantičkim pravilima“ se veze između simbola povezuju s iskazima koji imaju smisao u našem zdravorazumskom jeziku.

razumljivih principa. Nalazimo također one koji kombiniraju oba stanovišta, koji ne žele proširiti ljudski razum van okvira onoga što smo nazvali logikom nauke, ali koji vjeruju otkad su ljudi zainteresirani za opće principe, da oni pripadaju religiji, koja nadilazi ljudski razum i obraća se nadnaravnom. Ta kombinacija tvrdokornog znanstvenika s vjerom u nadnaravno nije rijetka.

Za filozofiju se također misli da se bavi hipotezama spekulativnije prirode od onih koje se mogu naći u znanosti. Ne mislim da je to istina, jer sve hipoteze su spekulativne. Ne može se praviti nikakva razlika između naučnih i spekulativnih hipoteza. Netko će reći da su Newtonovi zakoni, zakoni elektriciteta itd., naučni ali hipotezu da svi ljudi žive i nakon smrti smarat će spekulativnom. Mnogi su to pokušali provjeriti eksperimentom. Ako se uzme ozbiljno, to može biti naučna hipoteza. Naravno, ona se može formulirati na takav način da se u načelu ne može provjeriti. Možemo reći da ljudi nakon smrti postaju duhovi sa svojim vlastitim jezikom i zakonima i bez sredstava komunikacije s ljudskim bićima. To nije naučna hipoteza, jer nema načina da se ona provjeri. Kakva je to hipoteza? Ona se može nazvati metafizičkom hipotezom. Njen nenaučni karakter proizlazi iz činjenice da se ona u biti ne može provjeravati iskustvom, ne zbog njene fantastične prirode, jer naučna hipoteza također može biti fantastična. Može se reći da su sve stvari materijalne i da nema duha. Ako se taj iskaz formulira tako da se ne može provjeriti, onda je to metafizički iskaz. Ako on znači da se sve činjenice o svijetu mogu izvesti iz zakona materije, tj. elektrodinamike, dinamike itd., to je onda naučna hipoteza. To može biti fantastični iskaz, ali ne metafizički iskaz. Teza materijalizma također može imati drugačije značenje. Možemo reći da je sve na svijetu materija, ali da unatoč tomu ne možemo sve izvesti iz zakona mehanike itd. Takav iskaz se u načelu ne može provjeriti, i zbog toga ga moramo zvati metafizičkim iskazom.

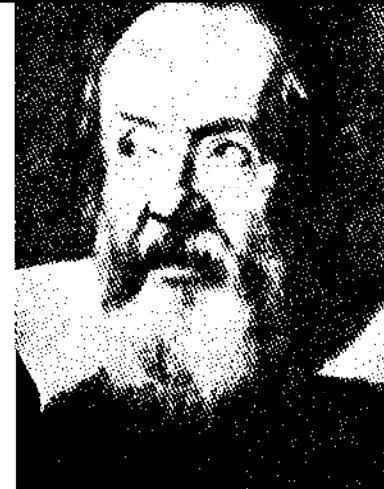
Tako razlikujemo metafizičke i naučne iskaze. Što ti metafizički iskazi znače i zašto nam je stalo da ih iznosimo? Kazati da postoji samo materija, ili da postoji samo duh znači iznijeti direktni iskaz o prirodi univerzuma. Na temelju čega se prihvata takav iskaz? Koja je njegova praktična svrha? Takvi iskazi imaju isto toliko praktične rezultate kao i oni naučni; oni imaju direktno djelovanje na ljudsko ponašanje.

## OBJAŠNJENJA

Ovaj odlomak uzet je iz knjige F. Sherwood Taylor, *Science Past and Present*, London, 1950, gde стоји да је он из Stevinova dela *De Beghinseiten des Waterwichts*, 1586. Međutim, Kistner (A. Kistner, *Geschichte der Physik*, I Samml., Göschén) i Butterfield (H. Butterfield, *The Origin of Modern Science*, London, 1950) tvrde да је Stevin vršio opisani eksperiment 1605. godine.

Aristotel (*Αριστοτέλης*, 384—322), grčki filozof, osnivač logike i svestrani naučnik. Pre 17. veka ljudi su iz fizike i ostalih prirodnih nauka jedva znali nešto više od onoga što je o tome bilo u Aristotelevim delima.

