

MATEMATIČKI INSTITUT

---

Istorija matematičkih i mehaničkih nauka

Knjiga 5

---

Zoran Stokić

# RAST ZNANJA

\*

ISAK NJUTN  
Žozef Luj Lagranž  
Vilijem Rouan Hamilton

---

BEOGRAD

1991

Zoran Stokić

**RAST ZNANJA**

\*

ISAK NJUTN  
Žozef Luj Lagranž  
Vilijem Rouan Hamilton

---

BEOGRAD

1991

ИСТОРИЈА НАУКА је све присутнија у делу савременог научника као неопходни извор у упознавању одређених резултата научне прошлости. Из ових разлога је Математички институт у Београду покренуо едицију

**ИСТОРИЈА МАТЕМАТИЧКИХ И МЕХАНИЧКИХ НАУКА  
HISTORY OF MATHEMATICAL AND MECHANICAL SCIENCES**

Задатак ове едиције је да научним апаратом историје наука упозна читаоце са резултатима из историје математике и механике.

\*

Ова публикација није периодична.

\*

Рукописе опремљене за штампу слати на адресу: Математички институт, Кнеза Михаила 35, 11001 Београд, пошт. факс 367.

Manuscripts should be addressed to: Matematički institut, Kneza Mihaila 35, 11001 Beograd, p.p. 367, Yugoslavia

**Редакциони одбор серије**

др Душан Адамовић, проф. унив.  
др Марко Лeko, проф. унив.  
др Светозар Милић, проф. унив.  
др Славиша Прешић, проф. унив.  
др Драган Трифуновић, проф. унив., главни уредник

**Editorial Board**

Prof. Dušan Adamović  
Prof. Marko Leko  
Prof. Svetozar Milić  
Prof. Slaviša Prešić  
Prof. Dragan Trifunović, managing editor

Издаје: Математички институт: Кнеза Михаила 35, 11001 Београд, п.п. 367

KNJIGA 5 (1991)

MATHEMATICAL INSTITUTE

---

**History of Mathematical and Mechanical Sciences**

Book 5

---

**Zoran Stokić**

**THE GROWTH OF KNOWLEDGE**

\*

**ISAAC NEWTON**  
**Joseph Louis Lagrange**  
**William Rowan Hamilton**

---

BELGRADE

1991

MATEMATIČKI INSTITUT

---

Istorija matematičkih i mehaničkih nauka

Knjiga 5

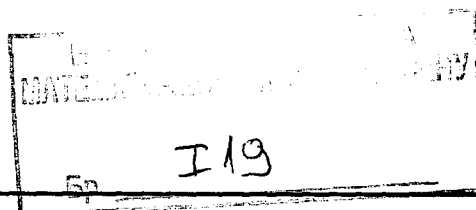
---

Zoran Stokić

# RAST ZNANJA

\*

ISAK NJUTN  
Žozef Luj Lagranž  
Vilijem Rouan Hamilton



---

BEOGRAD

1991

**Recenzenti:**

dr Marko Leko, redovni profesor Matematičkog fakulteta PMF u Beogradu  
dr Slaviša Prešić, redovni profesor Matematičkog fakulteta PMF u Beogradu  
dr Jovan Kečkić, redovni profesor Farmaceutskog fakulteta u Beogradu

**Urednik:**

dr Dragan Trifunović, redovni profesor Šumarskog fakulteta u Beogradu

Na 147. sednici Naučnog veća Matematičkog Instituta doneta je odluka da se ova knjiga objavi u seriji "*Istorija matematičkih i mehaničkih nauka*".

**Tiraž: 300**

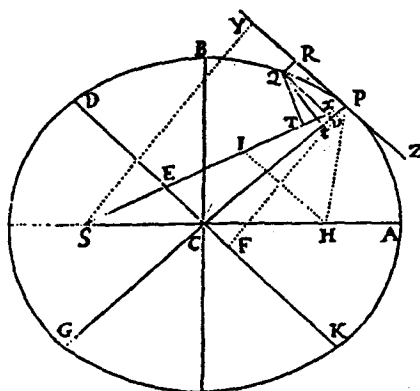
## SADRŽAJ

UVOD . . . . .	9
RAST ZNANJA I NJUTNOVI PRINCIPI . . . . .	13
LAGRANŽ – PRINCIP NAJMANJEG DEJSTVA . . . . .	77
VILIJEM ROUAN HAMILTON . . . . .	88
LITERATURA . . . . .	97
SUMMARY . . . . .	103



*"Nijedna teorija nije bila zaista tako uspešna kao Njutnova teorija koja je dala mnoštvo predviđanja koja su kasnije bila potvrđena. Čak se u izvesnom smislu može reći da je Njutnova teorija bila najveći događaj u ljudskoj duhovnoj istoriji."*

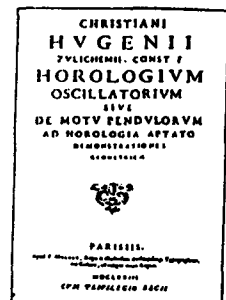
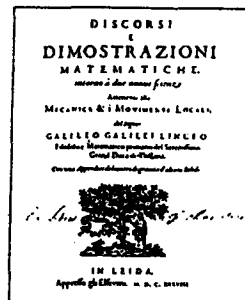
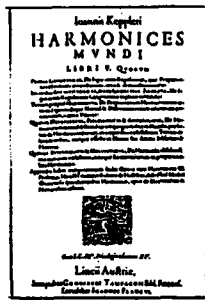
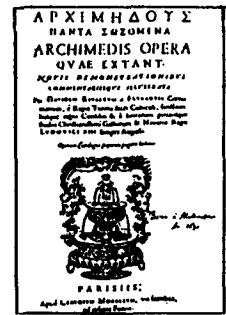
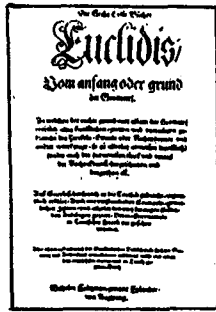
Karl R. Popper



Milošu Djurdjeviću  
s poštovanjem i zahvalnošću

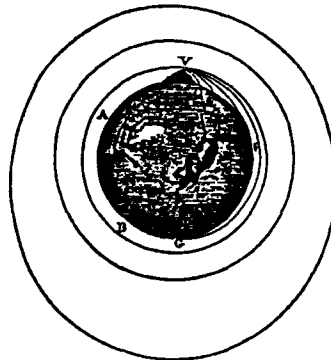
---

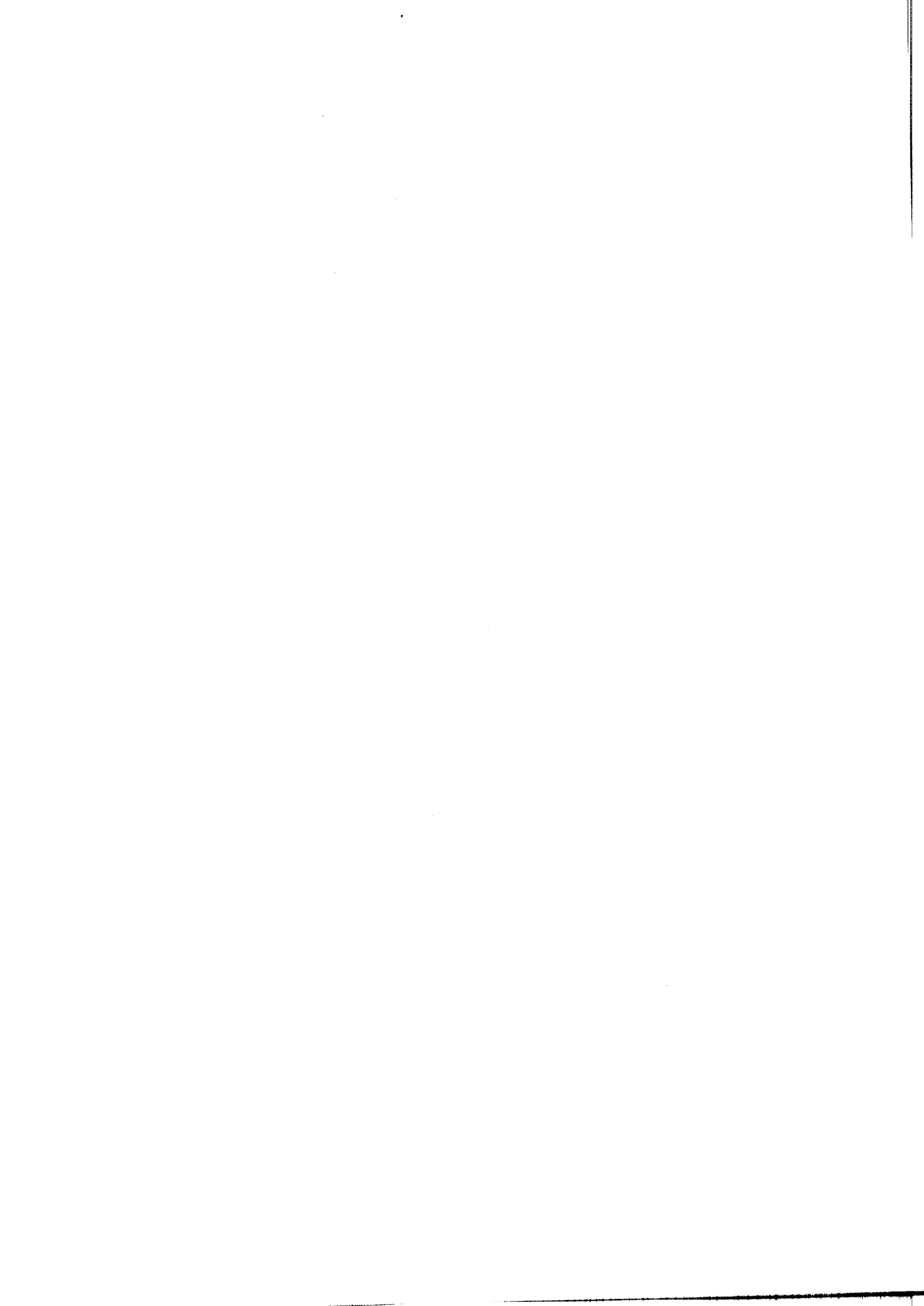
\*K. R. Popper, F. Kreuzer, "OFFENE GESELLSCHAFT – OFFENES UNIVERSUM",  
München – Zürich, 1986.



"Mašta je najnaučnija od svih čovekovih sposobnosti, jer jedino ona može shvatiti sveopštu srodnost pojava."

Bodler





## UVOD

Sadržaj ovih eseja, generalno posmatrano, vezan je za neke probleme istorije, nauke i filozofije, tačnije, vezan je za nastanak i razvoj aksiomatskih teorija fizike i matematike. Većina događaja i pojmova koji se ovde pominju prolaze i prelamaju se kroz kaleidoskop Njutnovog života i njegove racionalne mehanike; i svi se oni prate hronološki, sa manjim digresijama tamo gde je to bilo neophodno.

Centralni esej – "Rast znanja i Njutnovi principi" – nastao je iz prigodnog referata koji je autor saopštavao 5. juna 1987. god. na Prirodnomatemičkom fakultetu u Beogradu na Seminaru iz analitičke mehanike, a povodom obeležavanja tristogodišnjice objavljivanja Njutnovog kapitalnog dela, "Matematičkih principa prirodne filozofije".

Čemu i kome je upućen ovaj esej? I zar o ovoj temi sve značajno nije već rečeno? Ovaj esej namenjen je i onima koji se prvi put susreću sa Njutnovom racionalnom mehanikom, ali i onima – što može zvučati paradoksalno – koji smatraju da su tu mehaniku u potpunosti razumeli. Zapravo, ovo je poziv na ponovno čitanje "Principa", te kritičko preispitivanje naših već okoštalih vizija koje imamo o toj problematici. Ovi eseji nastoje da doprinesu boljem razumevanju osnovnih premisa nauke.

Postanak homo sapiensa obično se vezuje za razvoj govora, a nastanak civilizacije za pronalazak pisma. Prvi sistemi pisanja mogu biti uzeti za granicu između predistorije i istorije čovečanstva. Za prve civilizacije pojavni svet je bio "ti", reč je evocirala stvar, a govor je bio lični, nije bilo jasne razlike između subjekta i objekta, pisalo se "ovo je ono". Ali stvarnost nije samo praksa već je i teorija, zato mitološku fazu jezika smenjuje metafizička. "Prizor dana i noći, meseca i smene godina, stvorili su broj i dali nam pojam o vremenu; i moć da istražujemo prirodu vasione; i iz tog izvora mi smo izgradili filozofiju od koje veće dobro nikad bogovi nisu dali niti će ikad dati smrtnom čoveku."<sup>1)</sup> Logos postaje zakon svemira i prvi princip ljudskog saznanja. Kada je skepsa ozbiljno uzdrmla moć analitičkog objašnjavanja, zapadni je čovek, siromašnog duha, kakvog je bio, zadovoljenje svojih psiholoških želja našao u paradoksalnoj hipotezi o hrišćanskom Bogu. Bezlični je Bog stvorio je čoveka po svojoj slici?!

---

<sup>1)</sup>Plato, TIMAEUS..., London, 1966

Mišljenje je u "Božijoj državi" zamenjeno verovanjem, sumnja je postala greh. Sa renesansom je oživela Platonova dramska slika sveta, a sa reformacijom je razvijena dogma o bogougodnosti rada; to je sve zajedno vodilo ponovnom budjenju razuma. Probudjeni je razum počeo pokazivati svoje apsolutističke pretenzije: počeo se razvijati mit o tome kako "pred razumom nema tajni". Krajem XVI i u XVII veku činilo se da Biblija i Aristotelova filozofija nisu na visini savremene civilizacije. Zapad je vadio za novom tehnikom koja je trebalo da obezbedi poštovanje ljudske individualnosti. Izlaz se video u ideji po kojoj će "razum zagospodariti prirodom". Tako su u "veku metode" stvari počele evocirati reči. Reforma teorije saznanja trebalo je da podari razumu novu metodu – putokaz – za neograničeno sticanje novih znanja. Bekon, Dekart, Spinoza i Njutn nudili su više od drugih.

Bekonov empirizam vidi "obnovu nauke" u "novoj indukciji". Po njemu, "silogizam se sastoji od sudova, sudovi od reči, a reči su znaci pojmova. Ako su, dakle, sami pojmovi (ono što je osnova stvari) pobrkani i na prečac izvedeni iz stvari, onda nema nikakve čvrstine ni u onome što je na tome sagradjeno. I tako je jedina nada u pravoj indukciji."

Dekartov logički i epistemološki racionalizam nudi dualizam, koji će pomoći mišljenju da se zaodene plaštom matematičke jasnoće. Nadovezujući se na ideju o univerzalnoj matematici – kakvu su imali Lul, Agripa – Dekart konstatuje da "upravo matematika osposobljava duh da sazna istinu, zbog toga što se u njoj nalaze stroga rasudjivanja kakvih nema više nige. Prema tome, kada čovek jedanput navike svoj duh na matematičko rasudjivanje, učiniće se sposobnim i za istraživanje drugih istina, pošto svuda postoji jedan te isti način rasudjivanja." Ono što nudi Dekart jeste, znači, redukcija svih problema na probleme matematičkog tipa, gde bi se uz pomoć dedukcije stizalo do krajnjih istina.

Spinozin etički i metafizički racionalizam hteo je još više – želeo je da novi putokaz vodi razum ne samo ka istini, već i ka dobru i blaženstvu. Izgradjujući svoju metodu, Spinoza je zapostavio iskustvo više nego što bi se to moglo dopustiti; zato je i došlo do toga da je njegova metafizika, razvijana pomoću grčke geometrije, stigla samo do čistog panteizma.

Od Bekona Njutn je naučio da se ne može filozofirati bez iskustvene podloge. Eksperimentišući, pak, zapazio je da se sve iskustvene činjenice uvek odnose na pojedinačno i trenutno, uvideo je da je u praksi nemoguće sprovesti Bekonovu indukciju. Puko sakupljanje činjenica i njihovo klasifikovanje nije vodilo novoj nauci. Bez hipoteza, bez modeliranja prirode, mislio je Njutn, ni nauka ne može započeti svoj hod. Deduktivna matematička metoda još je u školskim danima zaokupljala njegov um. Divio se preciznosti matematičkog jezika, ali se nije dao zavesti. On nije sanjao Lajbnicov san po kome će "mišljenje i računanje biti jedno te isto". Nije verovao da se priroda u potpunosti može redukovati na matematičku i logičku analizu. Nije verovao u apsolut – i baš mu je to omogućilo da nadje zlatnu sredinu između onih koji su o prirodi, kao još i Aristotel, hteli da govore prirodnim jezikom i onih koji su, još kao Platon, o njoj hteli da govore jezikom matematike.

Galilej, Kepler, Hajgens – najvećim delom vide prirodu kao skup raznovrsnih opažanja, njih još vodi empirijska indukcija. Tek na mahove kod njih se pojavljuje "čista intuicija" koja im prirodu predstavlja kao skup figura i veličina. Njima kao da je pred očima stalno lebdela Dekartova "mehanička intuicija prirode". – Njutnu nije! Tek je on prevazišao "mimičku" i "analogijsku" fazu gradjenja pojmova. On je u svojim "Principima" dao jednu apstraktnu šemu pravog simboličkog gradjenja pojmova, dao je putokaz kako, u opštim crtama, graditi jednu aksiomatsku teoriju u prirodnim naukama. Taj je putokaz sadržan u trokoraku hipoteza–dedukcija–eksperiment. "Homo analogicus", međutim, ni ovoga puta nije odoleo: umesto da se Njutnom koristi samo kao putokazom u izgradnji novih aksiomatskih teorija, on je otpočeo doslovno da prenosi sve definicije i pojmove Njutnove mehanike u druge teorije u nastajanju. To veštačko prenošenje i kalemljenje pojmova klasične mehanike na teorije fizike, hemije, biologije, kao i društvenih nauka, jeste vrlo poučan primer koji nam pokazuje posledice krajnjeg apsolutizovanja jedne ideje! Laplas je prouzrokovao najveću zabunu u istoriji nauke tražeći da se mehanička definicija stanja sistema doslovno prenese i u sve ostale teorije. To je sve vodilo nesrećnom izjednačavanju "determinizma" sa "mehanicizmom". Danas, kada živimo u vremenu beskonačnog umnožavanja reči kojima uspevamo uvek iznova da "prefinjeno" nijansiramo značenje iskaza, Laplasov je demon potpuno natkrilio Njutnove originalne misli, date u "Principima".

Pored Laplasovog demona, ozbiljne prepreke na putu ka Njutnu i njegovom naučnom metodu predstavljaju još i samouverena filozofska promišljanja Hegela i Engelsa, kao i slobodni prevodi Endrua Mota (i gospodje di Šatle). Hegel i Engels nisu čitali "Principe", pa nisu ni mogli biti u prilici da se izvorno upoznaju sa Njutnovom teorijom saznanja. Zato im se i desilo to nasilno smeštanje Njutna isključivo u okvire engleske empirističke škole. Mot, pak, nije "Principe" samo prevodio, već ih je, kako primećuje Koare, i "tumačio" – zato mu se i desio peh da "Hypotheses non fingo" preinači u kičeno "Ja ne izmišljam hipoteze". Tako su Njutnove reči iz opšteg pogovora (Sholium generale), iz drugog izdanja "Principa" (1713 g.), postale fatalne za sve površne tumače Njutnove naučne metode.

Pored uklanjanja pomenutih prepreka, moj je zadatak ovde još i da pokažem da nije Njutn onaj koji je prirodu svodio na jednostavnost kojom upravljaju apsolutni zakoni kao što je njegov zakon gravitacije. Zatim da pokažem da Njutnovi aksiomi ne govore o onom što se stvarno događa, te da njegovi principi nisu sami posebi logički evidentni, niti izražavaju prirodnu logičku nužnost. Ako se bez predrasuda vratimo tri stotine godina unazad, otkrićemo da je Njutn uočio kako jezik mita, religije, alhemije, matematike... počiva na hipotezama koje su slobodne tvorevine ljudskog uma, koje se ne mogu a priori opravdati ni principima ljudskog duha, niti na bilo koji drugi način. S druge strane, lucidno je zapazio da ljudsko mišljenje stvara i koristi simbole – "veštačke pojmove" – koji, iako ne odražavaju tačno objektivni svet, ipak omogućuju našem mišljenju da svet tumači, organizuje, povezuje prema našem – ljudskom – iskustvu. Zato je i zamislio i sproveo drugačija merija istine. Beskrajne metafizičke rasprave o apsolutnoj istini

on je zamenio relativnim istinama vezanim za broj i meru.

Ali Njutn nije apsolutizovao broj, on nije verovao da se pod njegovu vlast može svesti sav svet prirodnih pojava. On nije verovao da će simboli matematičko-fizičkog jezika nadmašiti simboliku prirodnog jezika. Simboli prirodnog jezika, kao i simboli prastarih mitova, nisu za njega ni jednostavni ni primitivni, već, naprotiv, oni su složeni i – neoperativni, jer pretenduju na sveobuhvatnost.

Nova teorijska matematička fizika mora početi zahtevom za jednostavnošću. A da bi se to moglo, prirodni se fenomeni moraju posmatrati kroz idealizovane naočare. Sve su klasifikacije niz idealizacija. Nauka uz pomoć svojih strukturnih zakona može govoriti samo o relativnim odnosima, a ne o apsolutu. Nauka Njutnu predstavlja proučavanje odnosa i tipova odnosa – i to je sve. Priroda za nas, mislio je Njutn, nikada nije samo stvar, već je uvek i isključivo – sistem odnosa. Račun fluksija bio mu je samo pomoćno orudje kojim je želeo da posmatra i opisuje te odnose.



## RAST ZNANJA I NJUTNOVI PRINCIPI

*"Stvari svoje postojanje i svoju prirodu zahvaljuju  
medjusobnoj zavisnosti i same po sebi nisu ništa."*

*Nagardjuna*

U poredjenju sa Firencom i Padovom, na čijim je dvorovima, krajem XV veka, renesansa već bila u zenitu, na engleskom dvoru ona je tek počela cvetati. Ali u Šekspirovo vreme, zahvaljujući delovanju "gramatičkih škola" (jednu takvu školu – besplatnu – osnovao je, Nikolas Bekon, otac Fransisov), svet klasične starine i Biblije prešao je iz dvorskih odaja, preko narodnih balada i pozorišta, na ulice, među narod. I tako, dok su drugi narodi u Evropi sami sebe gurali u ponor boreći se u ime religije, Henri VIII započinje sa antiklerikalnom revolucijom, u kojoj najpre oduzima crkvene posede, tražeći nezavisnost anglikanske crkve od Rima; nova engleska crkva idealizovala je rad i isticala bogougodnost poslovnog života. A i plemstvo polako opada: cveta novi sloj vlastele, čiji su najmladji sinovi obično bili dobri trgovci, zanatlije i pravnici. I kao kruna svega, u XVI veku je engleski seljak oslobođen kmetskog položaja. Počinje faza farmerstva i sitnog zemljoposedništva. U Engleskoj toga doba odvijaju se, uopšte uzev, neobični društveni procesi: dok, s jedne strane, kraljeva vlast biva obuzdavana, dotle sami kraljevi, s druge strane, podižu zadužbine koje treba još više da razviju tu demokratiju! Tako Henri VIII daje da se u Kembridžu podigne čuveni Triniti-koledž. Nekoliko decenija kasnije došlo je do ujedinjenja Engleske i Škotske, što je prilično usporilo privredni rast Engleske. Sloboda koju pokazuju Englezi izaziva silnu zavist u ostalim narodima. Samo zahvaljujući svom geografskom položaju oni su izbegli religijsku klanicu. Ali, ako su izbegli religijsku klanicu, oni nisu mogli izbeći parlamentarnu i puritansku revoluciju koja je klijala pod naslagama naizgled stabilnog društva.

Njutn se rodio u veku velikog prevrata, koji se vršio u etapama: prvi sukobi su počeli sa samim početkom veka, a vrhunac krize ispoljio se, njegovom sredinom, građanskim ratom; ishod je bila slavna revolucija iz 1688. godine, koja je od Engleske stvorila buržoasku monarhiju, u kojoj kralju uglavnom pripada čast, a parlamentu vlast. U samom parlamentu, inače jedinstvenom, postojala je stalna protivurečnost između dve partije: vigovaca, čiji su preci uglavnom republikanci, i torijevaca, koji su se, kao nekada rojalisti, zalagali za



stari način života poljoprivredne Engleske. Te borbe su, međutim, uvek ostajale u parlamentarnim okvirima, s tim što su za Njutnova života češću prevlast imali vigojci, stalno ističući ispred svega praktični engleski um, koji treba da nove naučne metode primeni u poljoprivredi, moreplovstvu, medicini, tehnici, a koji će kroz stotinak godina odvesti Englesku u prvu industrijsku revoluciju.

I kao što to obično biva, nove su građanske slobode dovele do oslobadjanja nagomilane ljudske energije. Doba restauracije podarilo je Engleskoj genijalne ljude kao što su Milton, Persl, Ren, Drajden, Lok, Bojl, Huk, Halej, — ali sve je njih nadmašio Njutn, čija je slava prevazišla sve nacionalne granice i čija je knjiga "Matematički principi prirodne filozofije" trajno promenila čovekov pogled na univerzum i njegovo mesto u njemu. Rodio se sto godina posle Kopernika, na prvi dan Božića, 25. decembra 1642. godine (4. januara 1643. po gregorijanskom kalendaru). Prevrneno rođen, požurio, valjda, da svetu nadoknadi odmah gubitak — upravo umrlog — jednog Monteverdija, ili Galileja.

Svet je ugledao u jednoj farmerskoj kući u Ulzdorpu, u kući koju je Njutnov deda sagradio za svog sina Isaka i snaju Anu Ejskou. Isak-otac već je tri meseca bio mrtav kada se rodio Isak-sin. U tom novom životu naizgled nije bilo nikakve logike ni harmonije, sve se bilo zaverilo protiv novorodjenčeta. Ali, ljudske sudbine su u "božijim" rukama — i baš su toj sićušnoj, anemičnoj bebi dodeljene beskrajne mogućnosti. Ali, ko je to mogao znati tih zimskih dana s kraja 1642, kada je još bezimena beba izgledala tako beznadežno, da su rođjaci čak i Bogu prestali za nju da se mole? Jednostavno, izgledalo im je da se za nju više ništa ne može učiniti, pa su je odneli i ostavili na crkveni oltar. I čudo, u koje više ni gospodja Ana nije verovala, dogodilo se: smrt se nedokučivim božanskim činom preobratiła u ozdravljenje.

Isaka seniora susedi su se sećali kao divljeg, čudnog i prekog čoveka. Udovica Ana bila je više praktična i štedljiva domaćica, nego što bi se moglo reći da je bila dobra majka. Za sinov život u razvoju ona je više formalno osećala brigu, nego što se zaista brinula. Ništa više od pukog održanja. Mislim da u tome treba tražiti korene Njutnove indiferentnosti prema uobičajenim vrednostima života. Pošto je Ana bila dosta skućena osoba, suviše racionalna i hladna, ona nikako nije svom detetu mogla usaditi i ljubav prema životu. I evo, već kada je imao tri godine, majka ga ponovo napušta. Posle njene preudaje, narednih osam godina se o njemu brine baba. Mali Isak bi najradije sedeo u bakinom krilu pored prozora, neprestano pokušavajući da uoči zvonik, a zatim i crkvu u susednoj župi, Nort Vithemu, u koju se preselila njegova mati, sada gospodja Smit. Život mu je počeo kao izdaja, zar je onda čudno što je još od detinjstva naginjao samoći, odvajajući se od svojih vršnjaka? Niko ga nije naučio čak ni da se bori za svoje elementarne egzistencijalne potrebe.

Pa ipak, i njegovo je detinjstvo obilovalo igrama — samo ne mahnitim trčanjem i skakanjem, već smirenim igrama koje je većma sam izmišljao. Bilo je to pre delanje nego razmišljanje, stalni, neumorni rad rukama, stalna koordinacija pokreta sa vidom, sluhom i mirisom, čiji bi krajnji proizvod bila kakva nova

igračka kojom je želeo da pridobije nečiju ljubav, a ponekad baš da izazove i sasvim suprotno osećanje.

Kad je Ajnštajnu bilo pet godina, otac mu je kupio džepni kompas, a kada je malo kasnije pošao u školu, njegova je majka govorila: "Možda će jednog dana biti slavan profesor." Potom su mu kupovali šarene knjige za popularizaciju nauke, a nisu nedostajali ni privatni časovi iz raznoraznih disciplina. Njutnova je majka, pak, zamislila da bi za nju i njenog sina najbolje bilo da on, kao i njegov otac, bude farmer. I u tom ga je duhu i vaspitavala.

Njutn nije bio mažen u detinjstvu. Ajnštajnu se svaka želja morala ispuniti, Njutnu nije imao ko da ugadja. Posle bakinih priča, raj će postati važno mesto za Njutna, jer je, po njima, tamo otišao njegov otac, čovek čiji lik on sebi nikako nije mogao predočiti. A više od samog raja, čitava religija je počela zaokupljati njegova osećanja. Odvojenost, dakako, izaziva teskobu od koje svako ljudsko biće beži instinktivno. Majčinu ljubav nije mogao zadobiti, oca se nije ni mogao sećati, baka je bila stara, religiozna žena, ni ona osobito nežna. Za majčinu ljubav se morao boriti sa očuhom, sveštenikom; ako tome dodamo i ujaka, inače jedinu svetlu tačku njegova detinjstva, takodje sveštenika, bivšeg studenta Kembridža, stvorili su se idealni uslovi da od mladoga Isaka nastane ne promućurni sitni farmer, ili sitni zemljoposjednik, već fanatični sveštenik. Osnovnu školu Njutn pohađja u obližnjem Skilingtonu. Časovima veronauke on je prisustvovao sa priličnim uživanjem, što se ne bi moglo reći za ostale discipline. Kako je izostala pažnja i ljubav okoline, Njutnov nesvesni izbor svom težinom je pao na božiju blagodat i sveti duh. "Ako je bog otac, on bi me mogao voleti kao svoga sina", mora da je mislio mali Isak. Možda je baš tada čuo za one misli Nikole Kuzanskog da je "božija ljubav sveopšta, da prožima celu prirodu, pa stoga i svaki komadić magterije. Te da ljubav božija ne samo što svaki delić materije privlači bogu, već i svaki delić stvari mora privlačiti i svaki drugi delić." Njutnov razum, osećanja i volju počeli su ozbiljno zaokupljati religiozni elementi, pre svega elementi dogme, kulta i morala (sama verska zajednica – crkva – nije ga privukla, verovatno zato što nju sačinjavaju, ipak, ljudi, pred kojima se on, inače, zatvarao). Racionalno i iracionalno trajno su se, u nekom tajnom odnosu, uselili u njegov um. Zato ni ne trava da nas čudi što je Njutn smatrao da je čoveku nedostupna večna istina...

Škola je onda, baš kao i danas, tražila od djaka da mehanički uče gradivo koje im se predaje, a težište rada se usmeravalo na poslušnost i disciplinu. Batine su se smatrale najboljim načinom ulivanja znanja i održavanja discipline. Njutnu je svaka grubost bila strana, bio je solidan i poslušan djak, ali ništa više od toga – ne vidimo kod njega nikakvih nagoveštaja vunderkinda.