## GALILEJ



**GALILEO GALILEJ** (Galileo Galilei) rođen je u Pizi 1564. kao sin siromašnog florentinskog plemića, muzičara i matematičara, umro u Arčetriju 1642. g. Učio u manastiru Valombrozi, u blizini Firence, latinski, grčki i logiku, zatim medicinu u Pizi, pa matematiku. Bio profesor matematike u Pizi, Padovi i Firenci. Najpre vrlo ugledan i slavan, na koncu osuđen od inkvizicije zbog zastupanja Kopernikovog sistema sveta. Pronašao je termometar i hidrostatske terazije i načinio durbin koji je povećavao preko hiljadu puta i približavao više od trideset puta. Eksperimentalno i matematički utvrdio zakone o kretanju tela i izohronizam klatna (da je vreme jedne oscilacije za male uglove uvek jednak za istu dužinu klatna). Otkrio je pegce na Sunču, bregove na Mesecu, Jupiterove mesece, Saturnov prsten, Venerine faze i dr. Dela: *Sidereus Nuntius*, 1610, *Il saggiatore*, 1623, *Dialogo... sopra i due massimi sistemi Tolomeaico e Copernicanico del mondo*, 1632, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno due nuove scienze, utili... alla meccanica ed ai movimenti locali* 1638. i dr. Najnovije izdanje njegovih celokupnih dela izašlo je u Firenci 1935. g.

## O KRETANJU

(1638)

O najstarijem predmetu širimo najnoviju nauku. Možda ničeg nema starijeg u prirodi od kretanja, i o njemu nije ostalo ni malo niti malih svezaka napisanih od filozofa.

Ipak, poznajem mnoge pojave u njemu vredne znanja, još neopaženc i još neobjašnjene. Zabeležene su neke beznačajne stvari, kao, na primjer, da se prirodno kretanje teških tela koja padaju stalno ubrzava. A nije dosad objavljeno po kakvoj proporciji biva njegovo ubrzanje: jer, koliko znam, niko nije pokazao da se putevi koje pređe telo koje se spušta iz mirovanja, u jednakim vremenima odnose između sebe kao uzastopni neparni

brojevi, počevši od jedinice. Opaženo je da bačena tela uvek opisuju krivu liniju; ali ipak niko nije otkrio da je to parabola. Dokazao da je to tako, i mnogo šta drugo isto tako vredno znanja, i što mislim da je još više potrebno učiniti, otvorice se pristup najvažnijoj nauci koja stoji na čelu ostalima a čiji će elementi biti ovi naši radovi i u čije će skrovitije kutove prodreti oštromniji talenti od mene.

Ovu raspravu delimo na tri dela. U prvom delu razmatramo ono što se tiče jednakog ili jednolikog kretanja. U drugom pišemo o kretanju sa prirodnim ubrzanjem. U trećem, o nasilnom kretanju ili o bačenim telima.

### O JEDNAKOM KRETANJU

Kod jednakog ili jednolikog kretanja imamo posla sa jedinom definicijom koju ću ovako izreći:

#### Definicija

*Pod jednakim ili jednolikim kretanjem razumem ono čiji su delovi koje telo pređe u ma kojim jednakim vremenima međusobno jednaki.*

#### Primedba

Odlučio sam da dodam staroj definiciji (koja jednostavno naziva jednakim kretanjem kad se u jednakim vremenima prelaze jednakci putevi) dodatak ma kojim, tj. u svim jednakim vremenima, jer može biti da telo koje se kreće u nekim jednakim vremenima pređe jednakake puteve, dok putevi predeni u delovima manjim od onih vremena, iako jednakim, ne budu jednakci. Od navedene definicije, zavise ova četiri aksioma.