Onda kada zataje roditelji, obično se nadje neki rođjak – stariji brat, ujak, ili stric, čiji postupci i stavovi budu utkani u dečiji život. Kod Leonarda da Vinčija to je stric Marko, mislilac i dokoličar, koji svoju vlastitu teoriju prirode, zasnovanu na posmatranju, ispitivanju i proveravanju, praktično i zabavno predočava sinovcu. To je, svakako, bilo osobito prijateljstvo, kakvo Njutn nije nikada imao; doduše, tu je ujak Viljem Ejskou, čija će reč u dva navrata potpuno skretati Njutnov

životni put na sasvim druge koloseke od onih kojima se do tada kretao. Prvi put bilo je to kada je savetovao sestru (ponovo udovicu) da Isaka pošalju u Grenthem, u "Kraljevu školu". I evo, Njutn je ponovo razdvojen od majke. Kuću u Ulzdorpu zamenio je sobom u kući apotekara Klarka. U to vreme, cilj takvih škola bio je da mladim ljudima dadu opšte obrazovanje, koje je pre svega počivalo na poznavanju stare grčke i rimske kulture, pa se zato najviše vremena posvećivalo učenju latinskog i grčkog jezika. Ta su predavanja bila teška, od djaka se doslovno tražilo poznavanje svakog gramatičkog pravila. Učenje gramatika tih jezika smatralo se prekom potrebom vežbe mišljenja. Njutn je, za razliku od, na primer, Ajnštajna, vrlo lako savladavao gramatička pravila, te je tako stekao sve osnove za odlično poznavanje tih jezika.

Dakako da je Njutn najviše voleo samoću; tada bi se prepuštao ne toliko učenju, koliko sopstvenim kreacijama. Bio je dobar crtač i modelar. Modelirao je predmete od drveta, vetrenjaču koju je video u susedstvu, drvena kolica, delove nameštaja, vodeni sat... Soba mu je bila prepuna njegovih crteža ljudi, životinja, geometrijskih figura. Na crtežima su bili motivi većinom preuzeti sa poznatih slika, ali je bilo i originalnih kompozicija. Ako prelistavamo Njutnove sveske iz doba boravka u Grenthemu, lako ćemo uočiti da je već tada pokazao osobit talenat za sistematizaciju znanja. U njima možemo naći pravila za crtanje, medicinske i hemijske recepte (recept za mešanje boja, na primer) i, kao vrhunac svega, naići ćemo na rečnik od 42 stranice, gde su reči grupisane po odeljcima: čovek, ptice, biljke...

Ali, izgleda da bi sve ono što se odvijalo i tajanstveno povezivalo u toj dečijoj glavi palo u vodu, da se nije zbila jedna slučajnost. Samo oprezno — to nije kvantna slučajnost (jer, po novim fizičarima, sve su slučajnosti baš kvantne)! Jednoga dana, jedan od boljih učenika u školi, iz čiste obesti, udario je Isaka tako žestoko, da je ovaj, uz veliki fizički bol, trenutno osetio i ogroman strah. Evo Njutna u samoj singularnoj tački! Sve što je do malopre on smatrao trajnim, čvrstim, nepromenljivim, doživelo je potpuni krah. Shvatio je da se u ljudskim glavama kriju neslućene pukotine koje zjape između nagona i duha i koje se ne mogu kontrolisati. Od tih nepredvidivih aktova niko nas ne može zaštititi. Svako sam za sebe mora trenutno doneti odluku, odluku za skok, za akciju. Njutn je izgrednika izazvao na "dvoboj". Od pasivnog, povučenog, nežnog dečaka, preobrtiće se u trenu u pravog napadača, hrabrog borca, koji se pošteno bori za svoju čast. Njutn se u poznim godinama rado sećao ove epizode iz svoje mladosti. Danas ne znamo sa sigurnošću kako se ovaj "dvoboj" završio, jer posedujemo samo Njutnovo sećanje po kome je on, navodno, ne samo dobro pretukao protivnika, već mu je, u znak sramote, i natrljao kukavički nos o crkveni zid. Da li je bilo baš tako? Možda je Njutn samo voleo da je bilo tako? Ja ozbiljno sumnjam u verodostojnost ovog njegovog prisećanja. Jer, ono što je usledilo kao da sve to demantuje. A usledila je njegova transformacija od prosečnog djaka u najboljeg u odeljenju. Taj slučajni događaj, znači, probudio je u njemu volju za samodokazivanjem. Bez toga, teško da bi ujak Viljem ponovo intervenisao kod svoje sestre — ovoga puta sa molbom da Isaka upute na studije i Kembridž.

Gospodja Ana nije se odmah odlučila. Posle završene škole, Njutn je počeo raditi na imanju, gde se, međutim, danima ponavljala ista slika: umesto na polju, majka bi ga zaticala u hladu kako zdušno čita nekakve knjige. "Knjige, samo knjige", užasavala se ona. No, kako se, pored njenog brata, i upravitelj škole počeo interesovati da li su Njutna poslali na studije, ona se ipak pomirila sa sudbinom koja ih je, tako, ponovo razdvajala.

Da bismo pokazali da je Njutn imao sreću što je mogao biti student upravo na Kembridžu, tj. na engleskom univerzitetu, potražićemo najpre same korene prvih novoevropskih univerziteta.

Kada je u Rimu sam lični život počeo da biva jedina opsesija, sumrak se nadvio nad imperijom. Bilo je to doba i velikih seoba naroda, onih previranja, čiji je krajnji ishod bio konačan uspeh varvarskih kraljeva da puste korene na ruševinama starog Rimskog carstva. Rimsko carstvo je palo, ali je rimska crkva nastavila da živi. Sveštena lica su pomagala, sada, varvarskim vladarima da se izdignu iznad drugih svetovnih lica, a za uzvrat crkva je u svoje vlasništvo dobijala sve veće posede. Pokrštaivanjem i pokušajima preobraćanja nije se širila samo vera, već i svetovna vlast. U toj nesvakidašnjoj sprezi države i crkve stalno se nametalo pitanje čija je moć veća. Bez te neprestane borbe između sakralne i svetovne vlasti teško da se može zamisliti budući razvoj evropske misli.

Između modernoga evropskog duha i antike stoje monoteističke religije svetih spisa – judeizam i hrišćanstvo. One su očuvale rimske zakone i helensku kulturu, ali su evropskom čoveku ponudile i potpuno nove misli. Preko njih zapadni je svet dobio dva nova načela: načelo "nesavršenosti" (sloboda – odgovornost) i načelo "linearnog kontinuiranog vremena" (bio je to potpuni prekid cikličnih kosmičkih ritmova drevnih naroda; krug je zamenjen pravom);

Rimske su vlasti progonile hrišćane. Hrišćani su se branili apologijama uperenim protiv mnogobožaca i Jevreja. Tridesetog aprila 311. godine nove ere car Galerije izdaje edikt o toleranciji među religijama. Hrišćani otvaraju mnoge bogoslovske škole i hramove, u Aleksandriji i Antiohiji, na primer. Konstantin, koji ponovo objedinjuje celo Rimsko carstvo, izabrao je da mu se ne u Rimu, već u Vizantu sagradi prestonica, a pri kraju života hrišćanstvo proglašava osnovnom religijom imperije.

Godine 425. Teodosije II daće da se u Carigradu podigne univerzitet po ugledu na atinski. Kolegijum univerziteta sačinjavali su deset grčkih i deset latinskih gramatičara, pet grčkih i tri latinska sofista i retoričara, dva pravnik i jedan filozof. Trebalo je da verske škole i univerziteti obezbede nadmoć hrišćanstvu. Znači, u početku se obrazovanje smatralo važnim zato što je trebalo da očuva grčko-rimsko nasleđe. Ali, baš na univerzitetu jeres je postajala sve veća. Justinijan, koga pamtimo po tome što je dao da se slože i izdaju knjige rimskog prava – "Codex" i "Digesta", bio je nepokolebljivi hrišćanin, pa je stoga zatvorio Atinski univerzitet 529. godine. Senka hrišćanskog krsta potpuno je zaklonila antički duh. Aleksandrijski, Antiohijski, Bejrutski univerzitet prešli su u ruke muslimana. Zadržane su samo niže škole, koje su bile pod krovovima

manastira. U njima su se sada uglavnom samo prepisivali, uz komentare, Biblija, Avgustinova i Boetijeva dela, Justinijanov "Codex".

Svakako da se rastom svetovne vlasti školski sistem ponovo širi. Tako je dodeljivanje društvenog položaja, pre svega u društvenoj birokratiji, bilo striktno vezano za odgovarajuću školsku diplomu, što se održalo i do danas. Crkva je takvim razvojem situacije bila zadovoljna, jer je na taj način (svu nastavu izvodila su sveštena lica) indirektno kontrolisala rast državne moći.

Osnovnu obuku (po ugledu na grčko-rimsku tradiciju) činio je takozvani trivijum (gramatika, dijalektika i retorika), a viši oblik je bio kvadrivijum (muzika, aritmetika, geometrija i astronomija); uz sve to bila je obavezna teologija. Fizika, hemija, istorija, medicina, pravo, kao ni veštine, nisu se tada mogli izučavati. U školama (lat. schola) razvijala se "školska mudrost" (sholastika). Sveštenici su hteli da djacima učine gradivo razumljivije, opipljivije, što ih je odvelo na opasan put racionalnog opravdavanja crkvene dogme. U tome treba tražiti jedan od uzroka ubrzanog samorazaranja hrišćanstva. Ramon Lul je čak tvrdio da može dokazati svaku hrišćansku dogmu pravom matematičkom strogošću.

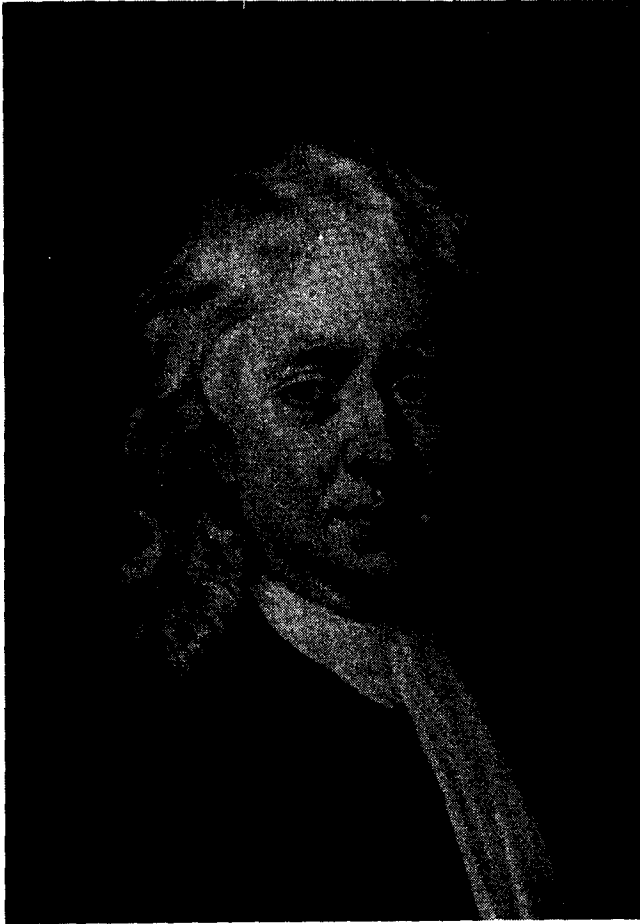
Jedan nepismen car, Karlo Veliki ("otac Evrope"), strastveno se brinuo za prosvetljavanje svojih podanika. Pod njegovim patronatom je reformisana dvorska – Palatinska škola, u kojoj je težište sa viteškog prešlo na intelektualno obučavanje. I ta je škola preteča pariskog univerziteta.

U Engleskoj se početak učenosti može vezati za kenterberijsku školu, tj. za godinu 669, kada je grčki kaludjer Teodor ovamo došao iz Tarsusa. On je ostavio za sobom bogatu biblioteku i više sledbenika: Biskopa, Aldhelma, Beda, Alkuina, od kojih ovaj poslednji, na zahtev Karla Velikog, a uz odobrenje Rima, preuzima upravljanje i započinje veliku reformu Palatinske škole. Postojali su određeni spoljašnji i unutrašnji faktori koji su usloveli formiranje evropskih univerziteta. Novi talas prosvetiteljstva, koji je iznudjivala stvarnost, nije se mogao zaustaviti. Na dvorovima i u gradovima cvetala je jeres. Deo sveštenstva se počeo vezivati za svetovne vladare. Širenjem kulture povećavao se broj pristalica crkvene reforme. "Koliko trgova toliko bogohuljenja", primećuje Petar Komestor, sastavljač prve enciklopedije Biblije oko 1170. godine. Sve je to pogodovalo otvaranju visokih škola, na kojima se kler želeo obračunati sa nekonformističkim vulgarizatorima hrišćanstva. S druge strane, Vizantija je još u IX veku ponovo oživela svoje isoke škole, a islamski centar u Kordobi energično se trudio da proširi svoj uticaj... Vladari svetovni su, pak, u osnivanju visokih škola videli dobru priliku za nametanje svoje hegemonije, pa su ih bogato finansirali, dajući im i zaštitne povelje. Godine 1158. car Fridrih Barbarosa dodelio je tako bolonjskom fakultetu kvenog prava svoju zaštitnu povelju. Zatim takve povelje redom dobijaju Padova, Oksford, Kembridž... Na Pariskom univerzitetu preovladjuje izučavanje filozofije i filozofije; Oksford, pored klasičnog kvadrivijuma, daje mogućnost izučavanja medicine i prava...

Sporo, ali nezaustavljivo, na tim se fakultetima radjala potreba za razvijanjem vere od racionalnih istraživanja, koja je dolazila naročito od strane



*Isak NJUTN 1642–1727*



*Isak NJUTN 1642–1727*

"Ne znam kako ja izgledam drugima; ali sam sebi izgledam kao dečak koji se igra na obali mora ..."

*Is. Newton*

franjevaca (Rodžer Bekon, Duns Skotus, Viljem Okam) i dominikanaca (Albet Veliki i njegov učenik Toma Akvinski). Počela se propagirati ideja da nauka i filozofija ne treba da vršljaju po verskim problemima, ali i obrnuto, da se ni crkva ne treba mešati u nauku i filozofiju; gde razum može da koordinira činjenice, vera je, sa svojom objavom, suvišna. Time je učinjen neophodan korak ka humanizmu i renesansi. Toma Akvinski, na primer, ne padajući u onakve krajnosti kao Ramon Lul, smatra da razum dobija hranu iz iskustva, a nezavisno od toga postoji objava kao zaseban izvor znanja. Znači, izvodi zaključak, postoje dve istine: shvatljive i neshvatljive (neshvatljive ne u smislu *contra rationem*, već u smislu *supra rationem*). Neke su stvari izvan opsega razuma i one se mogu "razumeti" samo pomoću objave. Za njega nema nikakve suprotnosti između razuma i objave (znači između filozofije i teologije), no objavu, ipak, stavlja pre razuma, jer bez nje ne bi bilo ni razumskog mišljenja.

Od osnivanja, pa do kraja XIV veka, Oksford je bio intelektualno središte Engleske. U senci Oksforda, sa manje stega, razvijao se Kembridž, koji će u Njutnovu vreme, zajedno sa Londonom, dosegnuti njegove visine. Sholastika u Oksfordu, kao i na većini evropskih univerziteta, nije bila hrišćanska mudrost, ali još nije bila ni nauka. Bile su to luminiscencije starih patrističkih učenja. U početku zbrkana, sholastika u veri traži uvodjenje logike, a u logici jačanje vere. Pa ipak, svet evropske sholastike nije žalostan i jadan, kako ga mnogi vide i prikazuju. To je poslednja faza civilizovanja varvara, koja je sprovedena gvozdenom upornošću hrišćana. I baš zato sholastičari su tražili istinu iza sebe, u starim knjigama i učenjima, bili su spremni da je nauče. Bez Roskelina, Abelara, Albera Velikog, Tome Akvinskog – ne bi bilo ni Rodžera Bekona, Duns Skotusa, Viljema Okama, a bez njih – teško da bi bilo Djordana Bruna, Dekarta, Fransisa Bekona...

Knjiga Engleza Rodžera Bekona "Opus maius"<sup>2)</sup> verovatno je najznačajnija naučno-filozofska knjiga srednjeg veka, ali ne samo zato što predstavlja sumarni pregled sveg prethodnog znanja, već pre svega zbog njegovih pronicljivih vizija i komentara. On bi se mogao smatrati pretečom Leonarda da Vinčija na tehničkom, a Fransisa Bekona na naučnom planu. U Oksfordu je stekao enciklopedijsko znanje i baš po njemu podseća na stare istočnjačke filozofe. Sa velikom umešnošću pokazuje da deduktivna metoda sholastičke logike nije dovoljna za zaključivanje, te, da bi zaključivanje bilo istinito, imaju se, kaže, "vršiti eksperimenti"; i on ih vrši u medicini, optici... Nije ni malo mario za proteste uglednih profesora Pariskog univerziteta. Doktor mirabilis, Rodžer Bekon, najviše je doprineo da se djaci na engleskim univerzitetima, za razliku od onih na kontinentu, počnu živo baviti eksperimentalnim naukama, premda ga je to stajalo doživotne robije: 1278. godine Jeronim od Askola izveo je tog oksfordskog franjevca pred parisko crkveno veće (Káptol).

<sup>2)</sup>Za nas je u tom "Većem delu" od posebnog značaja sadržaj koji je izložen u njegovom petom odeljku, u kome Rodžer Bekon razmatra strukturu oka i zakone prelamanja i odbijanja svetlosnih zraka, i u kome je težište stavljeno na optičke instrumente koji "mogu učiniti da male stvari izgledaju velike, a daleki predmeti kao da su blizu".



Duns Skotus, franjevac iz Škotske, usudio se još tada da pita: može li materija misliti? Napadajući učenje dominikanca Tome Akvinskog, pokazujući da se besmrtnost duše ne može dokazati, on dokazuje da verovanje nije čin uma, već odluka volje. Tako će ovaj Kant srednjeg veka, posle tolikih jeresi, u trideset četvrtoj godini svoj buntovan život završiti živ zakopan. Ali će njegov silan duh nastaviti da plodi ideje još mnogih pokoljenja.

Viljem iz Okama kod Londona, takodje franjevac i oksfordski djak, pa zatim učitelj, polazi nekoliko koraka napred u odnosu na Dunsu. Kaže da se božija egzistencija ne može utvrditi logičkim dokazima i, dalje, da iskaze o stvarima ne smemo pobrkati sa tvrdnjama o samim rečima. Kruna njegova učenja jeste zapažanje da svaka spoznaja, koja prevazilazi neposredno iskustvo, jeste stvar vere; bog se, znači, ne može spoznati, njegov bitak, dakle, ne proizilazi iz njegovog pojma, egzistencija prvog uzroka se ne može dokazati. Okamov nominalizam ukida svaku dalju sholastiku, opšti su pojmovi puki znakovi nečega, fragmentarni simboli stvari, koji samo pomažu da se lakše snalazimo u svetu koji nas okružuje. Opšte su ideje prisutne, znači, kao puka imena, obični jezički izrazi. Primarno je pojedinačno, ističe Okam, opšte pojmove treba zanemariti.

Sva ta učenja u Oksfordu i oko njega bila su podloga Džonu Viklifu, starosaksonskom plemiću, oksfordskom djaku i profesoru, prevodiocu Biblije na engleski, da baš tu Bibliju proglasi jedinom osnovom za verovanje, a to će značiti odbacivanje papstva — ali ne samo njega, već i monaštva, celibata, obožavanja svetaca, jednog dela sakramenta.

Crkva i kralj 1382. godine narušavaju autonomiju Univerziteta i upadaju u njega da se razračunaju sa "mirskim sveštenstvom", tim više akademskim, nego svetovnim licima, koji su tako dugo uspešno očuvavali tu autonomiju. Nominalizam je uspeo razrušiti stare ideje, ali još nije uspeo skovati nove; sve se počelo tresti iz temelja. Tome su još kumovale i prirodne katastrofe i sušne godine. Kako je opšte počelo bledeti, ostalo je u centru samo ljudsko ja! Svako je počeo razmišljati o tome da postane svoj sopstveni gospodar. Kmetovi su se, bežeći u gradove, počeli oslobadjeti zemlje. Cveta zanatstvo i trgovina. Gradovi se žele osloboditi kneževske uprave. Kneževi se žele osloboditi carske vlasti, a car papske. "Engleski Homer", Čoser, živo opisuje u "Kenterberijskim pričama" to vreme. Sve više mladih ljudi studira, ali ne samo zbog sticanja novih znanja, nego i zbog zabave i novih iskustava. Veći deo dana nisu studenti provodili u školama, već u kafanama i konačištima. Poroka je bilo na pretek i od svake vrste. Zato je iz Pariza potekao predlog da koledž postane akademski dom koji će roditeljima ulivati poverenje u tim nesigurnim vremenima. Nigde kao u Oksfordu i Kembridžu ta ideja nije doživela takvu podršku.

Najstariji koledž u Kembridžu jeste Peterhaus, Koledž svetog Petra, koji datira iz 1284. godine. U Oksfordu je Viljem Vikem dao da se podigne Novi koledž, za stotinak studenata, s novim arhitektonskim rešenjem (četvorougao ni prazan prostor unutar zgrade). Takve će gradjevine preplaviti univerzitete. I Triniti-koledž, podignut 1546, biće gradjen po uzoru na Vikemov Novi koledž.

U Njutnovo vreme, zahvaljujući koledžima, na univerzitetu je vladala primerna disciplina i moral. S pojavom koledža pojavila se i institucija tutorstva. Roditelji su privatno sklapali sporazum sa nekim od nastavnika da preuzme ulogu staratelja nad njihovim detetom. Na jednog nastavnika dolazilo je obično po četiri studenta. Naravno, tutorima su bila interesantija deca bogataša. Siromašni studenti su na taj način dovodjeni u neravnopravan položaj prema bogatima. Oni su bili predodređeni za sakralnu službu, dok su imućniji spremni za svetovne karijere. Novac i pedigre otvarali su sva vrata u društvu, pa i fakultetska. A Njutnovi nisu posedovali ni jedno ni drugo.

Nakon sedamnaest godina Kromvelove engleske puritanske republike, nastupiće razdoblje restauracije (1660-1688). Na poziv Parlamenta, Čarls II se 1660. godine ponovo vratio u Englesku iz Holandije, gde je bio u emigraciji. Sa njegovim povratkom praktično se poklapa i konačno postizanje prestiža Engleske nad Holandjanima u duhovnom životu. U to doba (na dan 5. juna 1661. godine po Julijanskom kalendaru) primljen je Njutn u Triniti-koledž kao supsejzer — neka vrsta pomoćnog studenta, koji je pored redovnih studentskih obaveza morao obavljati i razne dodatne poslove za svoga staratelja, uz obavezno posluživanje starijih po rangu za vreme obeda.

Nema sumnje da je provincijsko poreklo Isaka Njutna imalo velikog uticaja na njegov dalji društveni razvoj. On nikada nije postao potpuno gradskim čovekom Kembridža, a ni kasnije Londona. Kembridž je tada bio malo mesto, sa svim prerogativima grada, sa oko deset hiljada žitelja, od kojih je više od dve hiljade bilo vezano za Univerzitet. U vreme Njutnova studiranja gradić je već bio opasan kanalima. Arhitektura je svedočila o narastanju društvene moći — zgrade, iako ne osobite plastičnosti i kolorita, imale su u sebi crta monumentalnosti. Kada je prvi put ušao u kapelu Kraljevog koledža, biće da mu je od njenog izgleda zastao dah. Ne znamo kako je Njutn reagovao na kolektivni život u koledžu, ali znamo da je rektoru predao svoju aristokratsku (!) genealogiju. Polazeći od oca svog pradede, Džona Njutna, tvrdio je da su oni škotskog plemićskog porekla, da se pradeda u vreme vladavine Džemsa I doselio u Englesku, gde je doživeo finansijski krah, te da se zbog toga povukao u Vulzdrp. Nisu mu verovali. Bilo kako mu drago, prvu fazu školovanja, prve dve godine, najviše je proveo izučavajući osnove matematike. Ni to, a ni obavezno prisustovanje crkvenim službama, Njutnu nije predstavljalo tegobu, kao nekima, već je, naprotiv, Bibliju cenio više od ostalih knjiga — mogao je citirati deo koji se god od njega zatraži. On je još tada prešao prag pukog memorisanja. Za njega je religija bila jedan od osnovnih izvora saznanja; iz Biblije je razabirao i to da i hrišćanstvo počiva na skupu hipoteza. Od 1663. godine pokazuje veliko interesovanje za probleme optike. Satima samostalno eksperimentiše, ni trenutka dokolice, stalno je okupiran nekakvim poslom. Tek za praznike obreo bi se sa kolegama u kakvoj kafani, uz piće i karte. Nije učestvovao u sportskim takmičenjima — plivanju, trčanju, nogometu — možda baš zato što se sve to redovno završavalo tučama na obližnjoj livadi. Učešće u kakvoj kočopernoj igri on je zamenjivao razgovorima sa poznavaočima matematike ili Biblije, kakav je, na primer, bio Džon Vilkins.

Pored toga što je bio čuven po svom Univrzitetu, Kembridž je isto tako bio poznat i po velikom septembarskom tronedeljnom sajmu, koji se postavljao na livadama između reke i Ulice Njumarket. Bio je to najveći engleski sajam, na kome su se okupljali trgovci iz raznih evropskih zemalja. U šatorima se krila svakovrsna roba. Njutn je bio redovan posetilac tih sajmova. Na vašaru 1663. godine kupio je, više iz znatiželje, jednu astrološku knjigu. Knjiga je na njega ostavila veliki utisak, iako je nije mogao racionalno pojmiti. U njoj su se sve zemaljske promene svodile na akciju i kretanje nebeskih sfera. Da bi potpuno razumeo astrološke karte neba, morao je samostalno otpočeti sa izučavanjem trigonometrije. Na istom sajmu, desetak dana kasnije, kupuje knjigu iz "trigonometrije". A to ga ponovo vodi Euklidovim elementima, koje je već i po školskom programu izučavao. Ali, kako se ranije služio bibliotečkim primerkom, sada kupuje svoj lični primerak. To je bio u mogućnosti zato što je Isak Barou, koji je baš te 1663. godine postavljen za profesora novosnovane Lukasovske katedre (Henri Lukas zaveštao je bio novac za fondaciju jedne katedre na kojoj bi se najmanje jedan čas nedeljno moglo čuti šta iz geometrije, algebre, astronomije, statike) – jer je Barou, dakle, još 1655. godine u Kembridžu izdao Euklidove elemente u petnest knjiga, sa svojim kometarima, koje je izdanje ponovljeno 1659. u Londonu, te je jedna od tih knjiga stigla, evo, u prave ruke. Taj je Njutnov primerak sačuvan. On nam svedoči i o tome da je mladost uvek puna poleta i energije: u knjizi se mogu videti Njutnovi komentari o toj geometriji, ali tu ima i pesama, i slikarija...

I tako, Kembridž, koji je već dao oba Sesila, oba Bekona (oca i sina), Miliona... – spremao se da da svog najvećeg djaka. Bio je to vrhunac koji je došao ne samo posle pojave Njutnovog genija, već i posle četristogodinje tradicije tog univerziteta (1231. godine kralj Henri III osnovao je u Kembridžu "studium generale" po evropskom uzoru, a papa Jovan XXII potvrdio je to bulom 1318. godine), gde se već tako dugo gomilalo raznorodno znanje iz najrazličitijih disciplina, sačuvano u vanserijskim bibliotekama i spisima vrsnih profesora. Dvojica od tih profesora imaju presudan uticaj na formiranje Njutnove ličnosti. To su već pomenuti Isak Barou i neoplatonista Henri Mur.

Baroua je, pre svega, krasila svestranost i pronicljivost. On nije bio mnogo stariji od Njutna, rođen je 1630. godine, takodje je bio student Kembridža, a od 1649. i njegov profesionalni član. Vrstan poznavalac jezika i kulture Grka, Rimljana i Jevreja, cenjen zbog prevoda i komentara Euklida, Arhimeda i Apolonija. Vatrene teolog, alhemičar, istoričar, matematičar, prirodnjak, orator... koji je zračio spontanošću i savešću, a koji je druge podsticao na delanje svojom lucidnom kritikom. Bio je još i atleta, sportista, neumorni putnik, političar – Njutnov antipod; pa ipak, Njutn je u njemu nepogrešivo prepoznao svoju zvezduvodilju. Barouov autoritet, dakle, nije sledio samo iz njegovog položaja, nego pre svega iz njegove ličnosti. Bio je neobično savestan i oprezan čovek, a to se najbolje može videti u njegovom udžbeniku "Lekcije iz optike". Barou je, primetivši kod Njutna veliki talenat za matematiku, nametnuo da i on, pored vedete Kolinsa, bude recezent njegovog udžbenika. Njegove rasprave sa Njutnom su se odvijale na

ravnopravnom nivou. U pismu Kolinsu on Njutna oslovljava svojim prijateljem. Gde god su se sreli, oni bi dugo i strastveno razmenjivali misli. Ja ne vidim budućeg Njutna bez Barouovog upliva. Od Baroua je Njutn preuzeo i mnoge pojmove i termine. I Barou je koristio "beskonačno mali luk" krive i izračunavao tangente nekih krivih, ali ipak nije došao do granične tačke — do zamisli da izvrši sveopštu generalizaciju, da uvede opšti diferencijalni operator koji će se moći koristiti za bilo koju analitičku funkciju. Njegova unutrašnja skromnost nije mu dozvoljavala da napusti grčke metode u geometrijskom rasudjivanju.

Sam Njutn je, međutim, bio student u pravom smislu te reči, te nije učio samo iz učiteljevih knjiga; zaslugu za takvo njegovo usmeravanje ne pripada samo njemu samom, već isto toliko i učitelju, koji ga upućuje na razne naslove i autore. Profesori u Oksfordu, Kembriđu i Londonu budno su pratili sva duhovna kretanja u Evropi i aktivno se uključivali u njih bilo svojim ličnim doprinosima, bilo preradjivanjem knjiga i ideja drugih autora. Iz njihovih radionica izlazile su knjige u kojima je materijal bio kondezovan do granice osnovnih pojmova. Pojava Njutna u takvoj sredini bila je prirodna, on je došao da dovrši ono što su već drugi započeli, a nisu bili u stanju da u potpunosti obuhvate i sažmu u univerzalne forme, — i da na sve to stavi tačku. Ti vitezovi nauke, koji su se skoro potpuno oteli tutorstvu kraljeva i fratara, marljivo su krčili put ispred nadolazećeg genija.

Bez Valisa, dakle, Gregorija, Mura, Baroua — ne bi verovatno ni taj genije zasijao. Čitajući njihove knjige, on se mogao upoznati sa Vijetovim velikim obrtom, kojim matematičke veličine prvi put postaju simbolima. Matematika je do Vijeta zadržala svoj tradicionalni, grčki način predstavljanja: od slučaja do slučaja trebalo je uvek iznova graditi metodu za rešavanje datog, konkretnog zadatka. Uvodjenjem opšteg broja i opšte algebre, Vijet je otvorio mogućnost stvaranja formula; čak su se i grane geometrije — stereometrija i planimetrija — počele "algebrizovati". A to je sve vodilo Fermaovoj i Dekartovoj analitičkoj (koordinatnoj) geometriji, koje su činile jednu od baza za Njutnov infinitezimalni račun. Već pri prvom kontaktu sa Dekartovim kreacijama osetio je Njutn da ga taj i takav autoritet guši, na marginama njegove "Analitičke geometrije" napisao je: "Ovo nije geometrija." Zato mu je Barou preporučio Fermaovu analitičku geometriju i ukazao mu da posebno obrati pažnju na njegovu čuvenu metodu o tangentama.<sup>3)</sup> Brzo se pokazalo da su Njutnovu umu veoma bliske bile matematičke ideje pravnika i lingviste Fermaa, a tako daleke ideje filozofa, fizičara i metafizičara Dekarta. A to nikako nije bilo slučajno! Dekart, koji je uvek imao velike pretenzije i koji se potajno nadao da će matematičkim putem opisati univerzum, konstruisao je svoju koordinatnu geometriju u dvodimenzionom prostoru, a Ferma — koji takve pretenzije nije imao — gradi svoju koordinatnu geometriju u trodimenzionom prostoru. Tako pronicljivom umu kakav je bio Njutn to nije moglo promaći. Štaviše, on kao da je naslućivao, kao da je znao

<sup>3)</sup>Ferma je 1638. godine konstruisao u analitičkoj notaciji metodu za nalaženje maksimuma i minimuma pomoću malih promena promenljive.

(a pouzdano se zna da nije) za Fermaove prigovore iz 1637, upućene Dekartu na deo "Dioptika" iz tek objavljene knjige "Raspave o metodu", a koji su autoru tako teško pali, da je uzvratio neumetenom replikom. Ali, ko bi mogao poreći da bez takve jedne replike, možda, nikada ne bi bilo ni Fermaova principa najkraćeg vremena, tj. prvog ekstremalnog principa u fizici?

Čitanje tih knjiga silno je zagolicalo Njutnovu maštu, te je on krajem 1664. godine, odmah posle naimenovanja za "redovnog studenta", sebi za rođendan (!) napravio listu zadataka koje će pokušati sam da reši. On započinje analizom kretanja materijalne tačke po polukrugu i poligonalnoj liniji, imajući stalno na umu ono čemu ga je Barou učio — da su geometrijske krive, u stvari, kinematičke krive, jer su date u funkciji parametra vremena. Problem kretanja — kada se prikazuje geometrijski — i jeste u tome da se nadje trajektorija, tj. da se nadje neprekidna funkcija, a u tome će se uspeti, misli Njutn, ako se uzmogne naći nagib tangente u svakoj tački putanje. — U tim razmišljanjima prekida ga događaj od 14. januara 1665. godine, kada je dobio početni akademski stepen, bakalaureus.

No, kako nesreće vole da presreću ljude onda kada se oni tome najmanje nadaju, tako i sada "crna smrt", tj. kuga, ponovo počinje da hara po Engleskoj. Iz Londona ona se u koncentričnim krugovima prenosi na ostale delove zemlje. I premda je ova opaka bolest i inače već tokom tri veka opsedala evropske zemlje, a sama ova poslednja epidemija ni nije bila tako velika u poredjenju sa, na primer, onima iz XIV veka, ona ipak ostavlja duboke tragove u umovima ljudi ovoga doba, jer dolazi posle perioda poletnog razvoja nove civilizacije koja je pretendovala na pružanje velike opšte sigurnosti ljudima. Sve je sada odjednom postalo bljutavo: i hrana i snovi. I šta je preostalo ljudima, nego da ponovo počnu da preispituju svoje grehe i ludosti, da prestravljeno i lakoverno ponovo počnu moliti "božije izaslanike" za oprost? Engleskom je sveštenstvu ova prirodna katastrofa bila poslednja nada da povrate moć, pa su stoga propovedi postale izuzetno sugestivne i zastrašujuće. U svojoj sakralnoj kampanji oni nisu zaboravljali da spomenu kao loš predznak i to što se prethodne godine na engleskom nebu golim okom mogla videti kometa, praćena olujnim danima i noćima. U Triniti-koledžu je 8. avgusta doneta uredba o prekidanju nastave i raspuštanju studenata i nastavnog osoblja. Znajući da će takva odluka biti donesena, Njutn je već nedelju dana ranije napustio Kembridž. Vraćajući se u porodičnu kuću u Vulzdorpu, nije zaboravio da ponese aparaturu za eksperimente, knjige koje je trenutno čitao, kao ni lekovite trave za meleme i eliksire koje je sam spravljao. Veliki strah od ništavila i prolaznosti, koji je bi tako blizu, rešio je Njutn da pobedi svojim kreacijama. Krajem te godine i — najviše — u 1666, dok iznenadna vatra guta drvene londonske gradjevine do temelja, u svom rodnom mestu on nalazi odgovore na sva sebi postavljena pitanja.

Dok Njutn u Vulzdorpu, sav u znoju i ekstazi, cedi iz sebe poslednje atome ljudskog sveznanja, kontroverzni i skoro u svemu nedosledni kralj Čarls II upušta se u završni obračun sa engleskim feudalizmom. Tolerišući bezobzirnu podmitljivost svojih ministara, ne čineći ništa da spreči kovanje raznih zavera i vodjenje raspusnog života na dvoru i oko njega, na drugoj strani on više nego

dosledno sprovodi svoju reformu kojom je obuhvatio teologiju, politiku i nauku, a kojom je omogućio narastanje nacionalne svesti u narodu. Sistemom zakona prvi u Evropi ukida feudalne namete, a moć sveštenstva i visokog plemstva svodi na minimum – i rezultat nije izostao: Engleska je bila prva zemlja koja je izbrisala tradiciju i jezik feudalizma. I tako, dok su se drugi kraljevi okruživali kardinalima i episkopima, Čarls II se okruživao filozofima, naučnicima i trgovcima. Tako je Hobsu, najvećem protivniku sveštenstva, dao ličnu penziju, a njegovu je uramljenu sliku držao u svojoj sobi u Vajtholu. Posle Hobsove smrti, njegovo je ime postalo sinonim za čoveka koji slobodno misli. U cilju reformi, 1663. godine je osnovao "Royal Society" ("Kraljevsko društvo"), kojom prilikom u proglasu kaže da ovu instituciju ustoličuje sa ciljem da se u njoj umnožavaju znanja primenom eksperimentalnih metoda, te da se u njoj naučnici imaju baviti samo prirodnim naukama. Progres nisu zakočile ni velike prirodne nedaće: engleska se nacija pretvorila u jedinstvenu, apsolutnu materiju koja po inerciji ruši pred sobom sve prepreke; njome ipak suvereno vlada Čarls II, ali se i priprema da svoj tron podeli sa vrhovnim magom te nove narastajuće društvene pojave – nauke. A da bi se uzdigao do "svog dela" trona, Isak Njutn – jer, on će biti taj novi mag – od sada će morati sasvim javno da iskazuje raskošna preimućstva svog genija. Čarls je dobro znao da je tiranija preteranost za koju on nije bio sposoban, a da je, s druge strane, apsolutna sloboda čista obmana. Zato je i rešio da ne remeti prirodan tok intelektualnih reformi svoga vremena, čak se sam svesno postavlja kao katalizator tih promena, sve u želji da se što pre u narodu razvije iluzija o tome kako svaki pojedinac može postati tvorac i sopstvenog i društvenog života. U stvaranju tog privida sagledao je on jačanje državne moći. Stara načela crkve i plemstva, koja su tome stajala na putu, valjalo je ukloniti. Na prvi pogled je čudno, ali, ipak je bilo tako: jedan kralj se drznuo da na svom prestolu misli na sasvim nov način i na sasvim novu temu.

Razvijajući, sa svoje strane, jednu staru temu, ali takodje – poput kralja – na sasvim nov način, Njutn je svoje misli o kretanju materijalne tačke, začete u Kembriđu, oživljavao u zimskim večerima u rodnoj kući, sedeći u svojoj prijatnoj sobici, okrenutoj jugu. Imao je ideju da o kretanju materijalnih tačaka govori aksiomatski! Otkuda ju je mogao dobiti? Najpre će biti otuda što je mnogo i zdušno čitao i analizirao Euklidove "Elemente". Vrlo je dobro razumeo ulogu koju je kinematika tela imala u nastanku geometrije. Zato i nije neobično što je pomislio da je geometrija samo grana eksperimentalne kinematike. Mora da je dugo razmišljao o tome zašto je ta Euklidova geometrija tako dragocena. Možda je razmišljao, poput Poenkarea, da nam "iskustvo pokazuje odnose medju telima: to je naša sirova činjenica; ti su odnosi krajnje komplikovani. Umesto da direktno razmatramo odnose tela A i tela B, mi uvodimo izmedju njih posrednika, a to je prostor, i razmatramo tri razna odnosa: odnos tela A s prostornim likom A', odnos tela B s prostornim likom B', odnos dvaju likova A' i B' izmedju sebe. Zašto je taj zaobilazni put tako pogodan? Zato što je odnos izmedju A i B bio komplikovan, a malo se razlikuje od odnosa izmedju A' i B' koji je jednostavan – tako da taj komplikovan odnos može biti zamenjen jednostavnim odnosom izmedju A' i B' i

dvama drugim odnosima koji nam pokazuju da su razlike između A i A', s jedne strane, i između B i B', s druge, veoma male."<sup>4)</sup>

Njutn je morao uočiti da Euklid iskazuje svoje geometrijske zakone u univerzalnom obliku; da on nikad ne raspravlja o svojstvima neke posebne i stvarno postojeće linije ili figure, već da se uvek bavio samo svojstvima koja svaka linija ili figura određene vrste ima; da Euklida ne zanimaju praktična ograničenja, tj. da je on smatrao da se između bilo koje dve tačke u principu može povući jedna prava linija, bez obzira da li mi to stvarno možemo učiniti, kao i da se u principu jedna prava linija uvek može produžavati, tj. — on svoje elemente postavlja u prostor u kome nema apsolutnih prepreka, odnosno granica.

Analizirajući postavljeni problem aksiomatizacije kretanja tela, Njutn je zaključio da mora formulisati strukture koje će karakterisati tela u u svim tačkama njihovog kretanja. Ali, analiza mora da započne od samog pojma kretanja. Aristotel i peripateričari definišu kretanje globalno, kao promenu neke stvari u neku drugu stvar. Dekartovci govore o prostiranju i kretanju. Ni jedno ga polazište ne zadovoljava, jer on uvidja da su promene položaja jedine promene koje čovek može intuitivno da razume (zato što stvari ostaju identične same sebi). Zato prvo želi da razdvoji materiju od prostora; to mu omogućuje da govori o materiji, kretanju i prostoru kao nezavisnim entitetima. Ali opaženo kretanje ne propisuje ni jedan poseban način opisivanja kretanja. Ako bude u stanju da do kraja dosledno izvede svoj način analize kretanja, usvajajući određenu aksiomatiku, bio je svestan da će zanemariti druge logički moguće pristupe — druge aksiomatizacije koje govore o tom istom kretanju. Zaključuje da aksiomi nisu, prema tome, iskazi o onome što se stvarno opaža, već da su to, takoreći, probni odgovori na pitanje koje počinje ne sa "zašto?", već sa "kako?". Ili, preciznije rečeno, aksiomi kretanja nisu teorijski iskazi o odnosima između osobina koje se mogu eksperimentalno odrediti, već iskazi koji implicitno definišu izvestan broj osnovnih pojmova. Njutn je, znači, još 1665. zamislio da kretanje tačke predstavlja njen prelazak iz jednog položaja u prostoru u drugi položaj, u zavisnosti od vremena, tako da svakom trenutku vremena odgovara određen položaj tačke u prostoru.

Međutim, mogućnost određivanja položaja tačke u bilo kom trenutku, sama po sebi, nije dovoljna kao predstava o njenom kretanju. Obogaćivanje predstave o kretanju zahtevalo je uvodjenje novih pojmova. Jedan od takvih pojmova jeste brzina. I pre Njutna su ljudi pokušavali da odgovore na pitanje: za koliko se pomeri tačka između dva izabrana trenutka? Ali, vezujući brzinu za neki konačan put i konačno vreme, bili su daleko od njene matematičke definicije. Njutn je pošao od precizne definicije srednje vrednosti brzine pokretne tačke kao količnika predjenog puta  $f(t + \Delta t) - f(t)$  i intervala vremena  $\Delta t$ . Uočava da ovaj količnik ima lepu i upotrebljivu osobinu da kada interval vremena  $\Delta t$  teži nuli (tj. vremenskom intervalu bez trajanja), on sam (količnik) ima graničnu vrednost.

---

<sup>4)</sup>Henri Poincare, "La valeur de la science", Paris, 1970

Saznanje da se brzina tačke može definisati kao granična vrednost količnika

$$\frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t}$$

(ideja da se brzina veže za tangentu u svakoj tački trajektorije) – jeste centralna tačka Njutnove analitičnosti, prva karika bez koje se ne bi ni mogla zamisliti Njutnova aksiomska mehanika.

Vezivanje pojma brzine za statičke i dinamičke infinitezimalne dovelo je do potrebe konstruisanja pojma izvoda. Taj je operator Njutn odmah primenio na geometrijske zadatke vezane za određivanje poluprečnika krivine trajektorije. Novoiznadjeni operator otvorio mu je mogućnost da precizno izvrši konstruisanje bilo kakve ravanske krive. Najverovatnije da je baš tada zapazio da mu je za analitičku konstrukciju krivih, pored prvog, potreban i drugi izvod, znači promena brzine, odnosno ubrzanje. A to je već i druga karika koja ga vodi zamišljenoj aksiomatizaciji. Tada je skovao i inverznu operaciju – integraciju – koja mu je omogućila da, pošavši od promene brzine (ubrzanja), dodje do jednačina kretanja posmatrane tačke, te da tako pokaže da su, pored jednačina kretanja, brzina i ubrzanje sasvim dovoljni pojmovi da bi se dala jednoznačna kinematska analiza bilo kakvog kretanja geometrijske tačke.

Pojmu integralnog računa približio se još Arhimed, ali ni on se nije mogao odupreti grčkom načinu poimanja, kojem je bilo strano bilo kakvo korišćenje ideje o beskonačnosti. Platon je bio nametnuo stroga "pravila igre" za rešavanje bilo kog zadatka iz geometrije; nametnuo je stav da se rešavanje smatra korektnim samo onda kada je dobijeno pomoću konačnog broja konstrukcija kružnica i pravih linija. Grčka se geometrija zato brzo počela spoticati o tri "nereshiva" problema: dvostrukog uvećanja kocke, trisekcije ugla i kvadrature kruga. U polju koje je odredio Platon ti zadaci su zaista nereshivi. Medjutim, u grčkoj matematici nikada nije u potpunosti vladala Platonova tradicija. O tome nam svedoče radovi Nikomeda (njegovu je konhoidu koristio Njutn pri rešavanju jednačine trećeg stepena), Arhimeda i Diofanta (koga neki istoričari smatraju "ocem algebarskog simbolizma"). Arhimed, koji je u fizici ustao protiv kosmoloških apsoluta, osmelio se da u geometriju ponovo eksplicitno uvede "merenje", broj i vreme (kretanje). U "Merenju kruga" uz pomoć dvostruke metode iscrpljivanja (koristeći mnogougao od 96 strana) odredio je da broj  $\pi$  leži između  $3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7}$ ; u knjizi "O spiralama" konstruiše krive linije pomoću tačaka koje se kreću.

Konačno danas pouzdano znamo da moderna matematika ne vodi poreklo samo iz grčke geometrije, već isto tako i iz kineske, indijske i arapske aritmetike. Kada su od XII veka Evropu počela zasipati znanja Istoka, došla je i algebra u obliku niza pravila za računanje konkretnih zadataka. Jedno takvo pravilo – binomna formula sa pozitivnim celim stepenima, koja se sasvim pogrešno pripisuje Paskalu – u Evropi se prvi put pojavljuje na naslovnoj strani Apijanove algebre (1527.god.); preko muslimanskih izvora, stigla je ona do Apijana iz Kine, iz Čzuczeove matematičke enciklopedije (1303. god.).



Bez takvih dragulja istočnjačke mudrosti ne može se ni zamisliti velika zapadna matematička revolucija, koja je započela sa Lukom Pačolijem, Kardanom i Vijetom, a koju su nastavili Ferma i Dekart. Uvodjenjem koordinata pošlo im je za rukom da uspostave vezu između dve promenljive veličine, znači da uvedu (primitivni) pojam funkcije (samo ime "funkcija" potiče od Lajbnica, iz 1673. god.), tako da su vrata matematičke analize bila otvorena Robervalu, Valisu, Gregoriju, Barouu – da za razne pojedinačne funkcije konstruišu metode za iznalaženje njihovih tangenti, prevojnih i ekstremalnih tačaka, za izračunavanje njihovih dužina između zadatih tačaka i površina zahvaćenih njima, ali sa jednom velikom manom: za svaku krivu ponaosob konstruisan je poseban metod za rešavanje. Njutn je prvi u istoriji čovečanstva jednim ingenioznim načinom rasudjivanja uspeo da izvrši sintezu, da nadje esenciju tih raznorodnih postupaka, te da tako stvori opštu metodu za ono što danas nazivamo integro-diferencijalni račun (naziv opet dugujemo Lajbnicu, čija je najveća vrlina i bila, čini se, samo to imenovanje). Tako ponovo ono što je kod drugih bila samo intuitivna ideja o graničnoj vrednosti, ali što zbog metafizičkih misterija oko racionalnih i iracionalnih brojeva nije moglo da postane simbolička operacija, kod Njutna konačno dobija svoje pravo mesto.

Naravno da je glavna stepenica koja je Njutna uzdigla do diferencijalnog računa bilo njegovo otkriće binomnog obrasca (stepeni su pozitivni i negativni racionalni brojevi). Englezi su se i tu potrudili da mu trasiraju put. Džon Valis u svom najpoznatijem matematičkom radu "Arithmetica Infinitorum", koju je Hobs nazvao knjigom u kojoj vlada "poplava simbola", uspeo je da uvede beskonačnost na pravi način, te da tako pripremi Njutnu sve što je bilo neophodno za njegovu veliku sintezu, započetu binomnim obrascem i shvatanjem granice kao procesa. (Interesanto je da Njutnovi nazivi simbola – "fluksija" i "fluenta" – potiču od reči "teći", te tako svedoče o njegovu duhu, koji je i matematiku podredjivao procesu sintetičkog ispitivanja prirode.) Kasnije, kada bude pisao svoju čisto matematičku knjigu "Arithmetica Universalis", i u njoj će primeri, kojima se tumače osnovni algoritmi, biti zadaci fizike, kao, na primer, ovaj: "kamen pada u bunar; odrediti dubinu bunara prema zvuku koji nastaje kad kamen padne na dno". I tako, čovek koji je najveštije baratao promenljivama, funkcijama i graničnim vrednostima, nije pokazao neki naročit interes da sprovede aksiomatiku u matematička proučavanja van geometrije i za njega je matematika imala da ostane skup relativno nepovezanih zakona i pravila računanja. Aksiomatizacija koja bi se odnosila na jedan segment prirode – to je za Njutna ono čemu stalno treba težiti.

I sada, kada je bio u stanju da na krajnje precizan način prati kinematske karakteristike tela, mogao se upustiti u razmatranje "uzroka" kretanja. Ni ovoga puta on nije odmah počeo postavljanjem tradicionalnih hipoteza, već, naprotiv, analizom svog problema od samih njegovih korena. Koje je to tradicionalne pretpostavke u toj analizi Njutn mogao uočiti? Na polju dinamike zatekao je bezbroj hipoteza koje je mogao grupisati u dve velike skupine: jedne su vodile poreklo još od Aristotelove fizike, a druge od pojma "impetus projecti". I jedan i

drugi koncept su daleko od bilo kakvog kvantitativnog interpretiranja. Ni Galilej nije (mada se obično uzima da jeste) prečistio sa uzrocima kretanja u svom slavnom radu "Dve nove nauke" iz 1638. godine. U poglavljima "Treći" i "Četvrti Dan" te "uzroke" nije lako pratiti; to su: momento, impeto, celeritatis momenta, velocita e forza, velocita ed impeto, impetum e percossa, impeto e moto, percossa del impeto, momento totale, forza, resistenza, impeto del mobile, momentum ponderis, vigore...

Analiza teorijskih izvora ukazala je Njutnu da se problem ne može rešiti bez uvođenja nekog novog koncepta o uzroku kretanja u smislu kretanja svakog tela. Jednog novembarskog dana 1666. godine pala mu je na um genijalna ideja. Pomislio je: rešenje će biti u implicitnoj klauzuli "KAO DA"! Eto, to je još jedna neophodna karika koja je vodila Njutna potpunoj aksiomatizaciji mehaničkih kretanja. Ali, to je ključna tačka i svih docnijih teorija. Tako, ono što su drugi nagadjali u svojim špekulacijama, Njutn pretače u racionalno zasnovanu prirodnu nauku – mehaniku. Nadovezujući se na sholastičare, Bekon, Dekart i Galilej su bili nastavili sa rušenjem starih dogmi, ali do revolucije u ljudskom mišljenju ne stiže se samo rušenjem starog; mora se uspešno izgradjivati i novo. Njihove su gradjevine bile trošne, za stabilnije im je nedostajala mirnoća i strpljenje. Dekart je samo posmatrao, nije eksperimentisao, a Galilej nije dobro mogao koordinirati činjenice iz svojih eksperimenata, jer je slabo poznavao matematiku svoga vremena. Njutnovu kritičkom duhu nije moglo ništa promaći, nije dopustio da ga, u nedostatku valjanih argumenata, zavaraju psihološki trikovi njegovih prethodnika. Sve je proveravao! I baš zato, a i zbog brilijantnog poznavanja matematike, upravo je njemu imala da "padne jabuka na glavu". Uzrok promene stanja kretanja Njutn je nazvao "silom". Ali, avaj! – upravo od tog nasledjenog antropomornog termina valjda i potiču svi kasniji nesporazumi; tu silu ne treba shvatati doslovno, već naprotiv, treba je shvatiti u prenosnom značenju. Za Njutna je sila, znači, čista metafora! Kretanje materijalne tačke odvija se "KAO DA" na tačku deluje sila sa takvim i takvim svojstvima...

Posle Keplera, Hajgens je bio prvi koji je dao kvantitativan izraz za jednu silu (centrifugalnu, i to 1659. god.), – ali je sila i tada još bila okultno svojstvo, koje je obitavalo u telima. Njutn je odbio da gradi hipoteze o "prirodi sile", jer je sila za njega, dakle, samo metafora: pomoću takve metafore uvideo je da će biti u stanju da odredi kretanje planeta, kometa, tela na Zemlji (slobodan pad). Sile su funkcije prostorne konfiguracije i omogućuju potpuni opis dinamičkih sistema, jer ih je Njutn matematički izjednačio sa ubrzanjem.

Da bi odredio svoju prvu silu, silu univerzalne gravitacije, bio mu je potreban, pored ispravnog koncepta, i veliki matematički artizam. Zašto? – Zato što je iz Keplerovih zakona trebalo dedukovati tu "silu" i obrnuto, iz tako odredjene "sile" moralo je slediti kretanje po elipsi. Ali – još i mnogo više! Trebalo je uočiti zabludu koja je samom Kepleru, a i Njutnovim savremenici, učinila nemogućim takvo izvodjenje. Kepler je stalno uzimao da je zakon površina ekvivalentan zakonu brzina inverznih udaljenosti. Njutn je dokazao da oni i jesu ekvivalentni, ali ne ako se uzme udaljenost između planeta i Sunca, već samo ako se uzme najkraće rastojanje između Sunca i tangente na putanju kretanja planeta.

Za ovako lucidan prodor u dubinu problema bila je potrebna i velika imaginacija. Jer, Njutnova mehanika nije nastala jednostavno deduktivnom ili induktivnom racionalnom logikom iz Keplerovih i Galilejevih teorija, ona nije njihova puka konjunkcija: mnogo toga je tu trebalo ispraviti da bi se krenulo dalje! Bez kompletne reorganizacije prethodnih znanja nije bila moguća ta ta buduća velika sinteza, a Galilejevi i Keplerovi stavovi nisu davali nikakvog nagoveštaja šta bi to u njima trebalo izmeniti da bi se došlo do nove nauke. Popravljajući, dakle, Keplerove zakone o vremenu obilaska planeta, izveo je Njutn, kako se sam priseća, stav da "sila koja drži planete u orbiti mora da bude srazmerna kvadratu udaljenosti od centra oko koga se /one/ kreću".

Pa ipak, knjiga "Principia" se nije pojavila 1666, već dvadeset jednu godinu kasnije! Problem je bio u raskoraku između Njutnovog teorijskog izračunavanja i praktičnog merenja ubrzanja Zemljine teže. Iz Hajgensovog eksperimenta sa klatnom sledilo je da ubrzanje Zemljine teže, izraženo za jednu sekundu, iznosi 15 stopa, 1 col i 14/9 linija pariske mere. Njutnova je teorija tada davala prilična odstupanja od te vrednosti; ali uzrok tome nije bila manjkavost teorije, već gruba greška u merenju poluprečnika Zemlje, koju su napravili Njutnovi prethodnici. Da Njutn, opet, pukim slučajem, na jednoj sednici Kraljevskog društva iz 1682. godine, nije čuo za Pikarova premeravanja Zemlje, najverovatnije da njegovi "Principi" nikad ne bi ugledali svetlost dana.

Hegel, filozof, čovek knjige, tome bi se itekako radovao. Ovako, bio je prinudjen da Njutnov teorijski koncept omalovažava, jer je bio u direktnoj suprotnosti sa onim što je on hteo da propoveda – da je logika prirode jednaka logici čoveka, tj. Hegel je uobražavao da će sva vrata moći otključati samo umovanjem – apsolutizujući princip koji je pronašao proučavajući istoriju, grčku književnost, ono što je nagovestio Empedokle. On je, naime, odatle izveo dijalektički zakon i vidu trokoraka: teza-antiteza- sinteza. Da se zadržao u vodama istorije, danas bi bio poznat kao istoričar. Neumereno verovanje u razum, međutim, uticalo je da on, raznim logičkim nedoslednostima, proizvede svoj zakon dijalektike u logički zakon koji važi bez izuzetka. Istorija aksiomatskih teorija fizike baš je trebalo da ga u tome razuveri. Hegel se nije zadovoljio samo pukim etiketiranjem Njutnovih "Principia" kao knjige "bljutave", "varvarske"... – poslužio se još i ironijom, "pitajući se" koje su to tri zlokobne jabuke u istoriji civilizacije – i odgovarajući da je Njutnova jabuka bila kobna za civilizaciju isto onako kao što je Evina bila za Adama, jer je prouzrokovala izgnanstvo iz raja, i kao što je, izazivajući trojanski rat, za Parisa bila kobna Eridina jabuka.

Sticaj mnogih slučajnosti nametnuo je, eto, da mit moderne nauke Zapada započne sa Njutnovim tablicama, sadržanim u "Principima". Epidemija kuge, koja je započela munjevito krajem 1665, a sredinom 1666. se povratila, da bi se ovoga puta šunjala od mesta do mesta, od kuće do kuće, za mnoge je bila smrtonosna; za Njutna, pak, ona se ukazala kao izazivač jedinstvene stvaralačke groznice, koja u njegovom organizmu radja zrelim plodovima koje tek valja ubrati. Posle tog jedinstvenog – i sumornog i plodnog – perioda, Njutn se krajem aprila naredne godine vraća u Kembridž koji se ponovo budio. Bio je pun elana, a elan

mu je itekako bio potreban, jer je baš te godine životni put njegov i njegovih kolega-vršnjaka bio doveden u pitanje. U Kembridžu se bez unapredjenja nije moglo ostati duže od sedam godina. A do unapredjenja nije vodio samo rad i posedovanje odredjenih znanja i veština, već – i to pre svega – nepotizam. Ko se mogao usprotiviti kraljevom ukazu o naimenovanju? To se moglo samo po cenu reskiranja sopstvenog položaja. Mesta profesora i ktitora u koledžima dodeljivani su, pre svih, deci ili šticećenicima bogataša, ili pak onih koji su položili zakletvu da će raditi u korist privatnog interesa koledža. I Njutnovi su pokušavali da učestvuju u toj trci, tačnije, ujak Viljem Ejskou, preko svog najboljeg prijatelja iz kembridžskih dana, apotekara Klarka, povezoao sa samim upravnikom Trinitikoledža, rođakom Klarkovim, gospodinom Hemfrijem Babingtonom. I tako je, po ko zna koji put, politika odredjivala sudbine ljudi.

Je li sve to zaista bilo tako – možemo samo nagadjati. Ja verujem da je Njutn sam sebi najviše pomogao oko tog ključnog izbora, tj. isto onoliko koliko i, još ranije, Isak Barou. Jer, kao prvi koji je još 1664. uočio velike Njutnove mogućnosti, Barou mu ih je odmah sa velikom iskrenošću i priznavao. Kad je reč o školskom gradivu koje je svaki student trebalo da savlada, Barou je primećivao da se Njutn nije baš mnogo trudio oko školskih zadataka, odnosno, on se posvećivao raznim pitanjima koja često nisu bila predmet nastave i koja su drugi jedva doticali, ili čak izbegavali, i baš je na tim pitanjima umeo da zaprepasti oštrinom i dubinom svojih razmišljanja. Takodje je Barou kod njega izuzetno cenio i to što je on uvek težio za suštinom, što je uvek tražio metode istraživanja i postavljanja problema, što je u knjigama i predavanjima uvek iznalazio najvažnija mesta. A najviše ga je fasciniralo ne Njutnovo obrazlaganje problema, već promišljanje i temeljno zapitkivanje. Ako tome dodamo da je i Baroua i Njutna krasila ista osobina da se ne zatvaraju samo u jednu oblast delanja, tj. da nisu priznavali bilo kakve granice medju raznim oblastima proučavanja, ne treba da nas čudi što se Barou našao obavezan da baš svom najozbiljnijem djaku, bez obzira na njegovo socijalno poreklo, ukaže najveće poverenje i zauzme se oko njegova izbora. A takvom autoritetu i miljeniku univerziteta ko bi odbio podršku? Sam Njutn kao da je toga bio svestan: pred završnim ispitima, potpuno bez treme, nadmoćno, i pre objavljivanja rezultata, kupuje magistarsku uniformu. Znao je da ga ne mogu mimoći! Prohladnog jutra, 1. oktobra 1667. godine, u kapeli koledža, on je slušao kako upravitelj proglašava da je baš on, Isak Njutn, postao mlađji član Trinitikoledža! Pristupajući polaganju zakletve o vernom i poštenom služenju koledžu, on se osetio tako ponosnim, gordim! Da je to za njega zaista bio najvažniji događaj svedoči i – račun posle dvodnevne proslave njegova naimenovanja.

Konačno, Njutn je mogao odahnuti: Trinitikoledž bio je "osvojen". Mogao je mirno nastaviti sa započetim eksperimentima iz optike. U nastavi je učestvovao u obrazovanju tri pitomca, sastavljajući za njih radni program, koji je sadržavao kako estetiku, etiku, istoriju, geografiju – tako i grčki jezik, logiku i matematiku. Osmelio se da na kratko otputuje u London, a sve kako bi nabavio nove knjige i nove materijale za svoje eksperimente. London se posle požara obnavljao

nevidjenom brzinom. Njutn se divio novim gradjevinama, koje su po Renovim projektima, i uz Hukovo nadziranje, nicale kao pečurke posle kiše. Ti krajnje precizni proračuni i precizna gradnja ostavili su na njega snažan utisak. Život se u London uveliko vraćao. Persl je počeo svirati u salonima. U izložima knjižara pojavio se Miltonov "Izgubljeni raj", herojsko-religiozni spev napisan po uzoru na Vergilijev. U tom velikom epu, u kome istorija svemira prelazi u istoriju ljudskog roda, Milton dovodi u sumnju i Ptolemejev i Kopernikov sistem sveta, nauku doživljava kao lakomislenu zabavu svojih neprijatelja, te Galileja prikazuje kao "toskanskog umetnika sa durbinom". Njutnovu pažnju, međutim, privukla je jedna druga knjiga, Spratova "Istorija kraljevskog društva", gde se pesništvo prikazuje kao "roditelj praznoverja", a u kojoj se sa simpatijama slika narastanje moći prirodne filozofije. Pored nje, kupuje i zbornik filozofskih radova u kojem se mogao upoznati sa najnovijim radovima Bojla i Huka.