#### Aksiom 1

*Put pređen u dužem vremenu u istom jednakom kretanju veći je od puta pređenog u kraćem vremenu.*

#### Aksiom 2

*Vreme u kojem se izvrši veći put u istom jednakom kretanju duže je od vremena u kome se izvrši kraći put.*

#### Aksiom 3

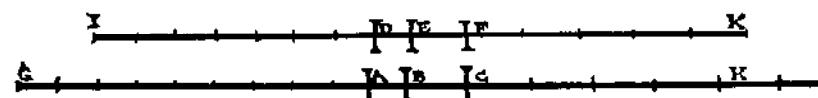
*Put izveden većom brzinom u istom vremenu veći je od puta izvedenog manjom brzinom.*

#### Aksiom 4

*Brzina kojom se u istom vremenu izvodi veći put veća je od brzine kojom se izvodi manji put.*

#### Teorem I. Propozicija I

*Ako telo koje se jednakovo kreće i istom brzinom pređe dva puta, vremena kretanja odnosiće se kao izvršeni putevi.*



Sl. 1

Neka telo koje se jednakovo kreće pređe istom brzinom dva puta  $AB$  i  $BC$  (sl. 1), i neka vreme kretanja po  $AB$  bude  $DE$ , a vreme kretanja po  $BC$  neka bude  $EF$ . Tvrđim da kao što se odnosi put  $AB$  prema putu  $BC$ , tako se odnosi vreme  $DE$  prema vremenu  $EF$ . Neka se prenesu na obe strane putevi i vremena na  $GH$  i  $IK$ , i na  $AG$  neka se uzmu koliko bilo puteva jednakih sa  $AB$  i isto toliko vremena na  $DI$  isto tako jednakih sa vremenom  $DE$ ; i opet neka se na  $CH$  uzmu u ma kojoj množini putevi jednakci sa  $CB$ , i isto toliko vremena na  $FK$  jednakih vremenu  $EF$ . Osim toga put  $BG$  i vreme  $EI$ , isto tako multiplumi puta  $BA$  i vremena  $EB$ , a isto tako put  $HB$  i vreme  $KE$ , putevi  $CB$  i isto tako multiplumi vremena  $FE$ . I pošto je  $DE$  vreme prelaza od  $A$  do  $B$ , biće celo  $EI$  vreme celog  $BG$ , kad se pretpostavi da je kretanje jednakovo; i neka u  $EI$  bude onoliko jednakih vremena sa samim  $DE$ , koliko u  $BG$  ima puteva jednakih sa  $BA$ , i slično će se zaključiti da je  $KE$  vreme prelaza od  $N$  do  $B$ . Kad se pak pretpostavi da je kretanje jednakovo, kad bi put  $GB$  bio jednak samom  $BH$  i vreme  $IE$  bilo bi jednak vremenu  $EK$ , a kad bi  $GB$  bilo veće nego  $BH$ , i  $IE$  biće veće nego  $EK$ , i kad bi bilo manje, biće manje. I tako ima četiri veličine:  $AB$  prva,  $BC$  druga,  $DE$  treća,  $EF$  četvrta, i od prve i treće, tj. puta  $AB$  i vre-

mena  $DE$ , uzeti su isto tako ma kakvi multiplumi, vreme  $IE$  i put  $GB$ , i dokazano je da je ovo ili zajedno jednako ili zajedno manje ili zajedno veće od vremena  $EK$  i puta  $BH$ , isto tako i multiplumi druge i četvrte veličine. Dakle, prva prema drugoj, tj. put  $AB$  prema putu  $BC$ , ima istu razmeru kao treća i četvrta, tj. vreme  $DE$  prema vremenu  $EF$ , što je trebalo dokazati.

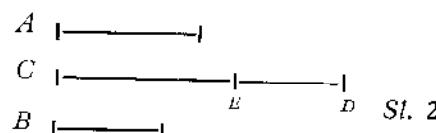
### Teorem II. Propozicija II

*Ako telo u jednakim vremenima pređe dva puta, ti putevi će se odnositi kao brzine. I ako su putevi kao brzine, vremena će biti jednakata.*

Neka na sl. 1 budu dva puta  $AB$  i  $BC$ , pređena u jednakim vremenima, i to put  $AB$  brzinom  $DE$  a put  $BC$  brzinom  $EF$ . Tvrdim da se put  $AB$  prema putu  $BC$  odnosi kao brzina  $DE$  prema brzini  $EF$ ; uvezši sa obe strane kao gore jednake ma kakve multiplume i puteva i brzina, tj.  $GB$  i  $IE$ , samih  $AB$  i  $DE$  isto tako  $HB$  i  $KE$  istih  $BC$  i  $EF$ , zaključiće se na isti način kao gore da će umnošći  $GB$  i  $IE$  ili zajedno biti manji ili jednakci ili veći od umnožaka  $BH$  i  $EK$ , dakle tvrdnja je očigledna.