Vršeći recenziju Barouove "Optike", Njutn je eksperimentima hteo sve da proveriti — i ono što se drugima činilo očiglednim. Nabavlja novu staklenu prizmu. "Kupio sam", kaže, "staklenu prizmu da pomoću nje iskušam već postojeće fenomene boja". Da bi to ostvario, on je, po povratku u Kembriđ, zamračivao svoju sobu i pravio male otvore na prozoru, kroz koje bi propuštao potrebnu količinu svetlosti. Na takav otvor smestio bi svoju prizmu, koja je prelamala svetlost na suprotni zid. Priča: "U početku je bilo zabavno gledati te žive i univerzalne boje koje su nastajale na zidu. Ali kasnije sam ih počeo proučavati mnogo pomnije i ustanovio da je zrak duguljast, iako bi prema priznatim zakonima refleksije trebao biti okrugao." Skrenuo je pažnju Barouu da je problem očito u shvatanju pojma boje. Barou primedbu nije uzeo u razmatranje u svojim predavanjima — ne zato što nije cenio Njutnov stav, već zato što je smatrao da je poštenije da i Njutn započne pisanje sopstvenog rada iz optike.

Aristotelov pogled na dugu kao na sunčevo svetlo koje se reflektuje u oblaku, i uopšte njegov model boja po kome se one stvaraju u interakciji sa telima, a i po kome je Sunčeva svetlost homogena, sačuvaće se sve do početka XVII veka. Kepler je, ceneći Aristotelov autoritet, smatrao da boje nastaju od mešavine svetlosti i mraka u raznim proporcijama. Dominis, Dekart, Grimaldi, Huk — započeće modificiranje Aristotelove "optike". Pa ipak, njihov klasičan način mišljenja neće im dozvoliti da stignu do velike sinteze koja je, eto, opet bila "rezervisana" za Njutna. Sa njim je geometrijska optika postala fizička teorija. Napravljen je pomak od makroskopsko-sintetičkog gledanja na optiku ka eksperimentalno-matematičko-analičkom. "Ne vidim prepreku", primećuje Njutn, "da se pristupi ispitivanju prirode boja u kojoj se ništa nije smatralo da ima veze sa matematikom. Kao što se astronomija, geometrija, moreplovstvo, mehanika smatraju za matematičke nauke, jer se u njima radi o stvarima fizičkim, naime: nebu, zemlji, brodovima, lokalnim kretanjima, tako isto i boje spadaju u fiziku i prema tome, nauku o njima treba smatrati matematičkom, ukoliko se ona izlaže matematičkim rasudjivanjem."

Baveći se svetlošću, Njutn je neprestano usavršavao svoju mernu opremu i instrumente. Kako se živo interesovao za sve nove instrumente, njegovu je

pažnju počeo zaokupljati teleskop, koji je moreplovcima obećavao tako mnogo. Sasvim proizvoljno nastanak tog instrumenta vezuje se za Galilejevo ime, premda je već od samog nastanka bilo dokumenata koji su potvrdjivali primat holandskim brusničima stakla. Godina je to 1608. Još je Dekart u svojoj "Dioptrici" napisao: "Na sramotu naše nauke ovaj pronalazak, tako koristan i prekrasan, prvo je pronadjen praksom i slučajem. Pre otprilike trideset godina pronašao ga je neki Zak Mecijus iz Almire u Holandiji (čovjek koji nije nikada studirao, iako su mu otac i brat bili matematičari, ali koji je sa posebnim uživanjem proizvodio ogledala i sočiva)." Kada je Njutn konstruisao svoj prvi mali teleskop, dug 15 cm, sa ogledalom od 25 mm u prečniku, kao uzor služio mu je teleskop Džemsa Gregorija. Dok je kod Gregorija veliko ogledalo parabolično, a malo hiperbolično, Njutnov refleksijski teleskop je takav da zraci iz sfernog ogledala padaju na ravno ogledalo ka sočivu okulara. Iako tako malen, mogao se koristiti za posmatranje Jupiterovih satelita. Zbog nesavršene legure od koje je bilo napravljeno ogledalo i slabog poliranja, lik je bio razvučen i mutan. Prirodno, želio je da konstruiše novi teleskop, ali ipak tek pošto nadje i odgovarajuću leguru za ogledalo.

Kako je sve radió sam, tada se nekako i zainteresovao za alhemiju, tj. metalurgiju i "hemiju" njegova vremena. Tradicija alhemije u Trinitu-koledžu nije bila tako stara. Godine 1650. Barou je sa bivšim upravnikom koledža, Nidom, započeo sa alhemijskim eksperimentima. Posle Nidove smrti, laboratoriju je vodio matematičar i botaničar Džon Rej, a jedan od malobrojnih eksperimentatora bio je i Henri Mur. Barou je 1668. i Njutna uključio u izvođenje eksperimenata. Nije ni za kakav podsmeh ovo njegovo bavljenje alhemijom, kao što nije ni za kakav podsmeh nastojanje alhemičara da proizvedu zlato. Tražeći zlato, oni su iskristalisali pojam osobine, tj. svaka osobina predstavlja sama za sebe jednu odredjenu elementarnu stvar, a od zbira tih elementarnih stvari izgradjen je svet složenog. Onaj koji poznaje mešavinu ovih elementarnih stvari, poznaje i tajnu njihovog preobražaja i gospodari njima. Treba biti vrlo kratkovid, pa ne uočiti da današnja nauka jeste autentični nastavljaj alhemijskog sna. Alhemija je umrla, ali nije izumrla. Preobražena u dogmu o beskonačnom progresu, po kojem je čovek taj koji je pozvan da menja i transformiše prirodu, ona caruje zapadnim umom. Ono što su alhemičari hteli, ali nisu mogli, prave organski hemičari u svojim laboratorijama: vremenski se ritmovi po volji ubrzavaju, a sintetički proizvodi preplavljaju planetu.

Sve to mi, međjutim, danas činimo na način koji sve stvari lišava njihove tajnovitosti i uzvišenosti. Kada mi danas izgovorimo reč materija, ona za nas predstavlja intelektualni pojam, suvoparan i bezosećajan; za Njutna je, pak, kao i za Bojla, on imao i psihičko značenje. Oni se nisu libili da gaje misli koje se nikad neće moći dokazati; one su, za njih bile korisne, ozbiljavale su njihovu celovitost, omogućavale im punoću života, vodile ih dubljem smislu postojanja. Mi smo danas raskinuli savez s prirodom, našim životima vlada bog Razum koji čovekovo najmoćnije orudje — psihu — prezire i nipodaštava. Tako su reči koje upotrebljavamo postale prazne i bezvredne, ni u jednoj reči više nema duha, nema više simboličke povezanosti, unutrašnjeg dodira sa prirodom, pa zato nema

ni emotivne kreativne energije. Tražeći da se i u alhemiji precizno meri i izračunavaju kvantitativne promene, Njutn je stigao do prave hemije i metalurgije. Pa ipak, tako bogata simbolika, kao što je simbolika alhemije, ostaće jedan od nepresušnih izvora njegove umnosti, i stalno će razvijati i usavršavati njegovu svest i razum.

Drugim izvorom njegove umnosti možemo smatrati mitologiju. Za Njutna mitovi nisu primitivne priče o postanku svemira, nisu ni antropomorfne analogije, nisu ni pesništvo, on u njima vidi izvoriste saznanja sveta. Valjalo je naći polaznu tačku jezika mita, koja je bila davno zaboravljena. Nisu ga zadovoljavala razna "alegorijska" tumačenja od strane njegovih savremenika. Sam čita razne mitove, ali, baš poput Platona, i on u njima vidi hermetičku celinu koja skriva svoj pojmovni sadržaj zato što se ne bavi konačnim statičkim formama, već uvek onim što "postaje", iz trena u tren. A ta dinamika mu se čini neuhvatljiva matematičko-logičkim operacijama. Tako se Njutn iz dana u dan hvatao u koštac sa dinamikom mitske svesti koja skoro nikako nije dozvoljavala da se analitički razloži, naprotiv, dopuštala mu je samo sintetičko razumevanje. Vrlo je vešto komparirao činjenice: slika kosmosa koju je pružala nova astronomija oslanjala se na astrološko opažanje prostora i zbivanja u njemu; Dekartova nauka o kretanju koja je pokušavala da odgovori na pitanje odakle kretanje (i odgovara: iz vrtloga), svela se, uočava on lucidno, na mitski problem stvaranja, na problem "prvog pokretača". Komparacija koja mu je pružala veliku sigurnost u ispravnost njegovog već stvorenog teorijskog koncepta, izgrađenog po ugledu na Euklidove "Elemente", možda njegova najvažnija komparacija, jeste ona da kao što mit teži hijerarhiji sila i božanskih likova, isto tako u geometriji postoji hijerarhija zakona. Uz to uočava i prelaz između mitskog pojma "početka" i filozofskog pojma "principa".

"Da bi se neka stvar volela ili mrzela, prvo se mora dobro upoznati", pisao je Leonardo. Te se krilatice Njutna pridržavao celog života. I ezoteričnim kulturnim fenomenima, astrologiji i alhemiji, prilazio je on s punim poštovanjem i poverenjem, ali, pre nego što je donosio sud o njima, želeo se saživeti sa njihovim idejama, ma kakva bila sredstva kojima su se one izražavale — mitovi, simboli, obredi, ili što drugo. Alhemičari, uostalom, i nisu težili stvaranju zlata radi zlata, već su, zapravo, nastojali da spoznaju šifru kako iz prolaznosti dobiti trajnost. I kao što je svojevremeno Paracelzus, a kasnije Bojl, tako je i Njutn u alhemiji video najpre novi metod za sticanje znanja, te je tako, baveći se najdelikatnijim njenim područjima, zaključio, na primer, da je "pretvaranje tela u svetlost i svetlosti u telo u potpunosti u skladu sa zakonima prirode, jer čini se da prirodi gode transmutacije."

Čitajući Agrikolu, Paracelzusa, Bojla, nastojao je da u njima iznadje pre svega recepte za preobražaj metala i recepte za spravljanje eliksira. Jedan takav eliksir kojim se sam lečio od nesnosnog kašlja našao je kod Paracelzusa: smeša se sastojala od raznog bilja, pčelinjeg voska, terpentina, vina, maslinovog ulja. Pored eliksira, u tim je knjigama bilo svakojakih mudrovanja i saveta; jedan od Paracelzusovih saveta bio je da nauka ne može gledati u prošlost. Kao alhemijski

uzor Njutnu je služio jedan od pionira "novoevropske eksperimentalne filozofije", Bojl, pravi majstor "dvanaest vrata" alhemijskih procesa: kalcinacije, rastvaranja, separacije, putrifikacije, kongelacije, sublimacije itd. Barou ne propušta priliku da upozna Bojla sa Njutnom. Godine 1669. kolegi Astonu, koji kreće na studijsko putovanje, Njutn stavlja u zadatak da dozna puno toga: "Da li u Hemnicu u Madjarskoj (gde se nalaze rudnici zlata, bakra, plavog kamena, antimona i dr.) pretvaraju gvoždje u bakar u rastvoru plavog kamena koji se nalazi u pukotinama stena u rudnicima, a zatim pretapanjem u gustom rastvoru na jakoj vatri, pri čemu se prilikom hladjenja dobija bakar. Kažu da se to radi i po drugim mestima kojih sada ne mogu da se setim, možda u Italiji. Pre jedno dvadeset-trideset godina odatle su doneli jednu naročitu vrstu plavog kamena (tzv. rimski plavi kamen), mnogo finiju od materije koju danas zovu tim imenom; mi sada ne možemo nabaviti taj plavi kamen, a možda je zgodniji za pretvaranje gvožđa u bakar, nego za prodaju... U poslednje vreme u Holandiji je pronadjen jedan naročit mlin koji služi za glačanje sočiva, možda bi vredelo pogledati... Mogli biste takodje da saznate imaju li Holandjani sredstvo za čuvanje brodova od crva kada putuju u Indiju. Da li se časovnik sa klatnom upotrebljava za merenje geografske dužine..." – Ne gubeći iz vida istorijsku perspektivu, lako je uočiti da su Njutna interesovali problemi kao što je izdvajanje bakra iz bakar superoksida, ili proces amalgamisanja žive, a to nam sve potvrđuje da je njemu alhemija poslužila kao most za konačno proučavanje pojava na način savremene hemije, a kojima je on prvi put bio opčinjen još u Grenthemu u Klarkovoj apoteci; to nam svedoče i hemijski recepti u njegovim djačkim beležnicama.

Radoznanost i otvorenost prema novom iskustvu, sposobnost igranja elementima i pojavama, vodila ga je otkrivanju novih veza, vodila ga je postavljanju novih hipoteza koje su mu, pak, omogućavale da reši stare zadatke na potpuno nov način. Sve do 1669. godine on ćuti o svojim otkrićima. To ćutanje prekida slučajno. Merkator izdaje svoju novu "Logaritmotehniku", u kojoj rešava problem kvadrature hiperbole, koji je započeo predsednik Kraljevskog društva, lord Bronker, uz pomoć beskonačnih redova. Spajajući taj lordov zahtev sa Valisovim idejama, Merkator ga uspešno rešava. U knjizi se nalazi i razvoj funkcije  $\ln(1+x)$  u stepeni red; ne računajući geometrijsku progresiju, to je prva funkcija data na ovaj način. Barou iz Londona donosi knjigu Njutnu i pokazuje mu Merkatorovu integraciju, ali se Njutn ne daje iznenaditi: on među svojim papirima nalazi one na kojima je ovaj zadatak već odavno bio rešen (1666.g.), elegantije i sa većom tačnošću. Barou je u isti mah iznenadjen i ponosan, jer je konačno dobio materijalni dokaz o Njutnovoj genijalnosti. Čini džentlmenški potez, kakav je retko ko gde povukao: svoju katedru prepušta dvadesetšestogodišnjem mladiću. Rojalista, sestrić episkopa, Barou – čija je porodica preživela razne nedaće u doba Kromvelove vladavine, a koji se i sam četiri godine seljacao iz Francuske u Italiju, pa u Grčku i Tursku, da bi se tek sa povratkom kralja vratio u Englesku – nadao se da će posle restauracije dobiti jedno od najvećih zvanja u anglikanskoj crkvi. Kralj, međjutim, nije mislio tako. Želeći da obezvredi što više primat episkopa, umeo je vešto da na najviše crkvene položaje dovodi nesposobne i kompromitovane



ličnosti. Tako, posle držanja katedre za grčki, kao i Lukasovske i teološke, Barou, umesto da, možda, postane vrhovni crkveni poglavar, našao se na mestu tek kraljevog ispovednika, a 1672, da bi mu se konačno "odužio" za vernost, kralj mu nudi mesto dekana Triniti-koledža. Iako nezadovoljan takvom odlukom, Barou mesto ipak prihvata, plašeći se da ne prodje kao Tejlor koji je, bez obzira što je bio oženjen kraljevom sestrom, "zbog svoje nadarenosti" poslat za episkopa čak u Irsku, a što se u ono vreme smatralo nekom vrstom izgnanstva. Kao dekan, Barou će se pamtiti i po tome što je dao da se podigne nova biblioteka koledža, koju je projektovao najveći graditelj tog vremena, Ren.

Jedan od Barouovih ciljeva pri predaji katedre Njutnu bio je taj da ovog bojažljivog i povučenog genija očeliči tako što će ga naterati da publikuje svoje misli. Stavlja mu u zadatak da svoju genijalnu metodu, račun fluksija, pretvori u naučni esej koji će se moći publikovati. Taj rad o kvadraturama nosio je naslov "De analysi per aequationes numero terminorum infinitas". Kvadrature složenih krivih Njutn svodi na kvadrature pojedinih delova, složene krive razlaže u razlomke i korene, te onda u stepeni red. Na primer, on nalazi površinu ispod krive  $a x^{m/n}$ . Barou šalje rad Kolinsu, članu Kraljevskog društva, uz pismo u kome ističe da je "ime autora Njutn, član je", kaže, "našeg koledža, to je jedan mlad čovek, tek drugu godinu posle dobijanja diplome magistra i genije bez premca koji je učinio veliki napredak u ovom delu matematike." Kolins koji zapravo rad nije razumeo — nije dao da se rad publikuje i nije ga prikazao na sednici Kraljevskog društva, već delove rada šalje poznatim matematičarima, očekujući valjda, njihove komentare. Taj Kolinov činovnički previd jeste prva velika nepravda u lancu nepravdi koje su činjene Njutnu i biće polazna karika kasnijeg međunarodnog spora između Njutna i Lajbnica o prioritetu u otkriću integro-diferencijalnog računa.

Prva predavanja koja je Njutn držao bila su iz optike. Univerzitet je obavezivao svakog profesora da rukopise svojih predavanja drži u biblioteci fakulteta, na uvidu javnosti. Tako su nastale Njutnove "Lekcije iz optike", koje su publikovane tek posle njegove smrti. Barou je te lekcije smatrao "gotovo najznačajnijim delom" njihova vremena. Ovde se odmah nameće pitanje da li je sam Njutn voleo svoje novo zvanje, kako je držao predavanja, da li je bio dobar profesor? — On je bio jedan od retkih mislilaca koji je u svojim istraživanjima sagledavao celinu problema. On je tu celinu želeo da konkretnim analizama jednim opštim redom prikaže drugima. Bio je zaljubljen u svoj predmet, sav je obledeo u svom misaonom svetu, ali — ko je to, onda, mogao pratiti? Njutnova su predavanja, kao i njegove knjige, predodređene samo za odabrane ljude, za stručnjake, prosečni su se vrlo brzo gubili u lavirintima specijalnih logičkih analiza sa veoma čestim digresijama i poredjenjima. Nikakvu pažnju nije posvećivao kićenju stila izlaganja, izbegavao je formalnosti i izveštačenost, humor i artizam. Dobar deo njegovih predavanja iz optike sadržavao je detaljne opise eksperimenata. Kako nije postojala mogućnost za neposredno eksperimentisanje na predavanjima, on se služio crtežima i verbalnim objašnjenjima. Uz sve to išlo je puno raznoraznih geometrijskih dokaza, što je tražilo izuzetnu koncentraciju i predznanje studenata.

Njima su se, ipak, ova predavanja, lišena govorničkih fraza na koje su bili navikli na drugim predavanjima, činila odbojnim, nezanimljivim. Kad god su mogli, studenti su ih zaobilazili. I pored toga, profesor nije odustajao od ovog samosvojnog, analitičkog pristupa nastavi.

"Lekcije iz optike" sastojale su se iz dva poglavlja: prvo je "O prelamanju svetlosti", a drugo: "O poretku boja". Jasno, sada se postavlja pitanje: zašto nove lekcije iz optike, šta je sa Barouovim? Evo šta o tome kaže sam Njutn: "Nedavni pronalazak teleskopa u tolikoj meri je izoštrio većinu geometara, da izgleda da u optici nije ostalo ništa neispitano i nema mesta za nova otkrića. Dalje, od onog vremena kad su sastavljena izlaganja koja ste tu sa ovog mesta čuli s tolikom raznolikušću opštih pitanja, množinom novih obaveštenja koja su potvrđena najpreciznijim dokazima, moj pokušaj da na ovaj način izlažem ovu nauku može izgledati kao suvišni gubitak snage i nekoristan posao. Ali ja sam zapazio da su geometri do sada pogrešno shvatali osobine svetlosti, koje se odnose na prelamanje; oni su prećutno zasnivali svoje dokaze na jednoj nedovoljno utvrđenoj fizičkoj hipotezi. Stoga smatram da nije nekorisno podvrgnuti principe ove nauke strožijim ispitivanjima i dodati onom što je izlagao moj uvaženi prethodnik na ovom mestu i ono što sam ja otkrio u optici, a što je utvrđeno mnogobrojnim ogledima."

Nepublikovane Njutnove "Lekcije iz optike", kao i njegovi matematički papiri, kružili su među učenim ljudima Evrope. Na pomolu je bila verovatno najveća karijera u istoriji nauka. Uporedo sa predavanjima i eksperimentima, Njutn marljivo i strpljivo radi na konstrukciji svog drugog teleskopa. Kako izbeći sfernu i hromatsku aberaciju? Iako se i pre Njutna znalo za hromatsku aberaciju, niko pre njega nije nejasnoću lika u teleskopu dovodio u vezu sa njom. On prvi povezuje te dve pojave i u svojim "Lekcijama" piše: "Svi oni koji izučavaju dioptiku zamišljaju da optički aparati mogu biti dovedeni do kakvog se hoće stepena savršenstva pomoću stakla, ako mu se samo poliranjem da potreban geometrijski oblik. U tu svrhu su pronadjeni razni instrumenti za šlifovanje stakla po hiperboličkim i paraboličkim oblicima, ali nikome nije uspelo da postigne preciznu izradu takvih oblika /.../. Stoga, da ne bismo trošili svoj rad na bezizgledni posao, ja se usudjujem da upozorim da – i kada bi sve, inače, teklo uspešno – ipak postignuti rezultat ne bi odgovarao očekivanom. Jer staklima kojima bismo dali oblik najbolji koji se za datu svrhu može zamisliti, nemože da se dejstvuje čak ni dva puta bolje od sfernih ogledala poliranih jednako precizno. Ovo ne kažem zato da bih osudio autore-optičare, jer su se svi oni u pogledu svojih dokaza izjašnjavali tačno i potpuno pravilno. Pa ipak nešto, i to vrlo važno, oni su ostavili da otkriju potomci. Tako sam ja otkrio u prelamanju izvesnu nepravilnost koja kvari sve. Ona izaziva ne samo nedovoljna preimućstva koničnih preseka nad sfernim oblicima, nego služi i kao razlog što sferni oblici daju mnogo manje, nego da je pomenuto prelamanje bilo homogeno." Cilj je ovde, znači, izbeći hromatsku i sfernu aberaciju. Možda za to ima više načina? Njutn je počeo raditi na teleskopu sa izduženim sfernim ogledalima umesto sočivastog objektiva; kasnije, kada je otkrio da je isti takav teorijski koncept 1663. godine

predložio Gregori, nije mu bilo teško da u radu "Optica promota", a i u štampi, istakne da njemu pripada samo čast prvog konstruktora. Pri konstruisanju, a treba znati da je svaki deo sam izradio, najveći problem mu je zadavala legura ogleдала. Sekretaru Kraljevskog društva, Oldenburgu, pisao je: "U početku ja sam topio bakar, zatim sam dodao arsenik i pošto se to topilo neko vreme, promešao sam sve zajedno, čuvajući se da ne udišem otrovan dim. Zatim sam dodao olova i, pošto se i ono brzo rastopilo, opet sam sve promešao. Posle toga sve sam odjednom izlio." Taj je način poliranja bio posve originalan, te je izazvao živu znatiželju kod londonskih majstora. Kako su u to vreme teleskopi bili stvar državnog prestiža, i sam je kralj želeo da se uveri u kvalitete Njutnova instrumenta. Teleskop je stoga morao biti stavljen na uvid članovima Kraljevskog društva. Tako se ta sprava, velika nada onog vremena, i dan-danas nalazi u biblioteci Kraljevskog društva u Londonu sa natpisom: "Pronašao ser Isak Njutn i napravio svojom rukom 1671. godine". Predsednik Robert Morej i članovi Ren, Huk, Flemstid, Taunlej, Kolins – isprobavaju i analiziraju tu napravu i podnose pohvalan izveštaj. Majstor mnogih zanata i nauka, Huk, međutim, ni ovog puta nije mogao da se uzdrži od komentara koji su se uvek svodili na neumereno samohvalisanje: "Godine 1664. načinio sam cevčicu od oko jednog inča koju sam mogao staviti u džep, a koja je ispunjavala zadatak isto kao i bilo koji teleskop dug pedeset fita napravljen na običan način; ali, pošto se pojavila kuga, koja je izazvala moje odsustvo, i požar koji je izazvao prioritetne poslove u gradu, zanemario sam započeti rad, ne želeći da brusači stakla saznaju bilo šta o toj tajni." Takve opaske, ipak, koje nisu baš imale mnogo veze sa naukom, kralj i akademici nisu uvek uzimali u obzir.

Njutn je 11. januara 1672. godine izabran za člana Kraljevskog društva. Tako se kao tridesetogodišnjak našao među veteranima Oksforda, Kembridža i Londona. Bilo su to ljudi velikog autoriteta, časne prošlosti, koji su već bili napravili niz naučnih otkrića. Njutn, koji je na sopstvenim idejama radio samo iz zadovoljstva, našao se sada u situaciji da svoju golemu energiju, kojoj nema ravne u istoriji, troši da bi ne tako snažne umove uveravao u ispravnost svojih razmišljanja. Kako je početak svih njegovih istraživanja u optici bio vezan, znači, za izbegavanje hromatske aberacije, po njegovom ličnom uverenju baš to su akademici prevideli kada su procenili da je on izvršio konstruisanje na starim hipotezama. Nedelju dana posle prijema u Kraljevsko društvo, on se oglašava pismom Oldenburgu: "Da li biste mi mogli u najskorije vreme saopštiti koliko će još vremena trajati nedeljni sastanci Društva, jer nameravam da podnesem na aprobaciju Kraljevskom društvu saopštenje o jednom fizičkom otkriću koje me je i devalo do konstrukcije teleskopa. Ne sumnjam da će ovaj referat biti prijatniji, nego saopštenje o spravi, jer, po mom shvatanju, radi se o jednom veoma zanimljivom, ako ne i najznačajnijem otkriću koje je ikada učinjeno u pogledu dejstva prirode." Šestog februara 1672. godine, na redovnoj sednici Društva, pročitana je Njutnov rad pod naslovom "Nova teorija svetlosti i boja". Njutn objašnjava svetu da je ta nova teorija prethodila teleskopu-reflektoru. Da bi bio sasvim prihvaćen, rad, međutim, nije smeo imati onoliko novina koliko je Njutn u njega ugradio: ideja da je bela svetlost složena, otkriće prostih boja, granice između fiziološkog i naučnog poimanja boja, kao i

– kruna svega – povezivanje boja sa stepenom prelamanja. "Lomeći svetlo kroz prizmu", kaže Njutn, "pojedine sam zrake proučavao obasjavajući tela koja su pri dnevnom svetlu drugih boja. Prekidao sam taj zrak stavljanjem prepreka od obojenih gasova, od presovanih staklenih ploča; propuštao je kroz obojene medije, kao i kroz medije označene drugim vrstama zraka, i na mnoge druge načine ograničavao tu zraku svetlosti, ali nikada iz nje nisam mogao dobiti neku drugu boju. No najčudnija i najdivnija kompozicija bila je bela boja. Ni jedna druga boja ne pokazuje takve karakteristike. Ona je sastavljena od svih spomenutih osnovnih boja, poredjanih na odredjen način. Često sam s divljenjem gledao kako se sve boje prizme sastaju u jednoj tački i, ponovo pomešane, tvore svetlo, potpuno i savršeno belo. Odatle i potiče ideja da je belo boja svetlosti; ona je mešavina zraka svih boja u jedoj /.../."

Ne gubeći vreme, Huk je odmah počeo bacati anatemu na Njutna, onako vešto kako je to samo on umeo. To se, međjutim, u Njutnovom slučaju pokazalo nedovoljnim. U Londonu i Kembridžu Njutn je sticao sve veću reputaciju. Boje spektra počele su se širiti Londonom veoma brzo, naročito u trgovinama. Huk, koji je sebe smatrao najvećim eksperimentatorom, nikako nije mogao da se pomiri sa činjenicom da je naišao veći! Zaključke, tj. hipoteze koje Njutn izvodi iz ogleđa, on smatra pogrešnim, jer u tim objašnjenima pojava nema nigde talasne teorije. Da bi oponirao, Hajgens sa svoje strane pokušava da pokaže da se bela svetlost može dobiti iz žute i plave. Oponiraju, što javno – što tajno, i Linus i astronom Kraljevskog društva Flemstid. Ovom drugom Njutn to nikada neće oprostiti. U odgovoru Huku Njutn ističe da njegova nauka o bojama jeste pre svega zasnovana na eksperimentalnim činjenicama, a ne na hipotezama o prirodi svetlosti. Pod uticajem Baroua koji je vizionarski u svojoj "Optici" primetio da "obe pretpostavke o svetlosti nailaze na podjednake teškoće", Njutn nastavlja: "stoga, ja usvajam gledište da svetlost može postati od dve vrste kretanja, kako talasnim izlučivanjem, tako i neprekidnim impulsima. Možda bi bilo bolje da se izvesna dejstva pripisuju jednom, a druga drugom." – Njutn jeste pod Barouovim uticajem postavio u svojim ranim predavanjima kompromisnu hipotezu o dualnosti korpuskularne i talasne teorije svetlosti, ali ju je kasnije napustio.

Čovek koji je uveo razum na velika vrata evropske istorije taj prirodni dar nije koristio samo u svojim delima, već i u svom životu. Nema tu šta da se taji, Njutn se – sa maskom ili bez nje – borio za svoj društveni položaj. Kao i većina ljudi, i on se užasavao bolesti, starosti i siromaštva. Bio je vredan, čovek od akcije, nije želeo tuđu milostinju i milosrdje, sam je uzimao šta mu po sposobnosti pripada. Nije cenio reči i rečitost, već isključivo dela. Najveća sreća za njega je bilo posmatrati uspeh sopstvenog dela. Očekivao je veliki uspeh od svog prvog javno saopštenog teorijskog rada, "Nove teorije svetlosti i boja", u kome je primorao eksperiment da odgovara na postavljena pitanja, te da iz tih odgovora konstruiše teoriju. Objasnio je zašto Aristotelovo učenje o svetlosti definitivno mora biti napušteno. Njegov bojni poklič: "Ja neću da mešam dosetku sa izvesnošću" podelio je učenjake u dva tabora. Žestoki, ne baš uvek korektni napadi, koji su usledili od strane Huka, učili su ga da se ne sme biti viteški

velikodušan i otvoren u vremenima "mudre lukavosti".

Preko sekretara Kraljevskog društva, Oldenburga, Njutn je bio uvučen u veliku polemiku sa javnim i tajnim oponentima. Najglasniji su bili Huk, Hajgens i kartezijanci. Odgovarajući po drugi put jezuiti Pardisu, on ponavlja: "Kao najbolji i najpouzdaniji metod za ispitivanje prirode služe, pre svega, kao što znamo, otkriće i utvrđivanje, eksperimentalnim putem, osobina ovih pojava, dok hipoteze o njihovom poreklu mogu biti tek na drugom mestu. Te hipoteze moraju se pokoravati prirodi pojava i ne treba pokušavati potčiniti ih sebi, zaobilazeći dokaze. I ako kogod postavi hipotezu samo zato što je ona moguća, ja ne vidim na koji bi se način u kojoj bilo nauci moglo ma šta s tačnošću utvrditi: ta mogu se izmišljati sve nove i nove hipoteze, koje radjaju nove teškoće." — Koristeći se hipotezama, koje je i inače smatrao esencijalnim delom nauke, Njutn je zahtevao da se one ne smeju postavljati nezavisno od eksperimentalnih činjenica. Za čoveka od misli i pera, kakav je bio Njutn, nije se mogao naći pogodniji način "ratovanja" od "ratovanja" preko članaka i pisama u kojima na argumente oponentata ser Isak Njutn odgovara svojim argumentima. Uz to povećava zategnutost situacije moleći Oldenburga da ga izbriše sa spiska članova Kraljevskog društva, u proleće 1673. kandiduje se za mesto profesora na katedri prava u Triniti-koledžu, izdaje Varenijusov udžbenik geografije sa svojim dopunama i komentarima... Osećao je da je prešao svoj Rubikon i da se nalazio pred vratima Rima. U žaru te borbe u njegovoj laboratoriji je neplanirano na tapet došla Hukova "Mikrografija". Ponavlja sve njegove eksperimente o boji tankih listića, pa krajem 1675. dostavlja Kraljevskom društvu obiman rad pod naslovom: "Teorija svetlosti" koja sadrži hipotezu o osobinama svetlosti koje je pisac izložio u prethodnim memoarima, kao i opis najvažnijih pojava različitih boja tankih listića i mehurića od sapunice koje isto tako zavise od ranije karakterisanih osobina svetlosti. Bile su potrebne četiri sednice Društva da bi se ovaj rad saopštio. Huk se još jedno vreme suprotstavljao Njutnovoј superiornoj snazi izražavajući da bi na kraju te godine, u pismu izmirenja, konačno priznao Njutnove zasluge na ovom polju stvaralaštva, te zamolio Njutna da sa njim i u budućee održava naučnu prepisku, što je ovaj samo formalno prihvatio.

Epilog te četvorogodišnje borbe, iz današnjeg ugla gledano, jeste da su u pravu bili i Hajgens, tvorac teorije o talasnoj prirodi svetlosti, i Huk, koji je tu teoriju branio, i Njutn, koji je izgradio teoriju o korpuskularnoj prirodi svetlosti. Današnje teorije stoje na stanovištu Barona — da svetlost poseduje i talasna i korpuskularna svojstva, te da se ona međusobno ne isključuju, već se dopunjavaju. Tačni su bili i Hajgensovi argumenti vezani uglavnom za interferenciju i prostiranje svetlosti, ali i Njutnovi, koji su uglavnom bili vezani za pojavu prelamanja svetlosti i dugine boje. Pa ipak, bila je to, sve u svemu, Njutnova Pirova pobeda. Pirova zato što je, baveći se danonočno sve novim i novim eksperimentima iz optike, on potpuno zapostavio svoje primarne zadatke vezane za matematičke algoritme.

Okončavajući ovaj dugogodišnji spor, oko 1676. godine se Njutn ponovo mogao posvetiti samo svojim sopstvenim mislima. Samo čovek koji se toliko

čudio i sumnjao kao on mogao je postavljati esencijalna pitanja, bez kojih nema ni velikih odgovora. Jedno od takvih pitanja bilo je i ono o povezivanju kvadrature algebarskih i transcendentnih krivih. Ono mu je omogućilo da još 1666. poveže naizgled nespojive pojmove kao što je kvadratura kruga, crtanje tangenti i određivanje maksimuma i minimuma. Tako je Njutm i postavio pitanje i na njega dao odgovor. Nešto njegovom krivicom (zbog preteranog angažovanja u sporu sa Hukom), a više krivicom drugih, najviše Kolinsa, taj odgovor nije bio štampan. Pitanje i delovi odgovora, pak, slobodno su cirkulisali akademskim krugovima Londona. I Lajbnic, Hajgensov matematički djak (djak mnogih zanata, ali istinski majstor ni jednog), koji je u dva navrata (1673. i 1675) boravio u Londonu, upoznao se sa tim pitanjem i sa Njutnom se čak i dopisivao. Zatim u Lajpcigu, gde je pokrenuo izlaženje časopisa "Acta Eruditorum", 1684. i 1686. objavljuje svoje otkriće infinitezimalnog računa. Tako se Lajbnic našao u situaciji da se sa Njutnom bori za prioritet u otkrivanju tog važnog orudja koje je dala matematika. Prava je šteta što Njutm tada, u narastajućem sporu sa Lajbnicom, nije znao za upadljivu sličnost nekih njegovih matematičkih i filozofskih spisa sa Gregorijevim i Spinozinim. Zatekavši se u Amsterdamu, progonjeni Spinoza je Lajbnicu dao prepis svog neobjavljenog kapitalnog dela "Etike", kada je autor godine 1677. umro. Lajbnic se obilato u svojim filozofskim raspravama koristio Spinozinim idejama, prećutkujući njihovog tvorca. Da bi ironija bila veća, prisetimo se da je Lajbnicov otac bio doktor pravnih nauka, te da je na Lajpciškom univerzitetu predavao moral. Lajbnic je, kao što to primećuje i Rasel, dobar primer da i neki najveći umovi kao ljudska bića nisu baš, eto, za pohvalu.

Od 1679. Njutm se ponovo vraća svojoj staroj pitalici — gravitaciji. Ovog puta razmišlja kako ovu apstrakciju ugraditi u temelj čvrstog sistema znanja. Šta je, uopšte, priroda uistinu? Dekartov pokušaj koji započinje "metodskom sumnjom": "mislim, dakle postojim" (Avgustin u "Božijoj državi" kaže: "Ako se varam, postojim") — činio mu se sasvim naivan. Bilo mu je jasno da Dekart želi da započne svoje filozofiranje sa što manje pretpostavki. Ali, dovesti postojanje u toliku zavisnost od misli učinilo mu se veoma opasno. Nije krenuo tim putem, jer se plašio da će se zaplesti u nepreglednu i jalovu mrežu pitanja o odnosu subjekta i objekta. Pa ipak, od Dekarta je nešto naučio — naučio je da "metafizika jeste pronalaženje loših razloga za ono u šta mi nagoni verujemo". Nije krenuo ni putem sholastičara, nije želeo da robuje teologiji. Pošto je osnovni credo njihove filozofije bio da je "filozofija sluškinja teologije", uočava njihovu neiskrenost, koja ih je neminovno vodila, smatra Njutm, nejasnoćama. I tako, čovek koga mnogi danas zamišljaju kao izuzetno religioznog, to nije bio ni u svojim mislima, a još manje u svojim aktima. Poput Arija, on je od hrišćanske religije želeo da napravi filozofiju. Njutnov "Bog" nije teološki, već mitološko-filozofski. Posle Barouove smrti 1677. ne prihvata predlog episkopa Tenisona da primi duhovno zvanje kako bi onda mogao biti naimenovan za dekana Triniti-koledža. Za razliku od Lajbnica (zastupao ekumenu), koji je bio rob svoje karijere, Njutm nikada nije dozvoljavao da ona guši njegovu radoznalost. Procenio je da bi duhovnički poziv, hteo on to ili ne, ipak vremenom ponizio njegove filozofske misli i podredio ih veri. Procenio

je da bi mu onda misli ostajale jalove još u svom začetku. Užasavao se od pomisli da možda i on dodje u iskušenje da se poput skolastičkih teologa počne baviti imaginarnim zadacima, poput onog o tome koliko anđela može stati na vrh igle.

Šta mu je drugo preostalo, nego da se, po ko zna koji put, vrati Euklidovoj geometriji i njenoj aksiomatici kao idealu istine. Ponovo je proveravao rezultate o kretanju Meseca oko Zemlje, koji su sledili iz njegove aksiomatske teorije, upoređujući ih sa eksperimentalnim podacima. I ponovo – prilično odstupanje. Ovog puta rešio je da istraje na iznalaženju izvorišta nesaglasnosti teorije sa eksperimentom. Korak po korak, Njutn se uveravao u ispravnost i logičku neprotivurečnost svog aksiomatskog sistema. Ali je isto tako zaključio da se Hajgensovom eksperimentu sa klatnom, kojim je merio ubrzanje Zemljine teže, nema šta dodati ni oduzeti. Baš tih dana, na sednici Kraljevskog društva, saznao je za nova Pikarova premeravanja poluprečnika Zemlje, na šta je imao samo uzviknuti: "Ah, pa da!" Trijumf je bio na pomolu. Došavši do jedne u svemu prihvatljive teorije, Njutn sada više nije osećao naročitu potrebu da odlazi na razgovore sa londonskim intelektualcima; mirno je čekao da oni dodju njemu na noge, u Kembridž.

U Londonu je, januara 1684, pala velika oplada u razgovoru tri člana Kraljevskog društva, Rena, Huka i Haleja. Ren je ponudio četrdeset šilinga onome od preostale dvojice koji za dva meseca donese korektan dokaz da se, uzimajući u obzir izraz za "silu" obrnuto srazmernu kvadratu rastojanja, dobije kretanje tela po elipsi, tj. prvi Keplerov zakon. Rečena dva meseca su uveliko prošla, a dokaz nije stizao. Halej avgusta odlazi u Kembridž i tu provodi jedno vreme s Njutnom. Jedno od pitanja koje mu je postavio bilo je upravo ono iz oplade, a Njutn je odmah dao odgovor o eliptičkom kretanju tela. Na insistiranje Haleja da mu kaže kako je to zaključio, Njutn odgovara da je "izračunao". Halej moli da mu se taj račun pokaže. Njutn medju svojim papirima dokaz nije mogao naći, ali je obećao da će mu ga poslati u London, makar ga morao ponovo izvesti. Novembra iste godine Njutn šalje Haleju prvi tekst, "De moto corporum", u kome se nalazi i traženi dokaz. Ovaj ga registruje u analima Kraljevskog društva, osećajući dobro njegovu težinu. Krajem godine ponovo posećuje Njutna u Kembridžu i postiže sa njim sporazum da on sva svoje razmišljanja o toj problematici publikuje o trošku Društva, a da će on, ukoliko bude finansijskih problema, biti sufinansijer. Usledila su laskanja koja su Njutnu jako godila. Senzacionalna knjiga publikovana je u tri toma. Njutnov trijumfalni pohod je bio nezaustavljiv.

I on sam je to dobro osećao, pa se nije ustručavao da se tih godina, rizikujući publikovaje samih "Principa", suprotstavi javno i kralju Džemu II,<sup>5)</sup> koji je želeo da u Englesku vrati katolicizam, a da bi u tome uspeo, valjalo je ubaciti katolike i na univerzitet. Naime, februara 1687. kralj je naredio da Univerzitet u Kembridžu izda diplomu magistra veština benediktincu A. Fransisu. Englezi, oduvek verni tradiciji, poštovali su međjutim, pravilo po kome su takvu diplomu

<sup>5)</sup>Vladao je od 1685, posle smrti Čarlsa II, do 1688, kada ga je narod zbacio zbog njegove apsolutističke politike.

mogli dobiti samo svršeni studenti Univerziteta uz obavezno polaganje zakletve anglikanskoj crkvi, a izuzetak se može činiti samo ako se ta diploma dodeljuje ambasadorima i stranim vladarima. Njutn je glavni u pripremanju argumentacije protiv kraljevog zahteva: Univerzitet takvu odluku ne može sprovesti, jer bi time narušio ustanovljenu propisanu proceduru... Razljućeni kralj smenjuje vicekancelara Univerziteta i time otpočinje "kembridžski proces". Smrću lorda Hemfrija, tužitelja, proces se prekida – benediktinac nije stupio u Kembridž. Sledeće godine Njutn, naravno, predstavlja Univerzitet u Parlamentu.

Prisutne članove Kraljevskog društva dr Vinsent obaveštava 28. aprila 1686. da je stigao manuskript Isaka Njutna "Matematički principi prirodne filozofije", u kome je "dat matematički dokaz Kopernikove hipoteze u onakvom obliku kako je to predložio Kepler, i gde se sva nebeska kretanja objašnjavaju na osnovu jednostavne pretpostavke o privlačenju ka centru Sunca, obrnuto proporcionalno kvadratu rastojanja." Petog jula iste godine tadašnji predsednik Društva, Semjuel Pips, izdaje odobrenje (imprimatur)<sup>6)</sup> da se delo štampa. A 5. jula 1687. godine iz štampe izlazi i treća, poslednja knjiga "Principa". Čitajući ono što su A. Koare, S. Vavilov i drugi napisali o Njutnu i njegovim "Principima", objektivan čitalac mora primetiti da su oni ovo delo prikazali sa dužnim poštovanjem, realistično, ali su mu, nažalost, pripisivali i neke osobine koje ono uopšte nema. Koare kaže: "Laplas je mogao nazvati Boga hipotezom – i to hipotezom koja mu nije potrebna – ali je za Njutna to bila izvesnost, i to izvesnost zahvaljujući kojoj su fenomeni – svi fenomeni – na kraju imali da budu objašnjeni."<sup>7)</sup> Tako Njutn i danas, kao i nekada za svoje savremenike, predstavlja simbol za transparentnost prirode i za njenu racionalnu spoznatljivost; kao da je s njim i njen tajanstveni jezik konačno otkriven! A u stvari, nije Njutn, već je renesansa donela sobom taj privid da je sve objašnjivo i da je priroda, šta više, u svojoj svojoj komplikovanosti, ipak nešto što se može poznavati i zauzdati. Njutn, međutim, rano, poput Sokrata, shvata da je najveća mudrost, baš naprotiv, biti svestan sopstvenih ograničenja. Shvata grčko "mimesis" i to da čovek uvek samo falsifikuje "fisis". On se odrekao prodiranja u fenomene! Pojmio je da se totalna povezanost prirode ne da zamisliti nikakvim aksiomatskim sistemom. – Dobro onda, mislio je on, priroda se ne može direktno opisivati, ali se zato može modelirati, može se posmatrati parcijalno, mogu se konstruisati teorijski sistemi koji će reprezentovati ponašanje prirode. I to predstavlja upravo samo jezgro, esenciju Njutnove novine: sa njim, prvi put u istoriji kulturne evolucije, zakoni postaju svojstva teorijskih, racionalnih sistema, a ne prirode po sebi!

Sve ovo treba da pokaže i dokaže da je Njutn otac moderne zapadne aksiomatske nauke. I njegova knjiga "PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA" prva je koja je napisana jezikom moderne nauke. U njoj su utisnuti simboli jednog od najvećih skokova u čovekovom mišljenju. Usudjujem

<sup>6)</sup> jer, na snazi je još bio zakon o cenzuri iz 1663. godine. Tek 1696. godine ostvario se Miltonov san o slobodnoj, nezavisnoj štampi.

<sup>7)</sup> A. Koyre, "Etudes Newtoniennes", Paris; 1968



se, sa punom odgovornošću, uporediti ga sa radikalnim skokovima nastalim u pradavnim vremenima: jezikom, pismom i pojmovnim mišljenjem (logosom).

Čovekovo oglašavanje još ne znači i govorenje. Čovek se emancipovao iz životinjskog sveta tek kad je životinjske signale zamenio simbolima. Za razliku od životinjskog jezika, koji se odlikuje nepromenljivošću šifrovane poruke, simbolički je jezik čoveku omogućio da unese u poruke subjektivno iskustvo. Jezik je omogućio mišljenje, a mišljenje je omogućilo distanciranje čoveka od ostalog sveta. I tako se, sa jezikom, za čoveka ostvarila era kreacija. Kada i kako se dogodio ovaj prvi veliki skok u čovekovo evoluciji, sa kojim počinje kultura, ostaće večna tajna, jer, u nedostatku fosilnih ostataka, evoluciju nije moguće potanko rekonstruisati. Sa pojavom jezika, znači, srušio se primat biološke evolucije. Nova komunikacija prevazišla je ono stereotipsko životinjsko — upozorenje i poziv — i krenula ka idejama, a to će reći da je prvi put u svetu prirode otpočela kulturna evolucija.

Drugi veliki skok u kulturnoj evoluciji čoveka možemo vremenski preciznije odrediti. Verbalni jezik nije bio dovoljan za ustrojstvo civilizacije. Pokazalo se da zajednički život veće skupine ljudi ne može opstati bez pisma, otkrića koje nam je u nasledstvo ostavila sumerska civilizacija. Sumerani su uspeli da prevaziđu slikovno beleženje i ideograme, te da stvore pisani znak koji ima govornu vrednost, koja nije više izolovana, već je deo sistema koji se može logički povezati. Njihovo slogovno pismo, u kome su reči uglavnom jednosložne i gde su promene izražene prefiksima i sufixima, biće baza pismima većine drugih naroda. Zahvaljujući sumerskom klinastom pismu, možemo se danas upoznati sa njihovim načinom života, umetnošću, znanjima o prirodi, tj. o njihovoj astronomiji, matematici, medicini, botanici... Ono što će kasnije za Evropu biti Grčka — to će za Semite i Grke biti sumerski gradovi-države: Uruk, Lagoš, Ur, Erida, Kiš, Nipur i Uma. Drevni sumerski tekstovi potvrđuju nam da je pre nauke, zapravo, — tehnika: tehnologija ratarstva stvara iglu i šilo, uže, čvor i razboj, lopatu, zavrtanj i plug... Živi se pomoću tehnike! Ratar je, očigledno, posedovao ono što bismo mi danas nazivali "praktično znanje". On pronalazi a da toga nije svestan. On ne zna šta može pronaći. Odnose medju stvarima otkriva slučajno, a tek kasnije on to "otkrice" ustali kao naviku. Nijedna rana tehnika — ona pračoveka, zatim Sumerana, Kineza, Asiraca, Egipćana, uostalom kao i Grka — nema ishodište u teorijskim naukama. Gradi se iskustvom i tradicijom. Antički graditelji, čije nas građevine danas zadivljuju, tehničari su! Njihove građevine stoje zahvaljujući sopstvenoj težini. Glavni konstruktivni element tih građevina su vertikalni stub i zid, horizontalne ploče i grede. Grci u građevinarstvu nisu izumeli luk, zato što se tehnike koje se zasnivaju na tradiciji i iskustvu sporo razvijaju, a imaju i tačke nagomilavanja koje se ne mogu preći.

Pa ipak, upravo u grčkim gradovima-državama dogodiće se sledeći veliki skok u kulturnoj evoluciji čovekovo: pojaviće se logos.

Složenost neposrednog opstanka, izazvana posnom zemljom, stalnim erozijama i zemljotresima, stalnim ratovima, menjala je lice Sredozemlja nevidjenom brzinom, tako da su Grci stekli izuzetno živo osećanje za vreme. Metaforičko prenošenje

značenja u jeziku postaje življe. To sve vodi boljem distanciranju prethodnog od budućeg u sadašnjosti. Počeli su se kritički postavljati prema svojim predviđanjima. Praksa je počela pokazivati da mit i religija ne predviđaju dobro buduće događaje. Zato su počeli slabiti tradiciju, a bogove prizemljivati, tako u VIII veku stare ere religija naglo gubi tlo pod nogama. Pesnici kazuju da određeni prethodni događaji redovno dovode do određenih posledica, magija sa Istoka uči ih da strogo ustanovljene radnje dovode do određenih rezultata. Za razliku od Kineza, Mesopotamaca, Egipćana, kod kojih je koncepcija ljudskog društva bila statička, nepromenljiva, koncepcija Grka bila je dinamična. Surova stvarnost, neprestana smena monarhije, demokratije i tiranije — nagoni ih da sebi počnu postavljati prva pitanja: o istini i laži, dobru i zlu. Na prvi pogled, ova pitanja pripadaju etici. Ali vrlo brzo će se pokazati da su to opšta ontološka pitanja, sa kojima se pojavila nova ljudska kreacija, koju danas nazivamo filozofijom, a čiji je neraskidivi deo u to vreme bilo i ono što danas nazivamo naukom. Da bi se pojavio logos, bilo je, izgleda, potrebno da Grci napuste mikenske palate, vladare i linearnu hijerarhiju, te da stvore duhovni i društveni svet polisa, čije je osnovno središte bio trg, a čija je centralna ideja bila vezana za pojam simetrije i ravnoteže. Sve je to doprinelo da se stvori sloj ljudi koji će se slobodno baviti umovanjem o suštini stvari. Iz tog ugla posmatrano, indijska i kineska filozofija su nešto mlađe od grčke, a o egipatskoj i vavilonskoj se i ne može govoriti. Tek će grčka misao, stvorena iz mentalnih i društvenih struktura novih gradova, sprovesti tu veliku transformaciju — od praktičnog empirijskog znanja ka strogo teorijskom naučnom mišljenju. Za Grke VII veka stare ere homo sapiens je pre svega homo politicus. Zahvaljujući "dijalektici tehne" grčkog homo politicusa, nauka će postati, po prvi put, i aksiomatski deduktivni sistem. Najveći doprinos grčke naučne misli svetskoj zajednici, nije, kako se često uzima, podvođenje sveta pod zakon broja (jer to podvođenje sveta pod zakon broja ima svoje ishodište u magijama i mitovima drevnih civilizacija), već je to, pre svih ideja o aksiomatskoj deduktivnoj geometriji,

Prvi grčki filozofi nisu bili zadovoljni kriterijumom "istinosti" koji su nametali magovi, mitotvorci i sveštenici. Sve što su pozajmili od magije, mita i religije oni su kritički preoblikovali. Logička analiza tajanstvenih slika i zagonetnih simbola vodila ih je novim značenjima, novoj slici sveta. Mitsko "postanje" oni su preoblikovali u "prauzrok" — u razumljiv princip iz koga se dedukcijom može izvesti zakon sveta. Tražeći prauzrok (arhe) svemu postojećem grčka je misao mitološko tumačenje nastanka sveta postepeno zamenjivala filozofsko-naučnim kosmologijama. Hesiodov početni kaos zamenjen je redom i skladom, znači kosmosom ranih jonskih filozofa, te tako sa Talesom započinje velika pustolovina zapadnog uma — traženje kosmičkih zakona. Koristeći se i matematičkim orudjem, prvi grčki filozofi su se nadali da će stići do apsolutnih zakona kosmosa. Iz agregatnih stanja vode Tales je izveo svoju vodenu kosmologiju. Staru egipatsku predstavu o Zemlji kao ravnoj ploči koja se oslanja na čvrstim osloncima on je razumski pobijao tako što se pitao šta podupire te prve oslonce. Dovodeći tako stvar do apsurdna, zaključuje kako se Zemlja ne oslanja, već pliva (i to na

vodi)! Nasuprot, znači, mitologiji i tradiciji, Tales je pokazao da se o stvarima prirode i društva može suditi i slobodnim mišljenjem. Sa Talesom započinje i velika prekretnica u geometrijskom mišljenju. Za razliku od Egipćana i Vavilonaca, on započinje sa deduktivnom geometrijom – počinje dokazivati poznate geometrijske stavove drevnih civilizacija. Jednu tvrdnju (teoremu: "periferijski ugao u polukrugu je prav") Tales dokazuje pomoću jedne druge tvrdnje (stava, po kome je četvorougao, kod koga su dijagonale međusobno jednake, nužno pravougao, ako se one još i polove). Polazeći od njemu očiglednih stavova, Tales dokazuje još dve teoreme: "prečnik deli krug na dva jednaka dela" i "dvema pravama u ravni tri paralelne prave odsecaju proporcionalne odsečke". Tako je sa Talesom započela matematička dedukcija, a sa njegovim učenikom Anaksimandrom je započela geometrijska astronomija. Ta je geometrizacija omogućila da kosmos postane "vidljiv", da astronomija od "zvezdane religije" postane teorijska nauka.

Ukratko želim da kažem da su grčki filozofi bili oni koji su stari kriterijum istinitosti u matematici – verifikaciju praksom – a koji je toliko bio poštovan kod kineskih, indijskih, egipatskih i vavilonskih matematičara – zamenili novim – verifikacijom putem teorijskih razloga.

Kako aksiomatika ima centralno mesto u pitanjima utemeljenja Njutnove mehanike, treba nešto reći o trenutku i mestu nastanka te autentično grčke ideje. Iako se na pitanje kako je Euklid došao na ideju da aksiomatizuje geometriju ne može u potpunosti odgovoriti, ipak analizom grčke kosmologije, filozofije i matematike, od Talesa do Euklida, može se mnogo toga dati.

Anaksimandrov učenik Anaksimenes uvidja važnost koju proces disanja ima za život ljudi, pa vezuje svoju kosmologiju za pojam vazduha.

Vršeći eksperimente sa zategnutom žicom, Pitagora je zaključio da harmonija ne zavisi od materijala instrumenata koji proizvodi ton, kao ni od apsolutne dužine žice, već da isključivo zavisi od brojnih odnosa, kao što su: 2:1 (oktava), 4:3 (kvarta), 3:2 (kvinta). Kako se u Egiptu upoznao sa magijom "svebroja", Pitagora se osmelio da svoje zaključke o muzičkim intervalima generalizuje u univerzalni zakon kosmosa – "sve je uređeno na osnovu broja". Zatim, učio je da su stvari sastavljene od geometrijskih figura, a da brojeve treba predstavljati geometrijski (jedan je "tačka", dva je "linija", tri je "trougao"...). To uzeto zajedno ima za posledicu da "stvari jesu brojevi"; "Princip svih stvari jeste monada, ili jedinica; iz ove monade proizilazi neodređena dijada (dvojstvo) i služi monadi – svom uzroku – kao materijalna podloga; iz monade i neodređene dijade proizilaze brojevi; iz brojeva tačke; iz tačaka linije; iz linija površine; iz površina čvrsta tela."<sup>8)</sup> Proglašavajući "logos broja" za "logos stvari", pitagorovci su započeli svoje temeljne studije matematike. Latinska reč "calculus", koja u doslovnom prevodu znači "kamenčić", jeste sećanje na vreme kada su se brojevi prikazivali tačkama (kamenčićima). Polazeći od vavilonskih rezultata za sume aritmetičke i geometrijske progresije nizova sa konačno članova, pitagorovci

<sup>8)</sup>D. Laertije, "Život i mišljenje istaknutih filozofa", Beograd, 1979.

su nastavili da traže sume raznih redova, pa su čak, za razliku od drevnih naroda, neprestano pokušavali da uspostave izomorfizam između aritmetike i geometrije. Poštujući princip stvaralačke snage koji je oličen u suprotnosti (granica-neograničeno, parno-neparo, jedno-mnoštvo, desno-levo, muško-žensko, mirujuće-pokretno, pravo-krivo, svetlo-tamno, dobro-zlo, kvadrat-pravougaonik), Pitagora u matematiku uvodi pojam parnog i neparnog broja.

Heraklit je za Pitagoru govorio da se "bavio istraživanjima više od svih ljudi /stvarajući tako/ svoju vlastitu mudrost, mnogoznalaštvo, prevaru", te da "naučiti mnoge stvari ne znači naučiti shvatati". Heraklit zato uči da je "mudrost jedina stvar"; ona nam govori da su "sve stvari zamena za vatru i vatre za sve stvari, isto kao što je roba za zlato i zlato za robu". Dalje, uvodeći dijalektiku suprotnosti, kaže: "Vatra živi smrću zemlje i vazduh živi smrću vatre, voda živi smrću vazduha, zemlja smrću vode", tj. "iz smrti zemlje postaje voda, iz smrti vode postaje vazduh, iz smrti vazduha vatra i obrnuto", te tako razvija uspešno svoj metafizički sistem u kome naglasak stavlja na nastajanje. Mudrost nam takodje govori i o tome, kaže Heraklit, da "sve ljudske zakone hrani jedan božanski; ovaj zapoveda koliko hoće i dovoljan je svima i čak sve nadmašuje." Bit sveta i duše vidi on u logosu. U centru njegove kosmologije stoji "večna vatra" i "večno kretanje".<sup>9)</sup>

Parmenid je svoje zapažanje o deduktivnog geometriji nastojao da proširi na svu spoznaju. Zakoni geometrije svoju strogost i apsolutnost crpu iz opštosti svog postupka; oni nikada nisu aproksimativni. Ti deduktivni dokazi, koji su u geometriji započeli da se primenjuju sa Talesom, omogućuju da geometrija svoje zaključke donosi sa strogošću apsolutne logičke nužnosti. Zato je Parmenid i zamislio da iz filozofije potpuno izbací čulno saznanje. Čula nas obmanjuju, uči Parmenid, ona su ta koja govore o nastajanju i promenama, "ali uzdrži svoju misao od takvog ispitivanja i ne dozvoli da te navika sa svojim mnogim iskustvima natera da na taj put baciš svoj zalutali pogled ili uvo koje čuje ili jezik, nego prosudjuj po razumu moj mnogo osporavani dokaz." U tom dokazu naglasak je na biću, tj. na Jednom: "Stvar koja se može zamisliti i ona zbog koje misao postoji jedno je isto, jer ne možete naći misao bez nečega što jeste, bez onoga čemu je rečeno."<sup>10)</sup> Građeci svoj metafizički sistem samo čistim mišljenjem, Parmenid se vešto služio logičkim identitetom i "metodom" isključivanja protivurečnosti.

Protiv Heraklitova i Parmenidova čistog mišljenja pitagorovsko se bratstvo u početku uspešno branilo; problemi su nastali onog trenutka kada su sami članovi bratstva, koristeći se novonastalim dijalektičkim metodom, zaključili da je dijagonala kvadrata nesamerljiva sa njegovom stranicom, i da se kvadrat ne može u konačno mnogo koraka sameriti sa krugom. Mi danas ne znamo tačno kako su pitagorovci izvodili dokaz o "inkomensurabilnosti" dijagonale i stranice kvadrata, jer je taj dokaz čuvan kao najstroža tajna, pa ćemo se zato poslužiti Aristotelovom rekonstrukcijom tog dokaza iz njegove "Druge analitike".<sup>11)</sup> Treba

<sup>9)</sup>Heraklit citiran prema H. Diels, "Die Fragmente Vorsokratiker", Berlin, 1922.

<sup>10)</sup>H. Diels, op. cit.

<sup>11)</sup>Aristotel, "Organon", Beograd, 1965.

dokazati, dakle, da  $\sqrt{2}$  ne može biti jednak količniku dva prirodna broja  $p/q$ . Pretpostavimo suprotno – da je  $\sqrt{2} = p/q$ . Pri tome pretpostavimo da  $p$  i  $q$  nisu oba parni brojevi (u protivnom oni bi se mogli kratiti sa 2, dok jedan od njih ne bi postao neparan). Kvadriranjem leve i desne strane početnog stava sledi da je  $2 = p^2/q^2$ . To znači da je  $p^2 = 2q^2$ , pa bi  $p$  morao biti paran broj (jer je kvadrat neparnog broja uvek neparan) i neka je jednak, recimo,  $2r$ . Ali iz  $p = 2r$  i  $p^2 = 2q^2$  proizašlo bi  $2r^2 = q^2$ , pa bi i broj  $q$  morao biti paran (jer je kvadrat neparnog broja uvek neparan), a to je sve suprotno početnoj pretpostavci da su brojevi  $p$  i  $q$  takvi da je jedan paran a drugi neparan. Ako, znači,  $\sqrt{2}$  nije jednak količniku  $p/q$ , sledi da smo dokazali nesamerljivost dijagonale i stranice kvadrata (u odnosu na prirodne brojeve).