### Teorem III. Propozicija III

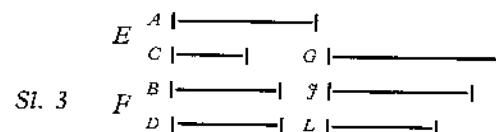
*Nejednakim brzinama na istom putu odgovaraju vremena u obrnutoj razmeri sa brzinama.*



Neka brzine budu nejednake,  $A$  veća,  $B$  manja (sl. 2), i neka obe vrše kretanje po istom putu  $CD$ . Tvrdim da se vreme u kome brzina  $A$  pređe put  $CD$  prema vremenu u kome brzina  $B$  pređe isti put odnosi kao brzina  $B$  prema brzini  $A$ . Neka se  $A$  prema  $B$  odnosi kao  $CD$  prema  $CE$ ; biće dakle iz prethodnoga vreme u kome brzina  $A$  izvrši  $CD$  isto sa vremenom u kome  $B$  izvrši  $CE$ . Ali vreme u kome brzina  $B$  izvrši  $CE$  prema vremenu u kome ista brzina  $A$  izvrši  $CD$  odnosi se kao  $CE$  prema  $CD$ . Dakle, vreme u kome brzina  $A$  pređe  $CD$  prema vremenu u kome brzina  $B$  izvrši isto  $CD$  odnosi se kao  $CE$  prema  $CD$ , tj. kao brzina  $B$  prema brzini  $A$ , što je bilo tvrđeno.

### Teorem IV. Propozicija IV

*Ako se dva tela kreću jednakim kretanjem a nejednakom brzinom, putevi koje ona pređu u nejednakim vremenima imaju složenu razmeru iz razmara brzina i iz razmara vremena.*



Neka se dva tela  $E$  i  $F$  kreću jednakim kretanjem (sl. 3), i neka razmara brzine tela  $E$  prema brzini tela  $F$  bude kao  $A$  prema  $B$ , a razmara vremena u kome se kreće  $E$  prema vremenu u kome se kreće  $F$  neka bude kao  $C$  prema  $D$ . Tvrdim da put pređen od  $E$  brzinom  $A$  u vremenu  $C$  prema putu pređenom od  $F$  brzinom  $B$  u vremenu  $D$  ima složenu razmeru iz razmara brzine  $A$  prema brzini  $B$  i iz razmara  $C$  prema vremenu  $D$ . Neka put koji pređe  $E$  brzinom  $A$  u vremenu  $C$  bude  $G$ , i neka se brzina  $A$  prema brzini  $B$  odnosi kao  $G$  prema  $I$ , a vreme  $C$  prema vremenu  $D$  neka se odnosi kao  $I$  prema  $L$ ; zna se da je put po kome se kreće  $F$  u istom vremenu u kome se kreće  $E$  po  $G$ ; kako se putevi  $G$  i  $I$  odnose kao brzine  $A$  i  $B$ , i kako se vreme  $C$  prema vremenu  $D$  odnosi kao  $I$  prema  $L$  i neka bude  $I$  put koji telo  $F$  izvrši u vremenu  $C$ ;  $L$  će biti put koji izvrši  $F$  u vremenu  $D$  brzinom  $B$ ; a razmara  $G$  prema  $L$  sastoji se od razmara  $G$  prema  $I$  i  $I$  prema  $L$ , tj. od razmara brzine  $A$  prema brzini  $B$  i vremena  $C$  prema vremenu  $D$ . Dakle, jasna je tvrdnja.

### O PRIRODNO UBRZANOM KRETANJU

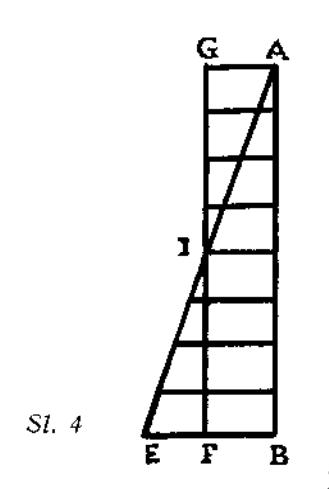
U prethodnoj knjizi razmatrani su slučajevi koji se tiču jednakog kretanja, sada treba da se prouči ubrzano kretanje. I najpre treba naći pogodnu definiciju onoga kojim se služi priroda i objasnitи. Mada ne bi bilo nepogodno izmisliti neku vrstu kretanja i posmatrati njegove misaone konsekvensije (jer tako su ih oni koji su proučavali spirale i konhoide, nastale iz nekih kretanja, sebi zamisili, mada se priroda ne služi njima, i njihove su osobine iz pretpostavke dokazane), ipak kad se već priroda služi nekom vrstom ubrzanja teških tela koja padaju, odlučili smo da razmotrimo njihova kretanja da li će se ona definicija

koju hoćemo da donešemo o našem ubrzanom kretanju podudarali sa suštinom prirodno ubrzanih kretanja.

Verujemo da smo ovo najzad posle dugotrajnog razmišljanja otkrili, naročito vođeni tim razlogom što se vidi da one osobine koje smo redom dokazali, osobito odgovaraju i slažu se sa onima koje prirodni ogledi predstavljaju čulima. Najzad istraživanje prirodno ubrzanih kretanja dovela nas je kao rukom težnja na vike i običaja same prirode u svim ostalim njenim delima, u čijem izvođenju je navikla da se služi prvim sredstvima, najjednostavnijim i najlakšim: jer mislim da nema nikoga koji misli da se plivanje ili letenje može vršiti na jednostavniji ili lakši način od onoga kojim se služe ribe i ptice po prirodnom instinktu. Dakle, dok posmatram kako kamen iz mirnog stanja sa visine počne da pada i zatim dobija priraštaje brzine, zašto ne bih mislio da su takvi dodaci vrlo jednostavni i da se dešavaju po zakonu pristupačnjem od svih? Ako to pažljivo posmatramo, načemo da nijedan dodatak, nijedan priraštaj nije jednostavniji od onoga koji se uvek na isti način dodaje. To ćemo lako razumeti posmatrajući vrlo veliku srodnost između vremena i kretanja: jer, kao što se jednakost i jednolikost kretanja definiše pomoću jednakosti vremena i putca i shvata (kretanje tada nazivamo jednakim kada se u jednakim vremenima prelaze jednakci putevi) tako možemo pomoći istih jednakosti delova vremena razumeti jednostavno izvedene priraštaje brzine: shvatajući da je ono kretanje jednakliko i na isti način neprekidno ubrzano kome se u ma kakvim jednakim vremenima dodaju jednakci dodaci na brzinu. Tako da, pošto se uzme koliko god jednakih delića vremena od prvog momenta u kome telo napušta mirovanje i počinje da pada, stepen brzine koji zadobije u prva dva delića vremena zajedno postaje dvostruk kao stepen koji je zadobilo telo u prvom deliću, a stepen koji dobije u trema delićima trostruk, koji u četirima četvorostruk kao stepen prvog vremena. Tako bi (radi jasnijeg razumevanja), kad bi telo nastavilo svoje kretanje po stepenu ili promeni brzine dobivenoj u prvom deliću vremena a zatim svoje kretanje jednakso sa takvim stepenom produžilo, ovo kretanje bilo dvaput sporije od onog koje bi dobilo po stepenu brzine zadobivene u dva vremenska delića: i tako nikako ne izgleda da je u nesaglasnosti sa pravim mišljenjem ako primimo da jačanje brzine biva po širenju vremena: odakle se može primiti takva definicija kretanja kojom hoćemo da se bavimo. Kažem da je ono kretanje jednakso ili jednakliko ubrzano koje, prestajući da miruje, u jednakim vremenima, dodaje sebi jednakake promene brzine.