Parmenidov učenik Zenon svojim nadaleko poznatim dijalektičkim metodom<sup>12)</sup> bitno je doprineo da se kriza u pitagorovskom bratstvu još više produbi. Braneći učiteljevo učenje o biću (ili o Jednom), Zenon se prihvatio složenog zadatka koji se sastojao u tome da pokaže da ne možemo istovremeno u osnov kosmologije postaviti i postojanje mnoštva i postojanje kretanja. U tu svrhu je, kaže Proklo, sastavio čak četrdeset dokaza! Nažalost, sačuvano je vrlo malo autentičnih Zenonovih tekstova, kao uostalom i od svih drugih predsokratovaca. Tako su poznata četiri Zenonova dokaza protiv kretanja ("Ahil", "stadion", "strela" i "dihotomija") do nas došla posredstvom Aristotelovih promišljanja o toj problematici.<sup>13)</sup> U svim aporijama protiv umnog konstituisanja ideje o kretanju, Zenon u dokaze ugradjuje misao da je beskonačnost nemoguće savladati korak po korak. Slično postupa i u dokazima protiv pitagorovskog pluralizma. Produbljujući krizu u protivničkim školama do krajnjih granica, do velikog matematičkog "skandala", on je zapravo doprineo da se sav grčki intelekt mobiliše u traženju izlaza iz novonastalih ćorsokaka. Ali, Zenon nije samo rušio protivnička učenja, već je i sam pokušavao da pokaže koji je to novi putokaz koji treba da ubuduće sledi grčka matematika. Ponudio je ideju o kontinuiranoj veličini, koja uspešno vodi razvijanju učenja o beskonačnim nizovima. Na njegovoj ideji da celina može biti jednaka svom delu matematičari XIX veka izgradili su svoju definiciju beskonačnosti kao objekta (aktualnu beskonačnost). Za Grke, koji još u matematici nisu imali pojam granice, pojedine Zenonove ideje bile su toliko smele i nove, da nisu ni mogle biti tada upotrebljene i kontinuirano razradjivane. Izlaz iz krize tražili su i drugi filozofi.

Čineći svojevrsan spoj između Parmenidova i Heraklitova učenja, Empedokle želi da izgradi novu kosmologiju na činjenicama iskustva (po kojima stvari nestaju i propadaju) i uma (po kojima su stvari sastavljene od neuništivih materijalnih čestica). I zato uvodi četiri elementa – "korena" svih stvari: vodu, vatru, vazduh i zemlju. Kao prvog pokretača, onoga koji meša osnovne elemente, uvodi dve metafizičke snage: ljubav i mržnju.

<sup>12)</sup> Aristotel tvrdi da je Zenon čak i pronalazač tog metoda, u kome se polazi od neke tvrdnje koju treba testirati i pokušava se svesti na apsurd. Zenonovu dijalektiku Hegel je prozvao "negativnom".

<sup>13)</sup> Aristotle, "Physique", Paris, 1973

Anaksagora, pak, pobudjen Zenonovim kontinuumom, pretpostavlja da je materija beskonačno deljiva, te da svaki izdvojeni delić sadrži delove svega. Mešanjem tih odeljenih najsitnijih čestica nastaju sve stvari. Anaksagorin kosmos je kosmos u kome je prvi pokretač svetski um (nous).

Kvalitativan atomizam Empedokla i Anaksagore – Leukip i Demokrit transformišu u kvantitativan. Leukip odbacuje Empedoklove i Anaksagorine prve pokretače i, za razliku od njih, a i Parmenida, uvodi, poput Pitagore, prazan prostor. "Zato i veli", piše Aristotel u svojoj "Metafizici", "da bivstvuje ništa više ne bivstvuje od ne-bivstvjućeg, jer ni praznina /nije/ ništa /manje/ bivstvjuća od tela."<sup>14)</sup> Na početku Leukipova kosmosa stoje atomi i prazan prostor, a njihovo kretanje i sudaranje sačinjava sve, pa i svet našeg iskustva. Nikakav prvi pokretač nije potreban po Leukipu, jer je kretanje samostalno svojstvo materije, koje čini da se sve "odvija s razlogom i nuždom".

Demokrit je dalje nastavio da razvija taj započeti Leukipov mehanicizam. Bio je to početak onog što danas nazivamo fizički atomizam. Fizički gledano, atom je najmanja veličina, geometrijski gledano – on to nije. Iako s matematičke tačke gledišta metod fizičkog atomizma nije imao potrebnu strogost, Demokrit je uspeo da reši nekoliko aktuelnih matematičkih zadataka svog vremena. Uspeo je, primenom svog metoda nedeljivih veličina (znači bez korišćenja beskonačne deljivosti), dokazati da je zapremina piramide jednaka trećini proizvoda osnovice i visine. Pošto je sveo tela na geometrijske objekte, prirodno je što je Demokrit zaslužan za razvoj stereometrije.

Nepoverenje prema kosmologijama posle Zenonovih logičkih čorsokaka, kao i promene koje su nastupile u V veku stare ere, a čija je osnovna karakteristika bila opšta demokratizacija javnog života, – poljuljali su uverenje da kosmološka učenja mogu biti osnova za izgradnju državnog i društvenog poretka. Lična korist pojedinaca postala je odjednom važnija od opšte. Sve je to pogodovalo da se pojavi sloj putujućih učitelja-sofista koji su deduktivni metod svojih filozofskih prethodnika zamenili empirijsko-induktivnim. Opravdanost svojih filozofskih doktrina oni nisu želeli da izvode ni iz kosmogonija, ali ni iz kosmologija, već iz neposrednog posmatranja prirode. Tako se rodila, recimo, ideja o prirodnom pravu. U centru njihovih enciklopedijskih promišljanja našao se na taj način čovek.

Taj sofistički pragmatizam, njegovo odricanje postojanja apsolutnih merila i normi, predstavljali su za Sokrata i Platona najobičniju obmanu čula. Zato Platon u "Zakonima" ističe da je ne čovek – već bog – mera stvari i da je "um taj koji vasioni daje red". Bila je to velika odbrana grčke ideje o kosmosu. Za matematičare je Platon pre svega značajan po tome što je u njegovoj Akademiji "dijalektička hipoteza" (tj. stav koji dva sagovornika obostrano prihvataju kao osnovno polazište svog razgovora) transformisana u "euklidski aksiom" (tj. zahtev jednog sagovornika da se njegova tvrdnja prihvati kao početna tačka razgovora). U

<sup>14)</sup> Aristotle, "Metaphysica", Oxford, 1957

toj je Akademiji bio pripremljen teren za pojavu euklidove aksiomatske geometrije. Preciznije rečeno, u Platonovoj se Akademiji, kao reakcija na poljuljanu intuiciju prostora, pojavila ideja o realizaciji jedne aksiomatske geometrije koja bi se temeljila pre svega na logičkoj intuiciji.

Pod Platonovim uticajem Eudoks je stvorio poznatu teoriju odnosa,<sup>15)</sup> a Teetet svoju teoriju iracionalnosti i teoriju pet pravilnih tela. Ta su tri autentično grčka matematička programa, zajedno sa idejom aksiomatizacije, praktično sva Euklidova "mudrost" "Elementa".

Sokrat je, kako nam saopštava Aristotel u "Metafizici", "prvi okrenuo mišljenje prema definicijama. Onaj /tj. Platon/, poveden time, pretpostavio je da ono /opšte/ biva po drugim /stvarima/, ne po čulnom. Jer, nemoguće je da postoji opšta definicija neke od čulnih /stvari/, budući da se one uvek menjaju. Dakle, ovaj /Platon/ je takva od bivstvjućih /koja nisu od čulnih/ nazvao idejama."<sup>16)</sup> Po Platonu, ideje ostaju uvek jednake same sebi, odvojene su od čulnih stvari i njima se bavi i nauka. Ideje (savršena bića) nisu samo vrline, već su to i matematički brojevi i geometrijski likovi. Ali, šta je onda za Sokrata i Platona bila istina? Da li je ona u pojmovima ili možda u opštosti postupka? U Platonovom "Fedonu" (dijalogu o idejama i besmrtnosti) Sokrat kaže: "Postavivši u svakom pojedinom slučaju za osnovu onaj stav koji mislim da je najpouzdaniji, uzimam kao istinu ono što mi se čini da se sa tim stavom slaže, a to se tiče uzroka i svega ostalog, a što se ne slaže, to ne uzimam kao istinu."<sup>17)</sup> Na tom je programu sagrađena i Euklidova aksiomatika. Evo šta Proklo, komentarišući "Elemente", posebno ističe: "Kogod sastavljao priručnik geometrije, mora odvojeno da obradjuje osnove te nauke, a odvojeno zaključke koje dedukuje iz tih aksioma (principa), on nije obavezan da ih dokazuje, ALI ON MORA DOKAZATI SVE ŠTO JE DEDUKOVAO IZ AKSIOMA (PRINCIPA)."<sup>18)</sup>

Sa Platonom reči postaju spoljašnji izraz unutrašnjih ideja. Intelektualne operacije uma mogu se razlučiti od emocionalnih, te se tako razvija koncepcija logike kao načina valjanog mišljenja. Na pitanje kako je moguće ljudsko saznanje kad se sve menja, Platon odgovara da pravo saznanje važi ne samo ovde i sada, nego uvek i svuda, te da je utemeljeno na demonstrativnom mišljenju, koje nije vezano za promenljive materijalne oblike, već za čisto apstraktne pojmove. Spajajući svoj idealizam sa Pitagorinim "svebrojem",<sup>19)</sup> Platonu se činilo da je idejom, tj. brojem, uspeo da sistematski obuhvati stvarnost. U svom "naučnom" spisu "Timaj" Platon geometrizuje materiju svodeći stvari na trouglove<sup>20)</sup> - ideja kojom

<sup>15)</sup>Upravo ta teorija snosi "krivicu" što Grci nisu došli do koncepta brzine, jer po njoj put i vreme, kao različite kategorije, nisu mogli biti stavljani u odnos.

<sup>16)</sup>Aristotle, "Metaphysica", op. cit.

<sup>17)</sup>Platon, "Odbrana Sokratova. Kriton. Fedon", Beograd, 1976.

<sup>18)</sup>Proclus, "A Commentary on Euclid's Elements", Princeton, 1970.

<sup>19)</sup>Ovakva vrsta fuzije idealizma sa "svebrojem" vaskrsnuće u novovekovnoj filozofiji kod Dekarta i Spinoze.

<sup>20)</sup>Pitagorina kosmologija, u kojoj su stvari "bile" prirodni brojevi, zapala je u mnogobrojne

se kasnije proslavio Galilej: "Knjiga prirode je pisana krugovima, trouglovima i kvadratima."<sup>21)</sup> Služeći se analogijom, tj. matematičkom proporcijom, Platon je zaključio da matematička bića (ideje) postoje, da su predmet matematike, te da se mogu videti "umnim okom". Za razliku od Platona, koji je stvorio predstavu o tome kako je fizičku nužnost moguće preobraziti u matematičku, njegov učenik Aristotel o fizičkoj nužnosti želi da govori prirodnim, a ne matematičkim jezikom.

Iako u Akademiji sluša Platona dvadeset godina, iako za vreme predavanja beleži učiteljeve misli (verovatno su to prve školske beleške), Aristotel će se iz godine u godinu sve više udaljavati od učenja o idejama. U većini važnih pitanja postaće čak učiteljev antipod. Platonovoj ideji, shvaćenoj kao postojanje opšteg po sebi, protivrstavlja Aristotel svoje shvatanje da opšte ne postoji po sebi, već da postoji u pojedinačnom. Preciznije rečeno, naše saznanje polazi od čulnog (pojedinačnog) i uspinje se do opšteg. "Prirodan put istraživanja", kaže Aristotel u "Fizici", "počinje od onog što je lakše spoznatljivo i što je očiglednije, i ide dalje ka onome što je još očiglednije i suštinski razumljivije." Aristotelova kvalitativna fizika nastajanja nije poznavala eksperiment; temeljila se pre svega na opservaciji, deskripciji i klasifikaciji.

Eksperimentalno proveravanje teorije zahtevalo je manuelan rad, a to nije bilo prikladno za slobodne građane grčke, koji su imali da teže "uzvišenim proučavanjima", filozofiji i politici, a ne veštinama; a veštinama, osim klasičnih zanata, smatrali su Grci i arhitekturu, muziku i slikarstvo! Tako su, u antici, na jednoj strani ostali filozofsko-naučni sistemi koje je stvorio razum i dedukcija, a na drugoj strani zanati koji su se oslanjali na iskustvo, tradiciju i eksperiment i koji su se stoga sporo modifikovali. Svet je imao čekati sve do Njutna, pa da se u jednoj osobi spoje činjenice i ideje, praksa i teorija, indukcija i dedukcija, analiza i sinteza. U Grčkoj su, pak, nepovratno ostali razdvojeni "praktično znanje" i filozofija nauka.

Grčka misao formirala je dve osnovne karike buduće "nove nauke" – opšte ideje i deduktivnu logiku; treća karika – eksperiment – bez koje je nemoguće konstituisati ljudsku kreaciju koju zovemo nauka – stvarala se u Evropi gotovo hiljadu i po godina. Njutn je u "Principima" uspeo te tri karike da ispreplete u jedinstveno pletivo "racionalne mehanike", prve aksiomatske teorije jednog segmenta prirode. Uspeo je da za klasu mehaničkih kretanja postavi principe iz kojih je dopustivim logičkim operacijama izveo činjenice koje je mogao eksperimentalno proveravati. Danas, kada velika većina fizičara fanatično veruje u progres nauke i u to da ona ide u smeru konačnog pojmovnog jedinstva, oni Njutnovu mehaniku vide isključivo kao preživeli bastion determinizma i reverzibilnosti, tj. vide je

---

protivrečnosti; zato Platon stvara kosmologiju u kojoj brojevi "učestvuju" u stvarima, u kojoj se racionalizacija stvarnosti postiže pomoću dva iracionalna elementa (broja):  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ . "Cigle" pomoću kojih Platon gradi tu novu kosmologiju su dva pravouga trougla čije se stranice nalaze u odnosima:  $(1, \sqrt{2}, 1)$  i  $(1, \sqrt{3}, 2)$ . Na pitanje zašto su baš ti trouglovi osnovni, Platon odgovara da "još dalja načela zna bog".

<sup>21)</sup>G. Galilei, "Il saggliatore", Opere, Firenze, 1964



kao fiziku strogih prirodnih zakona.<sup>22)</sup> Zaokupljeni samo svojom konkretnom fizičkom realnošću, oni uglavnom ignorišu svaku prošlost, svaku istoriju nauke. Nedostatak informacija o počecima nauke, kao i o osnovama nastanka raznih ideja, odavno ih je skrenuo sa Njutnovog kursa. Većina odavno luta u vodama Dekartove i Hegelove apsolutne nauke i večne istine. Zbog svega toga je i došlo do potpunog izjednačavanja Njutnove racionalne mehanike izložene u "Principima" sa onim što se obično naziva mehanicizam. Pošto se pokazalo nemogućim da se mehaničkim formalizmom opišu svi segmenti prirode, neopravdano se počelo sa omalovažavanjem Njutnovog koncepta nauke. A baš taj koncept u okviru istorije kulture, u celini gledano, uzdiže Njutna na novi Olimp čovečanstva. Metafizičke spekulacije i religiozno verovanje nisu mogli rešiti niz novih praktičnih problema koje je sobom nosila zapadna civilizacija u svom nastajanju. Kombinujući matematičko rasudjivanje sa fizičkim iskustvom, Njutn je uspeo da konstruiše jednu racionalnu tvorevinu koja je nudila algoritam za rešavanje nekih praktičnih problema. I tako je zapadna evolucija preko Njutnovih principa uvela u kulturu novo moćno oružje opstanka – "teorijsko predviđanje".

Rezimirajmo: posle jezika magije, mita, religije, filozofije, umetnosti, – konstruisanje naučnog jezika bio je još jedan pokušaj ljudske vrste da prodre dublje u tajne univerzuma. Značaj Njutnove knjige "Principa" ne ogleda se samo u rešavanju problema kretanja krutih tela brzinama mnogo manjim od brzine svetlosti, već je njen značaj pre svega u tome što ona predstavlja "bukvar" tog novog jezika. U tom "bukvaru" se, pored reči iz običnog jezika, nalaze i stručne reči, kao što su sila, masa,... a reči u tom novom jeziku drži na okupu skup datih principa, poput gramatičkih pravila običnog jezika. Za razliku od matematike, ovaj novi jezik ima svoj "rečnik za prevodjenje", pošto se snabdeo semantičkim pravilima koja teorijske modele povezuju sa realnim objektima iz čovekove okoline.

Naravno da između grčke misli (koja je započela borbu između racionalizma, empirizma i skepticizma) i "Principa" stoji – srednji vek. Antički kosmos i sistem ideoloških vrednosti bio je praktično srušen. Prema nebu se dizao novi srednjovekovni kosmos. Verodostojnost i objektivnost novog kosmosa temeljila se na apsolutnoj istini – Bogu. Put ka spoznaji tog Boga, međutim, jeste jedan beskonačan proces. Dok je kod Grka pojam beskonačnosti imao negativnu konotaciju (s obzirom da je čovekovom shvatanju prirodjeno samo ono što ima oblik, pa tako i granice), dotle se kod hrišćanskih otaca, počev od Filona Aleksandrijskog, ta negativna konotacija gubi i oni od ideje beskonačnosti konstruišu u svojim teološkim raspravama operativnu metaforu, koja sa Djordanom Brunom i Valisom ulazi i u savremenu nauku.

Hrišćanski teolozi-filozofi često su ponavljali poslanicu apostola Pavla: "Braćo, čuvajte se da vas ko ne zarobi filozofijom i praznom prevarom, po kazivanju

<sup>22)</sup>Zaboravljaju pri tome da se i u kvantnoj fizici pribori-uređaji za merenje opisuju u pojmovima klasične fizike, te da se dobijeni rezultati saopštavaju tim istim pojmovima. Bez te "reproducibilnosti" eksperimenata kvantnu fiziku je nemoguće zamisliti kao objektivnu i egzaktnu nauku.

čoveka, po nauci sveta, a ne po Isusu." Pa ipak, kada je jednom započela, borba između racionalizma, empirizma i skepticizma više nije prestajala. Zbog isprepletanosti teologije i filozofije tu je borbu u srednjem veku teško pratiti. Skepticizam se, na primer, transformisao uglavnom u teološki agnosticizam a iluminacionizam sv. Avgustina jeste, pre svega, hrišćanska varijanta platonizma. Benedikt i Grgur Veliki u malim verskim zajednicama podstiču "hrišćansku pragmatiku". Empirizam je od zanatstva i tehnike stvarao moć. Roba se množila u izobilju, obilje je izazvalo trgovinu, a trgovina je na raskrscima svojih puteva ponovo podigla velike gradove, u kojima je ponovo počela da cveta kultura. Krstaški su pohodi otvorili put ka Istoku i omogućili priliv raskoši, ali i raznoraznim jeresima, a to je bilo kobno za dogmu. Iz Misira dolazi jeftina hartija koja je zamenila preskupi pergament. Štampanje cveta. Fibonači (Leonardo Pizanski, 1180–1250) donosi u Italiju indijski način pisanja brojeva. Kompas i logom iz Kine, Ptolomejev udžbenik geografije – omogućuju pravljenje preciznih pomorskih karata, omogućuju otkriće Amerike. To otkriće skrenulo je najvažnije trgovačke puteve sa Sredozemlja na Atlantik. Španija, Francuska, Holandija, Portugalija i Engleska otimaju se za moć sa Italijom.

Koreni renesanse nisu samo u Italiji, kako se obično misli, već, naprotiv, i u Toledu u Španiji – srećemo ih još u XII veku. Škola prevodilaca u tom gradu zasula je Evropu latinskim prevodima zaboravljenih grčkih tekstova, koji su, opet, predstavljali prevode sa arapskog i hebrejskog. Ni perspektiva, koja se obično vezuje za italijansko renesansno slikarstvo, nije italijanska, već je plod delanja jednog arapskog matematičara i prevodioca: Alhazen u svojoj "Optici", najčitanijoj knjizi tog vremena, uspeva da reši prastari grčki problem o tome zašto izgleda kao da objekti pri kretanju menjaju veličinu. Uvodi perspektivu, koja omogućuje slikarima da im likovi postanu "pokretni". Bez tog kretanja teško da bi se i mogao zamisliti naučni preokret koji će tek da usledi. Grci taj problem nisu mogli rešiti, jer su njihove invarijante imale da budu statične, nepokretne, a ako su i vezane za pokret, bile su vezane za krug i jednoliko kretanje po njemu. Za hrišćane, pak, svet je bezvremenski savršen red sa duhovnom perspektivom. Njihova naučna pitanja nisu "kako?" i "koliko?", već "u kakvoj nameri?". Ključevi njihove nauke su teologija, etika i metafizika. Tako se u XIII veku, na primer, modernim smatralo učenje aristotelovca Svetog Tome.

Zanatstvo i praktični empirizam umetnosti uslovili su razvijanje induktivnih i eksperimentalnih metoda. Aristotelovo nasledje bilo je asimilovano i rekonstruisano na novim temeljima. To se može videti u udžbeniku Petra Španskog "Summulae Logicales", ili u Okamovoj knjizi "Summa Logica", u kojima je Aristotelova logika pojmova bila ponovo konstituisana iz perspektive teorije o supoziciji termina i gde su zakoni zaključivanja i silogizama bili utemeljeni na teoriji implikacija. Uz to, velika pažnja se posvećivala i "paradoksu lažljivaca" i drugim spornim semantičkim pitanjima, a sve sa ciljem preciznijeg, ekonomičnijeg oblikovanja govornog jezika.

Prilazeći sada bliže Njutnu, prisetimo se za trenutak izreke koja se njemu pripisuje: "Ako sam video malo dalje od drugih, to je zbog toga što sam stajao na

ramenima divova." Odomaćilo se shvatanje kako je on pritom mislio na Dekarta, Keplera i Galileja. Možda je to tako, ali isto tako može biti da je lista za njega bila nešto duža i da su na njoj još i Bekon, Hobs, Bojl, Barou i Hajgens. A pre svih, naravno, Euklid.

U renesansi evropski se um spremao za svoju najveću pustolovinu. Činjeni su pokušaji da se paganska poezija i filozofija usklade sa hrišćanskim osećanjima. Ponovo je oživela Platonova dramska slika sveta. Renesansni su slikari počeli predstavljati svece kao matematičare i prirodnjake na svojim umetničkim delima. To možda najbolje potvrđuje Botičelijeva slika "Sv. Avgustina" iz crkve Onjisanti u Firenci. Izraziti predstavnik renesanse, Piko dela Mirandola, u svojoj knjizi "Heptaplus"<sup>23)</sup> pokušava da dogradi ono što su započeli pojedini patrističari — da uskladi Platonovog "Timaja" sa "Postanjem", tj. "Prvom knjigom Mojsejevom". Sve te promene mišljenja kod renesansnog čoveka možda najbolje ilustruje Rafaelova "Atinska škola", na kojoj su u središtu Platon sa "Timajem" u ruci i Aristotel sa svojom ne "Fizikom", već "Etikom".

"Coincidentia oppositorum" humaniste i kardinala Nikole Kuzanskog odigrala je ključnu ulogu pri transformaciji srednjovekovne sholastike u nove racionalne sisteme. Od vremena Nikolinog "učenog neznanja" i<sup>24)</sup> "nerazumljivog razumevanja" ponovo postaje lako pratiti odnos između racionalizma, empirizma i skepse. Braneci se od Montenjevog skepticizma<sup>25)</sup> i Bekonovog empirizma, Dekart pokušava da pronadje jednu sigurnu metodu za vođenje misli. Obogaćujući Platonov svet matematičkih bića analitičkom geometrijom, on zasniva racionalističko učenje, po kome je mišljenje nadređeno posmatranju i po kome su principi uma matematičke prirode. U svojoj "Raspravi o osnovama filozofije" Dekart kaže: "Sve što sam do sada prihvatao kao najistinitije, prima sam neposredno ili posredno preko čula; ali njih sam povremeno hvatao u obmani, te kao pravilo mudrosti važi — nikad ne poklanjati poverenje onim čulima koja su nas makar i jednom obmanula... Sada znam da telo u stvari ne shvatamo čulima ili sposobnošću predstava, već razumom, i ne onda kada ih dodirujemo i gledamo, već samo onda kad ih mislimo." Hoteći da odvoji filozofiju od teologije, on je postigao nešto mnogo više. Uspeo je da uzdigne razum iznad autoriteta vere, razorio je sholastiku, no opet svoj sistem apsolutnog saznanja nije dosledno izveo, ostao je na pola puta. On je više izmišljao nego što je ispitivao i njegova je fizika ostala geometrija — tj. matematička sholastika. Mersenu piše: "U mojoj fizici nema ničega što se ne nalazi u geometriji". Iako je učio da nauka ima da bude zasnovana na matematici i eksperimentu, to u svojoj fizici nije uspeo smisljeno da poveže. Ukratko: Dekart — to je zaljubljenik matematike — toliko veliki, da za ceo život nije uspeo nigde valjano da je primeni.

<sup>23)</sup>"Heptaplus ili rasprava o sedmodnevnom stvaranju sveta" bila je posvećena Lorencu Veličanstvenom.

<sup>24)</sup>Nikola Kuzanski je još sredinom XV veka, znači, zapazio da sa rastom naučnog znanja opada puko neznanje, ali raste tzv. "učeno neznanje".

<sup>25)</sup>"Nema istine koja nije demantovana, kao što nema ni gluposti koja već nije negde napisana kao istina" — govorio je Montenj.

Bekonov empirizam nešto je stariji od Dekartovog racionalizma. Vizije i slutnje "madjijske ontologije" renesanse glasno i jasno prvi je formulisao Fransis Bekon. Napadajući propalo učenje o silogizmu, on se zalaže za uvođenje nove naučne metode u fizici i logici. U knjizi "Novum organum"<sup>26)</sup> on je izložio svoju induktivnu logiku, protivstavljajući je logici Aristotelova "Organuma". Po njemu, deduktivna logika ne može da zasnuje teologiju predviđanja, te je moramo dopuniti induktivnom logikom. Bekon veliča indukciju, ali ne onu aristotelovsku, dakle, koja se primenjuje u obliku jednostavnih nabiranja predmeta sa datim svojstvima, već svoju "tabličnu". Iako se zalagao za eksperiment i indukciju, bio je loš eksperimentator i posmatrač i celog života je ostao apstraktni logičar. Zato je i ostao samo prorokom moderne nauke, a ne i njenim osnivačem. Napomenimo, uzgred, da je vrlo slabo poznao matematiku i da je želeo da iz nauke potpuno izbaci hipoteze.

Godine 1600, dok u Italiji, u Rimu, na Cvetnom trgu, papa i kardinali spaljuju Djordana Bruna,<sup>27)</sup> u Holandiji optičari već prave prve mikroskope, a u Londonu Gilbert izdaje "De Magnete magneticisque corporibus et de magno magnete Tellure physiologia nova". Ta je knjiga, izgleda, Fransisa Bekona definitivno odvela na put empirizma, a što je dalo prve rezultate već 1605. godine u studiji o "Napretku nauke". Tako se empirizam vrtoglavom brzinom počeo širiti Evropom. Rezultati nisu izostali. Gerike pronalazi vazдушnu pumpu. Harvej otkriva krvotok. Toričeli, Galilejev učenik, konstruiše barometar. Bojl postavlja zakon o odnosu pritiska i zapremine gasa. Pokazuje da rdajuće gvozdje dobija na težini. "Ja sam pokušao", kaže Bojl, "obradjivati hemiju sa sasvim drugog gledišta, ne kao lekar, niti kao alhemičar, nego kao prirodni filozof." U takvoj "hemiji", koja se iscrpljivala u pripremanju lekova i topljenju metala, jasno definiše pojam elementa.

No za većinu istoričara nauke najmarkantnije figure do Njutna su Galilej i Kepler. A govoriti o njima – znači, pre svega, govoriti o dva sistema sveta (geocentričnom i heliocentričnom).

Na crkvenom saboru u Bazelu 1431. godine Nikola Kuzanski ukazuje na netačnost kalendara i predlaže njegovu reformu (ispuštanje sedam dana i dr.), a u svojoj poznatoj raspravi "De docta ignorantia" kaže da je vasiona beskonačna, pa stoga nema središte (znači, Zemlja nije središte); i još kaže da pošto je u prirodi svih tela da se kreću, sledi da se i Zemlja kreće. Takva razmišljanja Kuzanskog bila su u potpunoj suprotnosti sa Svetim pismom i crkveni oci su ih odbacili. Ali, time nije nestalo i pitanje o reformi kalendara. Pomeranje prolećne tačke bilo je realna potreba, sa kojom su se suočavala i naredna pokoljenja.

<sup>26)</sup>Bekon mišljenje želi da oslobodi od mnogih zabluda vezanih za idole (pećine, plemena, trga i pozorišta) ističući da "pravi i valjani cilj nauke nije ništa drugo nego da ljudski život snabde novim pronalascima i dobrima"; te da je "indukcija onaj oblik dokazivanja, koji pomaže čulo, drži se prirode, vrlo je blizu radnje i gotovo se meša sa njom". – F. Bekon, "Novi organon", Zagreb, 1986.

<sup>27)</sup>Brunova kosmologija i alegorije nikako nisu bile po volji rimokatoličkoj crkvi. Oslanjajući se na Kopernikove revolucionarne astronomske misli, Bruno gradi beskonačni kosmos, rušeći tako od crkve priznatu Aristotelovu koncepciju prostora. U alegoriji "Trijumf zveri" Bruno se osmelio da kritikuje ne samo religiju i sveštenstvo, već i papu lično...

I Kopernik je bio uključen u rad jednog crkvenog veća, koje se bavilo pitanjem reforme kalendara. "Potrudio sam se što sam više mogao", kaže on, "da ponovo pročitam sve knjige starih filozofa, do kojih sam mogao doći, da vidim da li je kogod drugi bio različitog mišljenja o kretanju nebeskih tela no što se to sada uči u školi." Najviše je o toj problematici mogao naći kod Plutarha ("O izgledu Meseca u putanji"), Arhimeda ("Račun sa peščanim zrcima") i Simplikija ("Objašnjenja u Aristotelovim knjigama o nebu"). Sve ga je to vodilo ideji o trostrukom kretanju Zemlje: godišnjem (revolucija oko Sunca), dnevnom (Zemljina rotacija) i precesionom (kretanje Zemljine ose). U delu "De Revolutionibus orbium coelestium Libri VI" (1543.god.) Kopernik je oživeo drevno pitagorejsko gledište (od Filolaja do Aristarha) o kretanju Zemlje. Pa ipak, bez obzira na sve novine, u toj je knjizi i dalje boravio Aristotelov duh. Na samom početku piše Kopernik: "Vasiona je sfernog oblika, jer je to od svih mogućih najsavršeniji oblik... i zato nikada u to neću posumnjati, jer je to oblik koji pripada božanskim telima... I Zemlja je sfernog oblika, jer se odasvud oslanja na svoje središte... Kretanje nebeskih tela je kružno, jer samo krug može povratiti prošlost." Čak su i epickli ostali, samo što je njihov broj sa 42 (u geocentričnom sistemu) smanjen sada, kod Kopernika, na 34. Bez obzira na sva poboljšanja koja su se tu nudila teolozi su odbacili Kopernikov sistem sveta jer je bio u suprotnosti sa Svetim pismom; međjutim taj su sistem sveta odbacili i učenjaci i filozofi (Tiho Brahe, Fransis Bekon, Blez Paskal). Naukom i filozofijom je, dakle, još uvek, zapravo, vladao Aristotelov kanon ih "Druge analitike", kao i ideja hrišćanske teologije i klasične metafizike o čoveku kao svrsi svemira. Kao da se tok stvari ponavljao (uzmemo li da je Kopernik oličenje Aristarha, Brahe — Hiparha, a Bekon — Aristotela), kao da su ljudi od autoriteta rešili da, uz pomoć Aristotelove ontologije prirode, ponovo preseku započeti razvoj heliocentričnog sistema.