### *Teorem I. Propozicija*

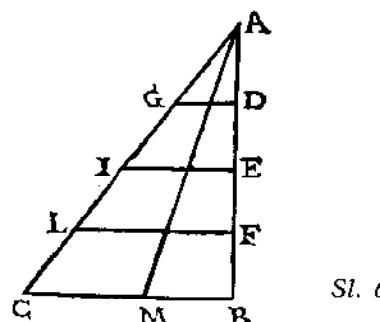
Vreme u kome telo pređe neki put prešavši iz mirovanja u jednako ubrzano kretanje jednako je vremenu u kome bi isti put prešlo isto telo krećući se jednakim kretanjem čiji je stepen brzine polovina od najvišeg i najnižeg stepena brzine ranijeg ubrzanog kretanja.



St. 4

Neka  $AB$  (sl. 4) po dužini predstavlja vreme u kome telo jednako ubrzanim kretanjem iz mirovanja u tački  $C$  prođe put  $CD$ : a od stepena uvećane brzine u momentima vremena neka  $AB$  predstavlja najveći, a  $EB$  najmanji,  $EB$  položeno na  $AB$  kako bilo; a spojene linije  $AE$  povučene iz pojedinih tačaka  $AB$  na jednakim razdelima od  $BE$  predstavljajuće rastuće stepene brzine posle momenta  $A$ . Podelivši zatim  $BE$  na dva dela u  $F$  i poštovanju povuku paralelne  $FG$  i  $AG$  sa  $BA$  i  $BF$ , paralelogram  $AGFB$  kojim svojom stranom  $GF$  deli  $AE$  na dvoje u  $I$  biće jednak sa trougлом  $AEB$ : jer ako se paralele trougla  $AEB$  protežu do  $G$  i  $F$ , imaćemo zbir svih paralelnih sadržanih u četvorouglu jednak zbiru obuhvaćenih u trouglu  $AEB$ , a one koje su u trouglu  $IEF$  jednakе su sa sadržanima u trouglu  $GIA$ : a one pak koje su u trapezu  $AIFB$  zajedničke su. I kako pojedinima od svih momenta vremena  $AB$  odgovaraju pojedini i sve tačke linije  $AB$  iz kojih povučene paralelne u trouglu  $AEB$  sadržanc predstavljaju rastuće stepene uvećane brzine, a paralele u paralelogramu sadržane takođe nuka predstavljaju isto tolike stepene ne uvećane

ma dužini uspravne  $AB$ . Neka se zamisli koliko bilo pravih  $DG$ ,  $EI$ ,  $FL$ , paralelnih sa horizontom: zna se iz dosad uzetog da su stepeni brzine tela iz  $A$ , u početku kretanja dobiveni u tačkama  $G$  i  $D$ , jednaki kada su stizanja do horizonta jednaka: slično će



Sl. 6

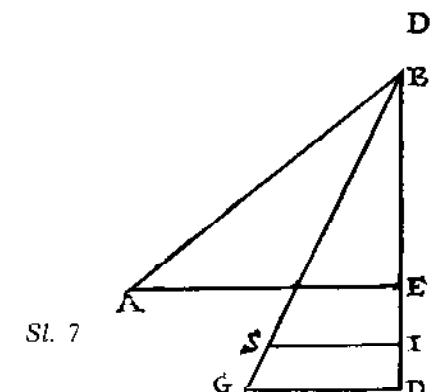
biti jednak stepeni u tačkama  $I$  i  $E$ , a takođe i stepeni u  $L$  i  $F$ . Jer ako se zamisle ne samo ove paralelne nego iz svih tačaka pravce  $AB$  povučene prave sve do pravce  $AC$ , promene ili stepeni brzina u granicama pojedinih paralelnih pravi uvek će biti međusobno jednak. I tako se prelaze dva puta  $AC$ ,  $AB$  sa istim stepenima brzine. Ali dokazano je da ako jedno telo prelazi dva puta jednakim stepenima brzine, kakvu razmeru imaju ti putevi istu će imati i vremena kretanja; dakle vreme kretanja po  $AC$  prema vremenu po  $AB$  odnosi se kao dužina ravni  $AC$  prema dužini vertikalne  $AB$ . A to je trebalo dokazati.