Spas za novi sistem sveta video se samo u izgradnji jedne nove paradigme mišljenja, koja bi se u praksi pokazala nadmoćnijom od peripatetičarske. Novo svetlo u spor oko "sistema sveta", tj. novo svetlo na putu ka Njutnu i novoj metaparadigmi mišljenja, uneli su Kepler i Galilej. U iracionalnoj potrebi da podrže Kopernikov sistem, oni su Aristotelov autoritet počeli zamenjivati Platonovim. Naslućujući da jezik zdravog razuma nije u stanju da formuliše opšte principe, počeli su se vezivati za Platonove ideje, koje su obećavale da je čulni svet moguće razumeti matematičkim mišljenjem. Bio je to prvi i najprimitivniji korak ka budućoj racionalnoj mehanici. U tom rušenju Aristolovog naučnog metoda Galileja je vodilo "blaženo neznanje" (jer je on samo površno bio upoznat sa matematikom, astronomijom i fizikom tog vremena), a Keplera hrišćanski platonizam.

U delu "Harmonia mundi" Kepler piše da "hrišćani znaju da su matematički pojmovi prema kojima će se stvoriti telesni svet večni, zajedno s Bogom; da je Bog duša i um u božanskom najpravilnijem smislu reči i da su ljudske duše slike Boga stvoritelja... /da je/ geometrija svječna umu božijem još pre stvaranja — ona je sam Bog, /te da je/ ušla u čoveka sa likom božijim." A u delu "O pojavi nove zvezde u sazvežđu Serpentarius" Kepler tvrdi da su "tragovi geometrije izradjeni

u svetu, tako da je geometrija, takoreći, jedna vrsta praslike sveta (arhetip)". Po Kepleru, dakle, onaj ko služi Bogu i poštuje ga, taj čita pomoću geometrije knjigu prirode (tj. bavi se filozofijom prirode).

"Oduševljen drevnom pitagorejskom idejom o muzici sfera", kaže za Keplera Pauli, "/.../ on je u kretanju planeta pokušavao pronaći iste odnose koji se javljaju u harmoničnim tonovima i u pravilnim mnogostraničnim telima. Za njega, pravog duhovnog potomka pitagorejaca, sva je lepota u ispravnom odnosu, jer je geometrija praslika lepote sveta."<sup>28)</sup>

Tako Kepler, pun predrasuda klasičnog animizma, provodi ceo život u borbi sa samim sobom i teleološkim principima sa jedne strane, a sa druge sa Braheovim merenjima koja ukazuju da se planete kreću po elipsama kod kojih je u jednoj žiži Sunce, te da se po većem delu putanje kreću jednoliko a brže onda kada se približe Suncu. On je tragao čak i za opštim prirodnim zakonima iz kojih bi kao posledica sledili već konstruisani empirijski zakoni. Njegovim putevima su se kretali Boreli i Huk.

Iako na samom prelazu kvalitativne fizike u kvantitativnu, iako iznalazi neke osnovne empirijske zakone, Galilej se ipak ne može smatrati ocem moderne nauke iz jednostavnog razloga što on nije bio u stanju da konstuiše jedinstvenu teoriju koja bi na zadovoljavajući način koordinirala činjenice. Bio je i ostao vizuelan fizičar. Za njega je sila još uvek impetus. Zato će njegova fizika ostati kinematika. O tome nam najbolje svedoči sam Galilej u "Raspravi i matematičkim dokazima o dvema novim naukama": "Ne čini mi se da je sada zgodno vreme da se ulazi u istraživanje uzroka ubrzanja pripodnog kretanja, o kojima su razni filozofi stvorili razne nauke... Namera je vašeg autora samo da istražuje i pokaže neka svojstva ubrzanog kretanja, kakav god bio uzrok njegovog ubrzanja."<sup>29)</sup>

Iako blizu nekoliko generalizacija, on nema snage da ih formuliše. Skoro ceo život se mučio sa pojmom brzine – stalno govori o brzini predjenog puta, uzimajući je skalarno. Tek će pred kraj života pokazati razumevanje za trenutnu vrednost brzine, ali neće umeti da je matematički iskaže.

Najveći Njutnov konkurent za počasno mesto osnivača nove nauke biće ne ratoborni Galilej, niti Huk, već sistematični Hajgens. Realno posmatrano, jedini je on Njutna mogao preteći. U svom traktatu o svetlosti on u uvodu kaže: "Ovde se principi proveravaju posledicama koje se iz njih izvode." Dvadeset godina stariji od Njutna, još 1659. – prvi u istoriji nauka – daje kvantitativan izraz za neku silu – za centrifugalnu silu; taj rezultat publikuje bez dokaza 1673, a dokaz mu se pojavljuje tek 1703. Izvodi zakon konzervacije kinetičke energije u

<sup>28)</sup>C. G. Jung, W. Pauli, "Naturerklärung und Psyche", Olten, 1970

<sup>29)</sup>Praveći dinstinkciju između dinamike i kinematike, Galilej kao da se u stvari poziva na ono što su već bili utemeljili članovi Merton-koledža u Oksfordu (Tomas Bradvordajn u "Raspravi o kretanju" i Ričard Svajnsهد u "Knjizi izračunavanja" – potonju je izuzetno cenio čak i Njutn). I uopšte, Galilej, za ono što je dao, duguje još mnogo kome: Filoponu ("utisnuta snaga"), Buridanu ("impetus"), Nikoli Oremu...

elastičnim sudarima, konzervaciju impulsa — ali šta to sve vredi, kada nije mogao da se oslobodi Dekartovog uticaja. Visokom cenom je platio tu svoju privrženost kartezijskom racionalizmu, koja je išla preko granica njegova razuma. Hajgens smatra da se eliptičko kretanje planeta ne može objasniti isključivo mehaničkim putem, te svoju zemaljsku silu ne primenjuje na nebeska kretanja. Konstruiše, uz ostalo, časovnik sa klatnom (proučava oscilacije klatna), formuliše i koristi princip relativnosti, prvi daje nacрте парне маšине! Hajgensu je teško palo što mu je izmaklo veliko otkriće gravitacije. On je to ipak priznao dostojanstveno; kaže: "Nemam ja ništa protiv Njutna i njegove vis centripeta, pod uslovom, dakle, da to može objasniti i da nije neophodno priznati gravitaciju kao urodjeno svojstvo svih tela." — Kad kaže "urodjeno", misli da je Njutn prihvatio Kopernikovu — a i Galilejevu — koncepciju da je gravitacija izraz unutrašnje tendencije homogenih delova da se sjedine i sačine celinu. Za razliku od toga, kao i Dekart, misli da su tela teška zato što su gurana ka Zemlji silom nekih drugih tela, ili, preciznije, vihorom suptilnih i teških materija koje se ogromnom brzinom kreću oko Zemlje. On sam pokušaćе, čak, da objasni da je uzrok gravitacije u kretanju, te da tako gravitacija nije mehanički neobjašnjiva sila. Kaže: "Tako ja nemam ništa protiv u vezi sa vis centripeta, kako to gospodin Njutn zove, i čime on objašnjava gravitiranje planeta oko Sunca, a i Meseca oko Zemlje, već se s njim slažem bez ikakvih poteškoća. Jer, ne samo što iskustvo pokazuje da u prirodi postoji takav način privlačenja ili impulzije, već i da je sve to objašnjivo zakonima mehaničkog kretanja kao što ću ja pokazati." Ali pokušaj, naravno, nije uspeo.

U tome baš i jeste osnovna razlika između Njutna i Hajgensa, bolje reći između Njutna i svih ostalih naučnika. Evo kako, na primer, kartezijanac Regis prikazuje u Parizu onog vremena Njutnove "Principe": "Njutnovo delo je nauka o kretanju tela, najsavršenija koja se zamisliti može, jer nije moguće učiniti demonstriranja preciznijim, a niti tačnijim, od onih koja on daje u svojoj knjizi. Mora se, ipak, priznati, da bi ovaj opus učinio što je moguće perfektnijim, gospodinu Njutnu preostaje da nam da fiziku isto tako tačnu kao što je tačna i njegova mehanika, a to će nam dati tek kad /u jednačine uvede/ prava kretanja, a ne ona koja on samo pretpostavlja, i kada nam da uzrok te sile!" Isto traže Lajbnic, Huk...

Njutn im svima odgovara u pretposlednjem pasusu "Principa" (u drugom izdanju): "Do sada smo objašnjavali pojave na nebu i na moru pomoću sile teže, ali još nismo odredili uzrok te sile... Do sada nisam uspeo da otkrijem uzroke osobina teže iz pojava, a ja ne fingiram hipoteze." Njutn koji je latinski znao isto tako dobro kao i engleski, nikad nije upotrebljavao reč "frame", kojom se Mot koristio u svom prevodu "Principa"; prema tome pod "non fingo" Njutn je podrazumevao *ne lažiram* (hipoteze) — ne izvlačim iz njih nemoguće. Veliku štetu prirodnoj filozofiji, piše on u latinskom izdanju "Optike" (1706), čine oni koji "fingiraju hipoteze da bi sve stvari objasnili mehanički". E to je ta esencija: Njutn nas uči da ima stvari koje nije moguće objasniti mehaničkim principima.

Eto, to je ta prekretnica u zapadnoj nauci, koju ja ovde želim da istaknem. Jer, podsetimo se: za Dekarta, Galileja, Hajgensa i Huka priroda je nešto što je

moguće svesti na mehaničko kretanje.

Da bi mogao izvršiti sintezu iskustva i matematike, da bi mogao sprovesti svoju metodu u teorijama "Principa", pogledajmo s kojim se sve problemima Njutn sretao. Za razliku od Dekarta, koji govori o prostiranju i kretanju, on je razdvojio materiju od prostora i govori o materiji, kretanju i prostoru. Do Njutna, kretanje, kao i mirovanje, smatrani su statusima samih tela, oni su "obitavali" u njima. Njutn kaže: "Tela su u kretanju ili stanju mirovanja samo jedno prema drugom, ili prema praznom prostoru." Kretanje i mirovanje on stavlja na isti ontološki nivo, oni se više ne mogu razlikovati. Kretanje i mirovanje više ne postoje u samim telima, zato mu je i bio potreban prvi princip, koji glasi: "Corpus omne perseverare in statu quo quiescendi vel movendi uniformiter in directum nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare." – Kazaće ko da takvo kretanje ne postoji u prirodi; ali, taj princip nije tu da bi govorio o kretanju realnih tela, naprotiv, on je tu da govori o kretanju hipotetičkih tela u<sup>30)</sup> Euklidovom (geometrijskom) prostoru. On je tu zato da nam kaže da je uzrok promene u stanju kretanja tela sila i još da nam da jednakost vremenskih intervala.

Nama danas to može izgledati tako obično, jer posle toliko praktične koristi i eksperimentalnih potvrda Njutnove mehanike, zar bi nam se i moglo činiti drugačije? Ali, njegovim savremenicima takvi stavovi o sili nisu se činili razumljivim. Šta su sile? – pitali su oni, zašto se tela privlače? Šta je gravitacija? Kako to ona deluje na daljinu? Škrt u izjavama, Njutn nije hteo da ponavlja već rečeno; pa već je napisao da on ne fingira hipoteze! Posle takvih napada čak je pomišljao da se povuče u samostan Trinitati-koledža. A to što ga za njegova života, i, naravno, kasnije njegovi sledbenici, pogrešno interpretiraju – on ne može biti odgovoran. Kot, Kil i Pemberton "propovedaju" da je gravitacija suštinsko svojstvo same materije, da je to fizičko svojstvo. Njutn to nigde i nikada nije rekao; on stalno podseća da se ne bavi stvarnošću, već "matematičkom filozofijom" te stvarnosti.

Ne zaboravimo da je i Kepler pomislio da postoji sveopšta gravitacija, i on je pomislio da se tela privlače. Ali, Keplerova gravitacija je linearna funkcija rastojanja – pogrešno, kao što je stalno pogrešno mislio i da je zakon brzina inverznih udaljenosti ekvivalentan zakonu površina. Grešili su i drugi, jer su se oslanjali samo na dedukcije iz opštih principa. Grešili su zato što nisu mogli da se oslobode želje da tragaju i otkriju "zašto" je nešto takvo kakvo jeste. Zamenjujući pitanje "zašto?" pitanjem "kako?", Njutn sebi grešku nije dozvolio! Primetio je da se zgrada nauke može nesmetano graditi i ako ne znamo šta je suština gravitacije.

Uostalom, gradeći svoju racionalnu mehaniku, on, osim gravitacije, obuhvata i ostale sile mehaničke prirode (magnetne i električne oprezno ostavlja po strani). Predmet njegove racionalne mehanike jeste kretanje, a sila je definisana kao

---

<sup>30)</sup>Geometrijskom objektu pridružuje se masa – skalar koji reprezentuje materijalnost tela.





# AXIOMATA SIVE LEGES MOTUS

Lex. I.

*Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

**P**rojectilia perseverant in motibus suis nisi quatenus a resistentiis aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes coherendo perpetuo retrahunt sese a motibus resistenciis, non cessat rotari nisi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatio minus resistenciis factos conservant diutius.

Lex. II.

*Mutatio motus proportionalem esse vi motrici impressae, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, sive simul & semel, sive gradatim & successive impressa fuerit. Et hic motus quoriam in eandem semper plagam cum vi generatrice determinatur, si corpus antea movebatur, motui eius vel conspiranti additur, vel contrario subducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo secundum utriusque determinationem componitur.

Lex. III.

[ 14 ]  
Lex. III.

*Alioni contrarium semper & aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se invicem semper esse aequales & in partes contrarias dirigi.*

Quicquid premit vel trahit alterum, eandem ab eo premitur vel trahitur. Siquis lapidem digito premit, premitur & hujus dignus a lapide. Si equus lapidem funi allegatum trahit, retrahetur etiam & equus aequanter in lapidem: nam funis utriusque distentus eodem retardandi se conatur urgebit Equum versus lapidem; ac lapidem versus equum, tantumque impedit progressum unius quantum promovet progressum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum eius vi sua quomodocumque mutaverit, item quoque vicissim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob aequalitatem pressiois mutuae) subibit. His adionibus aequales sunt mutationes non velocitatum sed motuum, (sicut in corporibus non alitunde impediatis: Mutationes enim velocitatum, in contrarias videm partes factae; quia motus aequaliter mutantur, sunt corporibus reciproce proportionales.

Corol. I.

*Corpus viribus conjunctis diagonalem parallelogrammi eodem tempore describit, quo latera separatis.*

Si corpus dato tempore, vi sola M, ferretur ab A ad B, & vi sola N, ab A ad C, completatur parallelogrammum ABDC, & vi utraq; ferretur id eodem tempore ab A ad D. Nam quoniam vis N agit secundum lineam AC ipsi B D parallellam, haec vis nihil mutabit velocitatem accedendi ad lineam illam B D a vi altera genitam. Accedet igitur corpus eodem tempore ad lineam B D sive vis N imprimatur, sive non, atq; adeo in fine illius temporis reperietur alicubi in linea illa



njegov uzrok. Evo kako Jakob Bronovski brilijanto opisuje Njutnov samogovor onog dana kada je pojmió da je

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} :$$

" 'Ako bacim kuglu, ona će pasti na tlo. Ako je bacim jače, pašće još dalje. Budem li u stanju baciti je upravo tako jako da padne tačno onom brzinom kojom se horizont okreće, ona će obići ceo put oko sveta.' Predivno. Sve same pretpostavke – da je svet okrugao, da će se kugla ponašati tako i tako – ali, uprkos tome, divna, visoka imaginativna koncepcija, čudesan primer virtuoznosti. Njutn je video sve to. Nacrtao je lep dijagram. Kugla će, padajući, obići svet. Koliko će joj trebati? To je lako izračunati, okruglo dvadeset minuta. Naravno, 1666. godine, kada je Njutn ovo izmislio, niko nije bio pripravan graditi skupe mašinerije kako bi poslao ljude oko sveta, pa da vidi hoće li se vratiti za dvadeset minuta. Njutn nije imao nikakve fondove, potpore, subvencije, novac tajnih službi. Ali, imao je Mesec. Rekao je: 'Naravno, ne mogu baciti kuglu oko sveta, ali zamisliću da je Mesec kugla bačena oko sveta 250.000 milja visoko, i, eto, tamo je. Koliko dugo treba da obidje svet?' To je već teže. – On je znao vrednost gravitacije na Zemljinoj površini, pa je lako bilo izračunati za kuglu. Rekao je: 'Pretpostavimo da je zadata zakonom obrnutih kvadrata. Koliko će vremena trebati Mesecu da obidje Zemlju? Ispada da mu treba 28 dana.' Kao što je Njutn i rekao, 'približno se poklapa'.<sup>31)</sup>

Prirodni su se zakoni, jasno, i ranije dali izraziti brojem. No sada, kod Njutna, taj jezik uključuje brojeve koji opisuju vreme. Prirodni zakoni postaju zakoni kretanja, a sama priroda nije više niz statičkih ramova, nego prirodni tok kretanja. Njutnova fizika prerasla je geometriju i kinematiku: postala je dinamika!

Njutnova poruka svatu glasi da njegova istraživanja nisu iznalaženje uzroka, već zakona. U časopisu "Memoirs of Literature" (1712, XVIII), odgovarajući na Lajbnicove napade, Njutn kaže: "Rezultati kretanja planeta pod uticajem gravitacije, bez znanja o uzroku gravitacije, jednako je vredan napredak u filozofiji kao i rezultat gradnje sata bez poznavanja uzroka kretanja utega."

Prvi aksiom (princip), kao što smo već rekli, jeste tu da nam, sa jedne strane, kaže da je uzrok kretanja (kao osnovnog predmeta izučavanja Njutnove racionalne mehanike) u sili, ali on, sa druge strane, implicitno definiše jednakost vremenskih intervala. Samo za one koji formalno izučavaju racionalnu mehaniku, prvi princip je sadržan u drugom; na tu jednakost ukazuje matematički formalizam. I odmah tu, u samom početku, Njutn nas uči kako teorijske termine treba vezivati za eksperimentalne pojmove. Za njega, kretanje tela odvija se u apsolutnom prostoru. Uvodjenjem apsolutnog prostora, a i vremena, Njutn se zaštitio od proizvoljnog uvodjenja sile za proizvoljne klase kretanja. Budimo jasniji: Njutn je bio spreman

<sup>31)</sup>J. Bronowski, "The Origins of Knowledge and Imagination", London, 1978

da pretpostavi da su, kimenatski, sva kretanja relativna, ali je tvrdio da se kretanja pri dejstvu sila moraju opisivati u odnosu na apsolutni prostor. On je uočio da je eksperimentalno nemoguće razlikovati apsolutnu i relativnu jednoliku brzinu (tj, kako bismo mi danas rekli, diferencijalne jednačine kretanja su invarijantne u svim koordinatnim sistemima koji se kreću jednolikom brzinom jedan u odnosu na drugi). Opat sa kofom ga je naveo da pomisli kako se eksperimentalno mogu, u odnosu na apsolutni prostor, razlikovati apsolutno i relativno ubrzanje. Ne bih polemisao o tom eksperimentu sa Mahovim sledbenicima i ostalim relativistima, zato što smatram da su pretpostavke o apsolutnom prostoru i vremenu istorijske neminovnosti Njutnove teorije, pa i više od toga, filozofske su kategorije, iracionaliteti koji se ne daju racionalno misliti. Šta je prostor? Šta je vreme? Da li se oni moraju smatrati osobinama materije, ili se mogu poimati bez materije? – Ko bi na to pitanje mogao odgovoriti? – Izvesno je jedno – da je Njutn svoju racionalnu mehaniku zasnovao na osnovnim pojmovima: na tački, pravoj, ravni (znači, geometriji), na vremenu (znači, kinematici), na masi, sili (znači, dimamici); izvesno je da se osnovni pojmovi ne mogu definisati (mogu se samo opisivati) i da su nadgradjeni nad iskustvom. Izvesno je da je Njutn svoju mehaniku zasnovao na geometrijskim merenjima i merenjima vremena. Geometrija merenja koju on koristi Euklidova je (u to vreme druge geometrije nisu bile poznate, a, uostalom, i da jesu – one samo iste činjenice izražavaju na drugi način). Poenkare je sasvim ispravno zaključio da je "Euklidova geometrija najpodesnija i da će takva i ostati" i da se, uopšte uzev, dobro slaže sa prirodom čvrstih tela. Danas, na temelju astronomskih opažanja, znamo da je Euklidova geometrija dobra aproksimacija geometrije svemira (u rasponu od  $10^{28}$ (cm) –  $10^{-13}$ (cm)). Eksperimenti su nam, takodje, pokazali da je prazan prostor približno izotropan i homogen.

Mi opažamo promene položaja tela, a ne sile; sile su deo teorijskog sistema koji je Njutn uveo u objašnjavanje vizuelno opažljivih činjenica. Pojam sile bio je vrlo teško prihvaćen – premda je nastao iz iskustva o ljudskom naporu – pa je bio i potpuno anoniman pojam u dinamici. Otuda je Njutn u više navrata opisivao neke njene karakteristike, pre svega njenu vektorsku prirodu. Drugi Njutnov princip nije definicija sile – sila je osnovni pojam. Njegova racionalna mehanika zasnovana je na tri principa, ali i na pretpostavci o funkciji sile; to moramo uvek imati na umu! Samo ako je poznata sila kao funkcija vremena, brzine i položaja, može se postaviti dinamički problem u obliku diferencijalnih jednačina kretanja. Integracijom dolazimo do opšteg rešenja. Ukoliko smo u mogućnosti da empirijski odredimo neko (jedno – tzv. početno) stanje sistema, možemo iz opšteg rešenja odrediti zakon kretanja materijalne tačke. Ukratko, opšte rešenje tada iz tog početnog stanja dedukuje niz stanja kroz koja sistem prolazi isto onako kao što logičko zaključivanje izvodi zaključke na temelju premisa.

Genijalnom intuicijom Njutn je pretpostavio zajednički koren naizgled tako nedodirljivih pojava, kao što su kretanje planeta i padanje tela na Zemlji. Ova spoznaja omogućila mu je razlikovanje pojma mase od pojma težine. Do Njutna nije se pravila razlika između mase i težine. Eksperimentišući, on je uvideo da jedno isto telo ima različita ubrzanja, zavisno od njegove udaljenosti od središta

Zemlje, pa zbog toga ima i različitu težinu. Zato je i uveo pojam mase, koja je za jedno telo nepromenljiva, a težinu je definisao kao proizvod mase i ubrzanja teže. Znači, težina je posledica privlačnog delovanja Zemlje. Kad bi te gravitacije nestalo, nestao bi i pritisak tela prema Zemlji, ali bi masa i dalje postojala.

Tako dubokom misliocu nije izmaklo da takav jedan metaforički koncept sile koja deluje na jedno telo predstavlja samo isečak iz složene stvarnosti. Tako je došao i do svog trećeg principa, principa akcije i reakcije, koji je vodio zakonu održanja impulsa ili kretanja. Eto, na taj način oblikovao je Njutn dinamiku, zasnovanu na determinizmu, zakonitosti i reverzibilnosti.

Trebalo je da prodje preko deset godina, pa da Isakovi savremenici uvide kakve sve mogućnosti pruža ova nova knjiga i koliko ona pomera stare granice. Taj veliki skok koji se nalazio u tim "matematičkim principima filozofije", u poredjenju sa, recimo, prethodnim Dekartovim "principima filozofije", nazvali su oni posle 1700. godine revolucionarnim! Taj novi kulturni fenomen — teorijski jezik fizike — nudio je pouzdana teorijska predviđanja.

Konačan uspeh ta je knjiga obezbedila svojom primenljivošću u praksi. Prvi put u istoriji jedan je naučnik uzdignut do nacionalnog heroja. Odaju mu se razne počasti, pišu pesme i poeme: "Priroda, zauzdana, pokorava se njegovom prodornom umu i dragovoljno mu pokazuje svoje tajne". Uvidevši praktičnu korist od Njutnove mehanike, drugi nisu mogli da odole, a da ne pokušaju da je primene na sve! La Metri, Holbah, Helvecijus, Didro... očito nisu sasvim do kraja razumeli ovaj novi jezik, pa su, plivajući još u vodama Dekartove metafizike, uzimali da se u prirodi sve može svesti na mehaničko kretanje. Tumačenja pomoću pojmova mehanike ubrzo su počela igrati onu ulogu koju je tokom srednjeg veka imala Asistotelova filozofija. Malo po malo, ljudi su Njutnove principe počeli smatrati same po sebi razumljive. U XVIII i u XIX veku smatrali su objašnjivim samo one pojave koje su se mogu dedukovati iz Njutnove filozofije. Filozofi mehanicističkog razdoblja iznosili su najrazličitije misli da bi dokazali da se prvi aksiom mehanike, poznat kao princip inercije, može neposredno izvesti iz iskustva. A baš takvo razmišljanje pokazuje da oni nisu usvojili osnovni koncept koji sobom nose aksiomatske teorije — da aksiomi nisu iskazi o onom što se stvarno opaža, već da su oni neka vrsta "privremenih pretpostavki" jedne teorije, te da se isti segment prirode može prikazati i drugim teorijama, koje bi bile zasnovane na drugačijim aksiomama.

Politika, koja je u XVIII i XIX veku sklopila čvrst savez sa naukom, izvlačila je iz nje tehnološke i tehničke inovacije kojima je obećavala da će rešiti sve ljudske probleme. Pa ipak, krajem XIX veka počeo je narastati broj fizičkih, bioloških i društvenih činjenica koje se nisu mogle protumačiti analogijama prema principima mehanike. Prosperitet evropske civilizacije, koji se sav zasnivao na materijalnom i tehničkom bogatstvu, počeo se nesigurno ljuljati. Raslo je nezadovoljstvo zbog izneveravanja teorijskih predviđanja u praksi. Uopšte, počelo se govoriti o "bankrotstvu nauke". Za pogrešno postavljen cilj nauke isključivim krivcem smatrao se mehanicizam. Njegovim žrtvovanjem, nauka i politika nesmetano su

nastavile svoj put. Rušeći mit mehanicizma, filozofi i naučnici sasvim neopravdano su otpočeli sa mnogostrukim manifestacijama otpora i prema samom Njutnu. Kako je determinizam bio izjednačavan sa mehanicizmom, počelo se govoriti o "slomu" determinizma.

Tragajući za uzrocima te novonastale netrpeljivosti prema izvornim Njutnovim mislima, kao i uzrocima nesporazuma oko pojma determinizma, dolazimo do zaključka da je kamen spoticanja bila, i još i sada jeste, definicija fizičkog stanja sistema. Naime, Laplasov strogi ideal determinističke nauke, koji je zahtevao definisanje mehaničkog stanja, u drugim se fizičkim teorijama nije maogao dosledno ostvariti. Već u teoriji fluida i elastičnosti ukazala se realna potreba za drugačijom definicijom stanja sistema. Umesto da kao promenljive upotrebljavaju koordinate položaja i brzine, fizičari su počeli upotrebljavati druge parametre za opisivanje stanja sistema, kao na pr. gustinu tečnosti u jednoj tački.

Baš to različito opisivanje fizičkog stanja sistema, koje se počelo realizovati u novim teorijama, navelo je mnoge neupućene da počnu govoriti o slomu determinizma. Štošta je tu previdjeno. Između ostalog i to da determinizam nije nešto što je direktno vezano za fizičke objekte i događaje, već da je on pre svega vezan za spoznaju i iskustvo. I, isto tako, da filozof i fizičar različito koriste taj pojam. Filozofi su u svojim metafizičkim učenjima razvijali razne forme determinizma i indeterminizma, koji je uvek bio vezan neposredno za prirodne forme. Jednog filozofa ništa ne sprečava da propoveda da u prirodi ne postoji nikakva povezanost između događaja. Naučnik nema tu slobodu izbora, on ne može u osnovi svojih istraživanja postaviti ideju o apsolutnoj slučajnosti svega. Na početku svake nauke stoji iskustvo i eksperiment, stoji determinizam kao putokaz koji nam dopušta da pojedinačne iskaze svodimo na univerzalne; da i nauka u svom osnovu, kao i sve čovekove kreacije, ima jednu dogmu. Ovde je to dogma o tom putokazu! Bez njega ona ni ne može započeti svoj hod. Još je Kant, koji je, marljivo studirajući Njutnove "Principe", nepogrešivo spoznao srž teorijskih nauka, primetio u svojoj velikoj teoriji saznanja, u svojoj "Kritici čistog uma", u kojoj je uveo pravi kopernikanski obrt, da se ne može reći "dejstvo je povezano sa uzrokom u objektu, nego: ja sam tako uredjen da tu predstavu ne mogu drugačije misliti nego kao tako povezanu."

"Znati znači predviđati", napisao je jednom Fransis Bekon! Predviđanja budućnosti neizostavan su faktor svake praktične orijentacije u svetu. Baš ta želja da se odredi budućnost u bilo kom smislu jeste onaj motiv koji nas tera da "uzmemo unapred" uzročnu povezanost između dva događaja u jednoj naučnoj teoriji. Jedna aksiomatska naučna teorija naziva se deterministička ako analiza njene unutrašnje strukture pokazuje da teorijsko stanje jednog sistema u jednom trenutku logički i jednoznačno određuje stanje tog sistema u bilo kom drugom trenutku. Na primer, stanje jednog elektromagnetnog polja je određeno u nekom trenutku vremena vrednostima vektora električnog i magnetnog polja; odredimo li električno i magnetno polje u svakoj tački prostora, u principu se mogu odrediti sva prethodna i buduća stanja posmatranog sistema. Ona se mogu odrediti iz Maksimalne parcijalne jednačine uz pretpostavku da znamo početne i granične

uslove. Slično važi i za druge primere u kojima se koristi teorija polja u fizici, kao što su opšta teorija relativnost, ili Furijeova teorija širenja toplote. Klasična statistička teorija gasova koristi fizičko stanje koje ne opisuje pojedinačno kretanje molekula, već ono koje predviđa izvesne vrednosti veličina koje se odnose na ova pojedinačna kretanja. Verovatnoća da molekul bude u raznim mehaničkim stanjima predstavlja izvesnu funkciju srednje kinetičke energije molekula. Znači iako statistička mehanika ne predviđa pojedinačno kretanje molekula, ona može opisati stalno stanje ravnoteže tog sistema pomoću izvesnih statističkih svojstava individualnih molekula. Ova statistička svojstva mogu se prikazati parametrima, čiji je broj povezan s veličinom sagledivih makroskopskih svojstava tog gasa. Ispitivanje osnovnih jednačina kvantne mehanike pokazuje da ova teorija koristi jednu definiciju stanja sasvim različitu od one u klasičnoj mehanici, ali to ne smeta da i kvantna mehanika bude deterministička teorija fizike u odnosu na svoju formu opisa stanja sistema u istom onom smislu u kome je klasična mehanika deterministička u odnosu na svoj mehanički opis stanja. Dok su u klasičnoj mehanici promenljive stanja povezane sa svojstvima individualnih objekata koje je ta teorija postulirala, u kvantnoj mehanici promenljive stanja su povezane sa statističkim svojstvima postuliranih objekata. Kvantna mehanika je u potpunosti deterministička teorija, ali ne u odnosu na položaj i impuls elementarne čestice kao promenljive koja definiše stanje sistema, već u odnosu na psi-funkciju, koja u kvantnoj mehanici definiše to stanje. Primetimo, uzgred, da je opis stanja u toj novoj mehanici izuzetno apstraktan, jer ta funkcija ne predstavlja nikakav realan talas materije, već, naprosto, talas verovatnoće. Šredingerova jednačina kvantne mehanike više nema neposrednu fizičku interpretaciju, iako se iz nje mogu izračunati svi za fiziku relevantni podaci.