#### Teorem IV. Propozicija IV

*Vreme kretanja po jednakim ravnim ali nejednako nagnutim medju sobom su u polovini razmere visina tih ravn obrotnuto uzeti.*

Neka su iz iste krajne tačke  $B$  (sl. 7) jednakе ravni ali nejednako nagnute  $BA$  i  $BC$ , i pošto se povuku horizontalne duži  $AE$  i  $CD$  na uspravnu do  $BD$ ; neka visina ravni  $BA$  bude  $BE$ , a ravni  $BC$  neka bude  $BD$  i srednja proporcionala tih visina neka bude  $BI$ . Zna se da je razmera  $BD$  prema  $BI$  polovina razmere  $DB$  prema  $BE$ . Tvrđim da je razmera vremena silaženja ili kretanja po ravnima  $BA$  i  $BC$  ista kao razmera  $DB$  prema  $BI$  uzeta obrnuto: kao što je, homologa sa vremenom po  $BA$ , visina druge ravni  $BC$ ,

tj.  $BD$ , tako je sa vremenom po  $BC$  homologa  $BI$ . Zato treba da se dokaze da se vreme po  $BA$  prema vremenu po  $BC$  odnosi kao  $DB$  prema  $BI$ . Neka se povuče  $IS$  na jednakom razmaku od  $BC$ .



Sl. 7

I pošto je već dokazano da se vreme silaženja po  $BA$  prema vremenu padanja po uspravnoj  $BE$  odnosi kao samo  $BA$  prema  $BE$ , a vreme po  $BE$  prema vremenu po  $BD$  kao  $BE$  prema  $BI$ , a vreme po  $BD$  prema vremenu po  $BC$  kao  $BD$  prema  $BC$ , ili  $BI$  prema  $BS$ : dakle isto tako, vreme po  $BA$  prema vremenu po  $BC$  biće kao  $BA$  prema  $BS$ , ili  $CB$  prema  $BS$ ; a  $CB$  prema  $BS$  odnosi se kao  $DB$  prema  $BI$ . Dakle, tvrdnja je očigledna.

#### O KRETANJU BAČENIH TELA

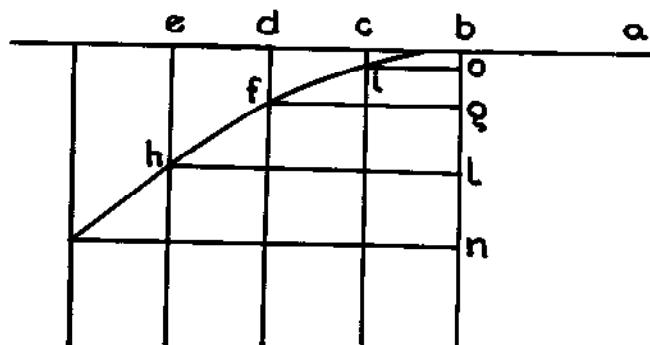
Gore smo ispitivali slučajeve jednakog kretanja i isto tako prirodno ubrzanog kretanja po ma kako nagnutim ravnima. U ovom razmatranju koje sada započinjem pokušaću da iznesem i da jakim dokazima utvrdim naročite pojave vredne znanja koje se dešavaju kada se telo kreće kretanjem složenim iz dva kretanja, iz jednakog i prirodno ubrzanog: a pokazalo se da je takvo kretanje ono kakvim se kreću bačena tela, i čiji postanak zaključujem da je takav.

Zamišljam da je neko telo bačeno u horizontalnoj ravni bez ikakve prepreke. Već se zna iz onoga što je opširnije rečeno na drugom mestu da će njegovo kretanje biti jednak i stalno u istoj ravni ako se ravan širi u beskonačnost; ako je pak zamislimo da je ograničena i postavljena u visini, telo koje zamiš-

Ijam da ima težinu preneseno do granice ravni napredujući dalje dodaje jednakom i neuništivom predašnjem kretanju onu težnju naniže koju ima od svoje težine; odatle izlazi neko kretanje sastavljenog iz jednakog horizontalnog i naniže prirodno ubrzanog, koje nazivam hitac. Pokazaćemo neke njegove slučajevе od kojih prvi neka bude:

### *Teorem I. Propozicija I*

Dok se baćeno telо kreće kretanjem sastavljenim iz jednakog horizontalnog i iz prirodno ubrzanog naniže, opisuje na svom putu poluparaboličnu liniju.



(Sl. 8)

Neka se zamisli horizontalna prava ili ravnina  $ab$  (sl. 8) postavljena u visini, i neka se po njoj telо kreće jednakim kretanjem iz  $a$  u  $b$ , pošto ravan nemа oslonca u  $b$ , telу pridolazi od njegove težine prirodno kretanje naniže po vertikalnoj  $bn$ . Neka se zamisli na ravni  $ab$  u istom pravcu položena prava  $be$  kao isticanje vremena ili mera na kojoj neka se po volji obeleže koliko bilo jednakih vremena  $bc$ ,  $cd$  i  $de$ ; i iz tačaka  $h$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ , neka se zamisle produžene prave na jednakom odstojanju od vertikalne  $bn$ ; na prvoj od njih neka se uzme kakav bilo deo  $ci$ , neka se od njega uzme četvorostruki iznos u sledećem  $df$ , devetostruki  $eh$  i, dosledno, u ostalim po razmeri njihovih kvadrata  $cb$ ,  $db$ ,  $eb$ , ili, recimo, u dvostrukoj razmeri tih duži. Jer ako zamislimo da se telу koje se kreće jednakim kretanjem s one strane  $b$  prema  $c$  doda vertikalni silazak po veličini  $ci$ , ono će se u vreme  $bc$  naći na granici  $i$ . A napredujući dalje, u vreme  $db$ , tj. dvaput  $bc$ ,



put silaženja naniže biće četvorostruki prvi put  $ci$ , jer dokazano je u prvoj raspravi da su putevi, izvedeni od teškog kretanja prirodno ubrzanog, u dvostrukoj razmeri sa vremenima. Isto tako dosledno put  $eh$ , izvršen u vremenu  $bc$ , biće na pr. 9, tako da očigledno stoji da se putevi  $eh$ ,  $df$  i  $ci$  odnose između sebe kao kvadrati duži  $eb$ ,  $db$ ,  $cb$ . Sada neka se iz tačaka  $i$ ,  $f$ ,  $h$ , povuku duži  $io$ ,  $fg$ ,  $hl$  sa jednakim rastojanjima od  $eb$ : biće duži  $hl$ ,  $fg$ ,  $io$  pojedinačno jednake sa dužima  $eb$ ,  $db$ ,  $cb$ , pojedinačno: i takođe one  $bo$ ,  $bg$ ,  $bl$ , jednakе sa onima  $ei$ ,  $df$ ,  $eh$ . I biće kvadrat  $hl$  prema kvadratu  $fg$ , kao duž  $lb$  prema  $bg$ , i kvadrat  $fg$  prema kvadratu  $io$  kao  $gb$  prema  $bo$ . Dakle, tačke  $i$ ,  $f$ ,  $h$  su u jednoj i istoj paraboličnoj liniji. I slično će se dokazati ako se uzmu kakvi god jednakii delovi vremena bilo kakve veličine da će se položaj tela koje se kreće sličnim složenim kretanjem nalaziti u tim vremenima na istoj paraboličnoj liniji. Dakle, tvrdnja je jasna.

### OBJASNJENJA

Ovo su odlomci iz Galilejeva glavnog dela *Matematičke rasprave i dokazi*, pisane delom po ugledu na Platona, u dijalozima, na italijanskom jeziku i delom po ugledu na Euklida, sa definicijama, teorema i geometrijskim dokazima, na latinskom; prevedeni su sa latinskog iz *Opere di Galileo Galilei*, II, Firenze, 1718. Mesto geometrijskih dokaza (onda još nisu bili u upotrebi znaci računskih operacija), danas se upotrebljavaju algebarski, mnogo kraći i lakši.

*Složena* (ili *sastavljena*) razmera je proizvod dve razmre.

*Oni koji su spirale i konhoide...* — odnosi se na Arhimeda.

*Stepen brzine* nije nikakav stepen već broj kojim je izražena brzina; slično kao stepen temperature.

*Euklid* (Εὐκλείδης, oko 300 g. p. n. e.), grčki matematičar u Aleksandriji. Njegovo delo elementi ( $\Sigma\tauοιχτα$ , Elementa) sadrži tačno celokupno znanje matematike izloženo u geometrijskom obliku; posle Biblije doživelo najviše izdanja i sve do kraja 17. veka služilo kao uzor naučnog izlaganja. U fizici Euklid je otkrio zakon o odbijanju svetlosti.