Najzad, na osnovu svega već napisanog, možemo zaključiti da je Njutn zapadnoj kulturi dao nešto mnogo više od mehanicizma: podario joj je tablice koncepta i svih budućih aksiomatskih teorija fizike.

To su na svoj način zaključili i Njutnovi savremenici. Tako, za samo dve godine, u Engleskoj su se odigrale dve revolucije — jedna u nauci, a druga u politici. "Slavna revolucija" iz 1688. godine bila je neka vrsta kompromisa između buržoazije u usponu i nekadašnjih feudalnih veleposednika, te kralja i crkve. Umesto Džemsa II, na presto je iz Holandije doveden Viljem Oranski, koji je u potpunosti shvatio zahteve vremena, po kojima je Engleska imala da postane buržoaska monarhija. Iza naučne revolucije stajala je jedna knjiga i jedan čovek, a iza političke čitava skupina ljudi, među kojima se posebno isticao Džon Lok. Francuska, u kojoj je Luj XIV stavio veto na uzvišene misli, malo po malo počela se koristiti idejama koje su zasejane u Engleskoj. Kada je Luj umro, Monteskje i Volter videli su u Engleskoj zemlju istinske političke i verske slobode. Divili su se zemlji u kojoj i sam narod ima svoje mišljenje, a u čijem su parlamentu sedeli Njutn, Lok, Adison, Šaftsberi, Samers, Montegju, Harli. Nučna i politička revolucija lančano su izazvale u Engleskoj oko 1760. godine i industrijsku revoluciju, a sve zajedno ubrzo su dovodile, što direktno—što indirektno, do ogromnih društvenih promena u privredama i kulturama ostalih

zemalja sveta.

Hteo to ili ne, tek Njutn je morao učestvovati u svakojakim političkim previranjima svoga vremena. Čitav njegov život je doslovno hodanje po žici, te stoga nije govorio uvek ono što misli, a pogotovu ne na javnom mestu. Kao poslanik dosta vremena je provodio u Londonu, gde je bio neka vrsta posrednika nove vlade i univerzitetskih vlasti. Sada kada je knjiga – koja je od duhovnih i svetovnih vlasti tako lako dobila dozvolu za štampanje – već bila objavljena, i toliko čitana, Njutn se odjednom počeo plašiti svog dela. I to toliko, da uskoro dospeva na ivicu teških psihičkih poremećaja! Radeći na "Principima", on se bio potpuno isključio iz svakodnevnog života; u tom nesvakidašnjem misaonom vrenju pojavila se knjiga koja je bila oslobođena religioznih i metafizičkih momenata. Po njegovoj proceni, ona je bila isuviše nova, isuviše racionalna, ateistička čak. Manija gonjenja počela je da uzima maha. Raditi u Koledžu Svete Trojice – a ne priznavati trojstvo i propovedati "Principe" – nije išlo zajedno, mislio je Njutn. Nije ga smirivalo ni to što je crkva već u doba restauracije dala veliki doprinos nauci, što je biskup Sprat u "Istoriji Kraljevskog društva" veličao "učeno i istraživačko doba", što je hvalio članove tog društva koji su nastojali "da uvećaju moć celog čovečanstva i oslobode ga ropstva zablude", te u njihovo ime tražio da im se omogući najšire polje istraživanja, u kome će jedino "bog i duša biti izuzeti". Ništa nije moglo ugušiti njegovo unutrašnje osećanje da će širenje njegove naučne teorije već za njegova života bitno uticati na karakter i sadržaj religioznih verovanja. Nije želeo da se nadje u situaciji da pred duhovnicima brani svoje ideje. Tako teško stanje pogoršavao je još i spor sa Lajbnicom oko prioriteta infinitezimalnog računa, majčina smrt, kao i njegovo javno suprotstavljanje katolicima. Prisećao se da već godinama vrši nedozvoljene alhemijske eksperimente, da je odbio duhovničko zvanje... i šta mu je drugo preostalo, nego da javno počne prikazivati svoju "religioznost". Na predavanjima, i u pismima, svojim aksiomima iz "Principa" dodao je i hipotezu o sveprisutnom bogu. Piše dve teološke rasprave: "O dva važna izopačenja teksta Svetog Pisma" i "Primedba na knjigu proroka Danila i apokalipsu svetog Jovana". Radi na hronologiji da bi pomoću naučnih metoda dokazao tačnost datuma koji se nalaze u Bibliji. Pa ipak, svi su ti spisi bili uglavnom za internu upotrebu, što pokazuje Njutnovu težnju da u javnom publikovanju, tj. onom što će ostati za naredna pokoljenja, sve bude prečišćeno u korist naučnog jezika. Kada kroz nekoliko godina na vrhovima Olimpa konačno postane nedodirljiv, u sledećim izdanjima "Principa" hipoteza o bogu, naravno, ne nalazi svoje mesto, štaviše, Njutn stalno unosi sve nove i nove promene, koje su imale samo jedan cilj: da naučni termini budu što prečišćeniji i pogodniji za dalje korišćenje. Koliko je Njutn boga "cenio" i "voleo", i kakav je zapravo vernik bio, najbolje pokazuje njegovo svesno odbijanje da se na samrti ispovedi. Umirao je prezirući praznovericu i molitve. Zašto bi se molio bogu, kada je na tron besmrtnosti uspeo da se popne sopstvenim snagama? A to što mnogi iz pojedinih pisama upućenih Bentliju, Loku i drugima uzimaju zdravo za gotovo njegovu "čvrstu religioznu opredeljenost" – samo je površno ili tendenciozno tumačenje Njutnovih životnih stavova; nažalost izgleda



da ljudi više čitaju njegove fraze iz pisama, koje je samo trebalo da mu obezbede ugodniju egzistenciju, umesto da se obraćaju pravoj istini, konzervisanoj pre svega u "Principima".

No vratimo se našoj hronologiji, po kojoj smo još u 1690. godini. Ozbiljni duševni poremećaj pada u razdoblje između 1690. i 1693. godine. Manija gonjenja došla je do vrhunca posle požara u Njutnovoj hemijskoj laboratoriji. Tada je u tren nestala njegova dvadeset godina prikupljana gradja, od koje je, po Bojlovim idejama, od hemije trebalo načiniti egzaktnu nauku. Nervni slom je, izgleda, bio neizbežan. Ali, osim nekoliko pisama koja o tome svedoče, svi ostali tragovi te bolesti brižljivo su izbrisani. Opsednut idejom da ga progone u želji da ga pokradu i ubiju, u jednom pismu poziva na dvoboj svog poznanika i zahteva da to bude u Sevenima. Na večeri kod arhiepiskopa kembriškog drži neuravnotežen govor. Loku piše pismo u kome mu želi smrt, jer mu on "pomoću žena i nekih drugih stvari radi o glavi". Noćne more sa nesanicom postale su stalni gost. – Dugo se oporavljao od svega toga. Kada je kriza prebrođena, u njegov život ušao je alkohol.

Čoveku koji je na osnovu svoga rada već za života postao legenda dvor je želeo da obezbedi sigurnu starost. Ali u zemlji koja ne poznaje nikakve sentimentalnosti kada je u pitanju novac, nije lako bilo naći odgovarajuće rešenje. Kako je privredni rast uslovio gomilanje novca, sprečavanju falsifikovanja novčanica počela se poklanjati najveća pažnja. U takvim okolnostima grof Halifaks, tačnije Čarls Montegju, bivši Njutnov djak, našao je rešenje, optimalno i za dvor, a i za svog voljenog učitelja: 1695. godine Njutn je bio postavljen za nadzornika, a vrlo brzo zatim i za direktora državne kovnice novca u Londonu. I ovde je on lako pokazao nadmoć svoga uma. Pored savršene kontrole hemijskog sastava i izrade novih novčanica, on je bio glavni progonitelj krivotvoraca. Mnogi su tada glavom platili zbog svojih prljavih rabota. Počeli su pristizati novac i javna priznanja. Pariska akademija nauka bira ga 1699. godine za svog člana. Ponovo je u parlamentu. Posle Hukove smrti 1703, konačno prihvata godinama nudjeno mesto predsednika Kraljevskog društva. Na čelu te institucije ostaje do kraja života. Sada kada više nije bilo ratobornog Huka, mogao je "na miru" objaviti svoju "Optiku". Pisana na engleskom jeziku, 1704. godine izašla je iz štampe Njutnova "Optika ili rasprava o odbijanju, prelamanju, savijanju i boji svetlosti".

Još su stari narodi svojim "astralnim čulom" naslućivali da je "ključ" života u kosmosu. Osećali su strahopoštovanje prema vlasti koje Sunce (svetlost) ima nad živim svetom. Zato su njegovo kretanje utkali u ceremonije i ritmove svakodnevnog života. Strpljivo su posmatrali, beležili i tumačili kretanje Sunca i planeta. O tome nam najbolje svedoče mitske interpretacije kosmosa, legende, precizne mape i metode za merenje vremena. Želja da se dodirne Sunce, pronikne u tajne kosmičke cikluse, vodila je stalno novim imenovanjima: misterija svetlosti transformisana je kod Egipćana u božanski lik, kod Grka u fenomen, a kod Njutna i Hajgensa u fizičku pojavu. Obojica potonjih smatrali su da je tu reč "o veoma malim delićima koji se kreću"; razlika se pojavila po pitanju mehanizma tog kretanja. Dok je Njutn najčešće uzimao da se ti "sićušni delići" emituju

iz izvora svetlosti, Hajgens je bio kategoričan u svojoj talasnoj interpretaciji. Hajgens je smatrao da ti "mali delići" miruju i ispunjavaju ceo prostor, a da prostiranje svetlosti potiče od upravnih sudara delića o delić; više puta je pisao: "Ako uzmemo niz lopti iste veličine, koje su napravljene od ma kakvog tvrdog materijala, i ako ih poredjamo u pravom nizu tako da se međusobno dodiruju, pa onda sličnom loptom udarimo prvu u redu, primetićemo da pokret u jednom trenutku skroz prolazi kroz red i prenosi se na poslednju loptu koja se izvodi iz reda. Za vreme tog opita mi nismo mogli primetiti ma kakvo kretanje drugih lopti; i lopta koja se prva sudarila ostaje nepomična pokraj druge. Iz ovoga se vidi da se kretanje odvija vanrednom brzinom; ona je utoliko veća, ukoliko je čvršći materijal od koga su napravljene lopte. I pored toga je sigurno da se prenošenje kretanja ne dešava trenutno, već da ono ide jedno za drugim kroz lopte i zato mu je potrebno izvesno vreme. Jer ako kretanje ili, ako hoćete, sposobnost za kretanje, ne bi išlo jedno za drugim kroz sve lopte, onda bi se one u isto vreme pokrenule i ceo red bi se pomerio dalje; ali se ovo ne dogadja."<sup>32)</sup>

Kada se nepristrasno pročitaju svi Njutnovi radovi iz optike, u "Principima", "Optici" i "Lekcijama iz optike", nameće se zaključak da on nije imao određene (fiksne) hipoteze o prirodi svetlosti. Nije ih imao zato što je rano uočio da ni jedna nije u stanju da obuhvati sve eksperimente, a on nije hteo da lažira ni hipoteže a ni opite. "Jedino su nesumnjive one osobine svetlosti koje utvrđuju ogledi", ponavlja više puta Njutn. Njegova je "Optika" bila, i uvek će biti, škola za eksperimentatore. Dok je u "Principima" težište na aksiomatici, u "Optici" ono je na eksperimentu. Merenje za Njutna počinje gradnjom instrumenata. I sama izrada instrumenata jeste svojevrstan "razgovor sa prirodom". Radeći na njima, on je "proizvodio" novi saznanje. Želim ovde posebno da istaknem jednu od metoda koju je on poštovao u svojim opitima – "metodu ponovnog uspostavljanja"; setimo se, nju je koristio i u svojim "Principima" pri izvodjenju univerzalne sile gravitacije. Svakako da je najlepší primer iz optike onaj koji se odnosi na prastari zadatak, koji su na svoj način pokušavali da reše još Egipćani, Asirci i Grci, o "beloj svetlosti". Njutn je izveo jednostavan ali važan eksperiment da bi otkrio "poruku" ispisanu u jednom zraku svetlosti. To su čuveni Njutnovi optički eksperimenti iz 1672. godine, bilo ih je ukupno pet. Oni su tako nedvosmisleno pokazivali da se bela svetlost može razložiti na druge boje – osnovne boje spektra. Ali Njutn tu nije stao; evo na delu tog primera "ponovnog uspostavljanja": mora da je moguć i obrnut stav, tj. iz osnovnih boja spektra mora da je moguće dobiti belu boju. I za tren oka, od naučnika Njutn se transformisao u vrsnog umetnika – slikara: uzima boje u prahu, koje su koristili slikari, i počinje da ih meša u svim mogućim razmerama na podu svoje radne sobe. Pored te svoje slike, uokvirene ramom, postavlja uokviren komad belog papira i upoređuje. Dok je sa vrata svoje sobe posmatrao te dve slike, naišao je slučajni gost. "Molio sam ga", priča Njutn, "da ostane na vratima i pre nego što sam mu rekao kakve su boje bile u pitanju, ili šta sam smerao da učinim, upitao sam ga koja je belina bila bolja i u čemu se sastoji njihova različitost? I pošto je on sa tog rastojanja dobro odmerio,

<sup>32)</sup>W. H. Bragg, "The Universe of Light", London, 1945

odgovorio je da su obe beline dobre i da ne bi mogao da kaže koja je bolja, niti u čemu bi se njihove boje razlikovale. " Tek sada kada je povratna sprega proradila Njutn prihvata kao tačnu svoju polaznu premisu, po kojoj je svetlost sastavljena od različitih boja.

O Njutnu i njegovoj fizici mnogi – kao na primer Gete – sudili su samo na osnovu njegove "Optike" ili "Lekcija iz optike". Te su knjige doživele, naročito u XVIII veku, mnoga izdanja na latinskom, engleskom i francuskom. Čak i o gravitaciji, o mehanici, mnogi su saznavali ne izvorno iz "Principa", već iz poslednjeg poglavlja "Optike". Zato se i moglo dogoditi da ga neki proglase samo za eksperimentatora, ili da ga, poput Engelsa, smatraju "induktivnim magarcem".

Njutn je "Optiku" podelio u tri poglavlja (knjige). U prvoj knjizi je prikazao principe geometriske optike, disperziju svetlosti, sastav bele svetlosti. Druga knjiga je govorila o interferenciji svetlosti u tankim listićima, a treća o difrakciji svetlosti, polarizaciji, da bi na samom kraju Njutn dozvolio sebi slobodu da postavi raznorazna "pitanja" koja uveliko prevazilaze okvire "Optike". Broj "pitanja" i njihova sadržina su se od izdanja do izdanja menjali. Izdanje iz 1717. godine sadrži 31 pitanje; malo je verovatno da je redosled pitanja slučajan. Prvih sedamnest pitanja govore uglavnom o osobinama svetlosti nezavisno od bilo kakve hipoteze. Sledeća "pitanja", njih sedam, jesu prilozi za postojanje etra. Ali zatim idu sledeća četiri "pitanja" koja su protiv etra. Poslednja tri "pitanja" predstavljaju optičke i fizičko-hemiske pojave kao rezultat kretanja čestica između kojih deluju privlačne i odboje sile. Analiza čitanosti Njutnovih radova u XVIII veku je pokazala da su najčitanija bila pre svega "pitanja" iz "Optike"; a to je svakako bio mač sa dve oštrice za sve one koji su na taj način, pređicom, hteli da upoznaju esenciju Njutnove novine u nauci. Jedno, za nas najinteresantnije "pitanje", koje se pominje još i u "Principima", jeste: "Da li tela /svojim gravitacijom/ već na izvesnom odstojanju možda deluju na svetlost, savijajući svetlosne zrake? I da li će ovo dejstvo pri jednakim ostalim uslovima biti utoliko jače ukoliko je odstojanje manje?" Možda baš ovo pitanje najbolje ilustruje svežinu koju je Njutnova mehanika a i "Optika" sačuvala i do današnjih dana. ili, za one koji vole opipljive činjenice, možda je ta svežina najbolje sačuvana u ispitivanjima interferencije prstenova. Na osnovu svojih opita Njutn je zaključio da poluprečnik tamnih prstenova raste " idući od centra ka periferiji kao kvadratni koren iz parnih brojeva, poluprečnici pak svetlih prstenova rastu kao kvadratni koreni iz neparnih celih brojeva." Odatle je sledilo da odgovarajući vazdušni međuprostor između dva sočiva moraju za tamne prstenove biti proporcionalni nizu parnih brojeva, a za svetle nizu neparnih brojeva. Zatim je Njutn ispunio prostor između sočiva vodom (umesto vazduhom) i primetio da se prstenovi skupljaju. Vršeci dalja merenja, on je našao da je odnos između poluprečnika krugova u vazduhu i vodi jednak indeksu prelamanja pri prelazu iz vode u vazduh...

Ukratko, kao što je već primetio Vavilov: "Optika je pre Njutna bila haotična gomila nepovezanih opažanja bez ikakvog iole odredjenog sistema, a da i ne govorimo o teoriji. Nauka o svetlosti izašla je iz Njutnovih ruku s veoma velikom

novom kvalitativnom i kvantitativnom sadržinom. Njutnova teorija svetlosti i boja je verodostojno objašnjavala i povezivala mnoge stvari, ostavljajući čak namerno nerešeno pitanje o prirodi svetlosti. Njutnova teorija zadržala je svoj značaj zato i do danas. Ovo ona duguje Njutnovom besprekornom metodi koji udružuje kvantitativne eksperimente i logiku s minimalnom proizvoljnošću hipotetičkih pretpostavki.<sup>33)</sup>

Uz prvo izdanje "Optike" štampao je Njutn i dve matematičke rasprave: "De quadratura curvarum" tj. "O kvadraturi krivih" i "Enumeratio linearum tertii ordinis" tj. "Krive trećeg reda". U kasnijim izdanjima "Optike" 1706. godine (na latinskom), 1717. i 1721. godine ti su radovi ispušteni. U prvom radu, koji je očigledno radjen sedamdesetih godina prošlog veka, Njutn svoju metodu fluksija primenjuje na kvadrature. U drugom radu data je originalna klasifikacija krivih trećeg reda "prema broju i karakteru beskonačnih grana"; klasifikuje sedamdeset i tri krive linije trećeg reda uz navodjenje njihovih osobina. Iste godine usledio je Lajbnicov neumereni prikaz Njutnove "Optike" u listu "Acta eruditorum" gde je on prikazan kao plagijator integro-diferencijalnog računa. Započeo je veliko spor oko prioriteta. Uopšte uzev, život u Londonu je potpuno paralisao Njutnov naučni rad. Bile su to godine marljivog rada u kovnici, godine prisećanja na blistave analitičke trenutke svoje mladosti. Uz pomoć učenika i saradnika priprema novo izdaje svojih kapitalnih knjiga i polako objavljuje svoje neobjavljene radove. Predavanja iz algebre, koja je držao u Kembridžu u periodu 1669-1678, publikuje 1707. godine pod naslovom: "Arithmetica universalis, sive de compositione et resolutione arithmetica libri..."

Godine 1705. kraljica Ana proizvodi Njutna u plemića. Tako izgleda po prvi put u istoriji jedan je naučnik na temelju svojih ideja postao vitez - a da bojno polje nije ni video. Član je važnih dvorskih komisija. Mnogi pisci, filozofi, kneževi, kraljevi... žele isto: da se poklone najvećem među živima, onom čije se carstvo svetom širilo bez mača. Ali ima i suprotnih težnji: u raznim člancima i karikaturama, naročito od strane članova "Scribblers club-a" Njutn je ismevan. Pogotovo mu je teško pao Sviftov treći deo "Guliverovih putovanja", gde je satiri izvrgnuto Kraljevsko društvo i njegov predsednik. Godina je to 1726.

Kada je 1727. godine Njutn umro, engleski mu se narod odužio kraljevskim pogrebom i pokopom u vestmisterskoj anglikanskoj katedrali, gde mu je na najistaknutijem mestu, 1731. godine, podignut spomenik. On se sastoji iz sarkofaga sa Njutnovom figurom od kamena. Njutn je u ležećem položaju, nalakćen na svoje spise; iza njega stoje dva dečaka sa razvijenim pergamentom na kojem je nacrtana jedna geometrijska figura i ispisan jedan konvergentan red. Na prednjem delu sarkofaga vidi se reljef na kome dečaci vrše eksperimente sa Njutnovim teleskopom, terazijama, prizmom, kovanim novcem, peći. Sa strane je piramida, a iznad Njutna, u pozadini, zvezde sa globusom u sredini. Uklesani epitaf završava se rečima: "Neka se smrtici raduju što je postojao ovakav ukras roda ljudskog." U Engleskoj XVIII veka bio je sklopljen izgleda neobičan savez između nauke i

<sup>33)</sup>S. I. Vavilov, "Isak Njutn, život i rad", Beograd, 1948.

religije; možda tu spregu najbolje odražavaju Popeov herojski dvostih: "Priroda i njeni zakoni ležase skriveni u noći. I reče bog: Neka bude Njtn! I sve bi svetlost!"

Ljudi umiru, ali njihova dela ostaju. Njtn je i posle smrti nastavio da vlada svojim "kraljevstvom".

Nove analitičke metode ubrzano su se razvijale u XVIII veku,<sup>34)</sup> pa se sasvim prirodno nametalo pitanje reinterpretacije Njtnove mehanike. Razvoj analitičkih metoda u mehanici, koji su započeli Bernulijevi i Ojler, superiorno je dovršio Lagranž. Lajbnicov "Arijandin konac" Lagranž je uspešno razapeo u Njtnovoj racionalnoj mehanici. Podsetimo se da je Lajbnic, preuzimajući ideju od Lule i poštujući ono što su po Dekartovu nazoru napisali gramatičari i logičari Pol Rojala, tražio sigurnu metodu za vođenje misli, a koja bi bila vezana za sve forme kojima se duh izražava. Uče da treba stvoriti "opštu metodu u kojoj će sve istine razmišljanja biti reducirane na vrstu računa. Istovremeno to će biti vrsta univerzalnog jezika ili pisma, ali bezuslovno različitog od svega ranijeg predloženog." Tako je Lajbnic zamislio da dodje do apsolutne izvesnosti pomoću jednog veštačkog jezika, gde bi trebale da se "reči zamene preciznim simbolima koje odgovaraju prostim elementima na takav način koji bi bio pogodan da se njima može vršiti logičan račun", koji bi, za razliku od predhodnog bio jednoznačan. Sam Lajbnic nije uspeo da ustroji takav jezik; nisu ni drugi; radilo se ono što je bilo moguće: izvedeno je pomeranje od geometrije ka analizi, ka "aritmetizovanoj geometriji". Nadovezujući se na Ojlera i d'Alamberta, Lagranž želi da "svede teoriju mehanike i veštinu rešenja koja se odnosi na njene zadatke, na opšte formule iz koje slede sve jednačine, neophodne za rešavanje bilo kog njenog zadatka". Osećao je da je u tome uspeo; zato u pretgovoru "Analitičke mehanike" piše: "U ovom delu se ne nalaze nikakve slike. Metod koji je ovde izložen ne zahteva ni konstrukcije, ni mehaničko ni geometrijsko rasudjivanje. On zahteva samo upotrebu algebarskih operacija koje se nižu u jednom regularnom i uniformom redu." Činilo se da Lagranžev princip najmanjeg dejstva sadrži nešto univerzalno i zajedničko svim fizičkim procesima, uz to, kao što primećuje Fejman, "izgubila se ideja uzročnosti prema kojoj čestica oseća silu i zbog čijeg se delovanja kreće. Umesto toga čestica u velikom stilu 'istražuje' sve krive, sve mogućnosti, i onda za sebe 'odabere' onu stazu na kojoj je dejstvo minimalno."

Univerzalnost principa najmanjeg dejstva bitno umanjuje sam pojam "dejstva" tj. njegovo aposteriorno definisanje. U želji da se principom najmanjeg dejstva opiše sve, on se postepeno transformiše u nerazumljivu metaforu. Fizički simboli novih teorija polako postaju puki matematički simboli koji gube svako drugo

<sup>34)</sup>Te metode su izložene, na primer, u: L. Euler, "Mechanica, sive motus scientia analytica exposita", Peterburg, 1736; J. L. d'Alembert, "Traite de dynamique", Paris, 1743; C. Clairaut, "Theorie de la lune", Paris, 1752; L. Euler, "Theoria motus corporum solidorum...", Gryphiswaldiae et Rostockii, 1765; J. L. Lagrange, "Mecanique analytique", Paris, 1788; P. S. Laplace, "Mecanique celeste", Paris, 1799-1825. Razvoj tih metoda nastavio se, naravno, i kroz naredne vekove, počev sa: L. Poinso, "Traite de mecanique", Paris, 1833; C. G. J. Jacobi, "Vorlesungen ueber Dynamik", Berlin, 1866...

značenje osim onog koje imaju isključivo u odnosu na simbole iz sopstvene teorije. Sasvim pogrešno se mislilo da će taj apstraktni jezik nove fizike, u kome se sve operacije izvode u skladu sa eksplicitno formulisanim principima i u kome svi simboli imaju tačno određeno značenje, prevazići dvosmislenost govornog jezika. Jer, da bi se dokazala povezanost svake od tih teorija sa prirodom, nije bilo dovoljno zadržati se samo unutar teorije, na sintaksi njenog jezika, već je valjalo izaći izvan nje. I onda se upravo pokazuje da bez semantičkih pravila, bez dovodjenja u vezu sa iskustvom, celokupni jezik novih teorija fizike pretstavlja samo niz grafičkih znakova bez svrhe i smisla. Ponovo se ispostavilo da postoji jedna minimum simbola koji ne možemo pojmiti drugačije, nego kao u govornom, maternjem jeziku njihovim direktnim dovodjenjem u vezu sa izvesnim predmetima, odnosno psihičkim doživljajuma. Kada današnji fizičari ističu da je univerzum mnogostruko povezan unutar sebe, da predstavlja trajno nedeljiv proces, dalje, da ta povezanost određuje svojstva svakog pojedinog dela, da se duh i materija međusobno prožimaju i da nisu razdvojeni... – svi ovi i ovima slični stavovi samo potvrđuju da su se oni, u stvari, vratili u vreme koje prethodi Njutnu, tj. da su se počeli udaljavati od osnovnih premisa aksiomatske nauke, okreću se ponovo tražanju sveopštih razumljivih principa – okreću se ponovo teleologiji... Aksiomatska teorija fizike, dakle, koje su pre trista godina začete odvajanjem fizike od filozofije, u Njutnovim "Principima", završavaju se eto, tako što se iznova spajaju sa filozofijom. U nemogućnosti da naučnim jezikom dodju do univerzuma, novi se fizičari vraćaju jednom starijem jeziku – jeziku filozofije – za koji znamo da ni ranije nije "dekodirao" "jezik" prirode. I jezik nauke, kao i svi prethodni jezici, jeste uvek isti pokušaj da se pojmovnim mišljenjem dostigne apsolut. Iskustvo stalno ukazuje da je baš to nemoguće!

Ali, odreći se nemogućeg traganja za apsolutnom izvesnošću ne znači i predati se. Poučni su starogrčki stihovi koji kažu: "Nemoj, srce moje, hlapiti za besmrtnim životom – laćaj se onog što se može izvesti". Da bi opstao, čovek mora neprestalno rešavati praktične probleme. Nema sigurnih stvari. Mi se razvijamo preko relativnih istina. Obratite pažnju: nisam rekao napredujemo – tu su reč izmislili ideolozi. Jednostavno rečeno, ima stvari o kojima nije moguće "odlučiti razmišljanjem". Zato se moramo privići da bolje koristimo prastaru metodu "pokušaja i pogreški", jer se mi baš pomoću nje, izgleda, i razvijamo. U pragmatizmu svakako ima mnogo pogrešnih stavova, pa ipak u ovaj mnogostruko povezan svet on unosi pomalo sigurnosti. I Njutnov naučni jezik "Principa", i metoda koja je tamo sprovedena u vidu trokoraka hipoteza-dedukcija-eksperiment, ima u sebi nešto pragmatično. Njutn nije želeo da traga za apsolutom, jer "nema smisla tražiti nemoguće", već je želeo da se bavi onim što je korisno. Zahvaljujući toj korisnosti koju je sobom nosila nauka i njeni proizvodi, kao i verovanju po kome će ona prerasti u sveznanje, mi smo joj se predali. Danas kada je konačno postalo očigledno da ni nauka ne može da nam odgovori na pitanje ko smo i kuda idemo, da je važenje svake naučne teorije ograničeno na korisne slučajeve, da nema "vrhovnog" principa koji bi bio primenljiv na sve i koji bi direktno "racionalizovao" ponašanje svuda i svemu, te da nema ni

progresivnog akumulisanja znanja u nauci – mi moramo napustiti scijentističku ideologiju. "Svet nije naš svet", kaže Neigel, "čak ni potencijalno. On nam može biti delimično ili u velikoj meri neshvatljiv ne zato što nam nedostaje vremena ili tehničke sposobnosti da ga uspemo u potpunosti razumeti, nego naprosto zbog naše prirode."<sup>35)</sup> Budući, pre svega, jedan kritički metod koji pomoću hipoteza sakuplja i sredjuje činjenice, nauka nije u stanju da nam izradi autoritativnu etiku. Nije u stanju da vrednuje ljudske postupke i da daje smisao ljudskom životu. "Savremena društva", primećuje Žak Mono, "protkana naukom, živeći od njenih proizvoda, postala su zavisna od nje kao narkoman od svoje droge... U carstvu ideja pojavila se ideja objektivnog saznanja kao jedinog izvora prave istine. Ta stroga i hladna ideja, koja ne predlaže nikakva objašnjenja, nego nameće asketsko odricanje od svake druge duhovne hrane, nije mogla da smiri urodjeni strah; naprotiv, ona ga je raspirila. Htela je da jednim potezom izbriše tradiciju dugu stotinama hiljada godina, izjednačenu sa samom ljudskom prirodom; poricala je stari animistički savez Čoveka sa Prirodom, ostavljajući namesto te dragocene veze samo uznemireno traganje u jednom svemiru sledjenom od usamljenost. Kako je mogla da bude prihvaćena jedna takva ideja, koja kao da je uza se imala samo puritansku nadmenost? Ako se nametnula, uprkos svemu, to je jedino zbog svoje neverovatne moći funkcionisanja."<sup>36)</sup>

Današnju besciljnost i besmislenost, nastalu zbog nedostatka pogleda na svet, proračunata racionalnost prikriva ubrzavanjem tehnoloških procesa proizvodnje. Proces tehnološke racionalnosti neprestano stvara nove i nove proizvode, te tako uspeva da stvori privid živosti i života. Osećanje dubljeg smisla postojanja sasvim se izgubilo, jer je ta vulgarna racionalizacija svega do krajnjih granica osiromašila čovekovu ličnost. U vrlo kratkom vremenskom razdoblju naučna nam je racionalnost oduzela prastare sibole, jer se naučni jezik upleo u sve starije čovekove jezike. Stari postulat "veruj jer je apsurdno" naivni su danas transformisali u "veruj jer je naučno". Nauka danas nema suparnika! Još je na početku ovog veka Vitgenštajn upozoravao da nema opštih kriterijuma pomoću kojih bi se mogla odrediti smislenost jednog jezika. Jezik mita ili religije, umetnosti ili nauke, alhemije ili magije "sve su to jezičke igre" i svaka od njih ima svoje vlastite kriterijume smislenosti. Bepredmetno je naučim jezikom, na primer, ispitivati smislenost reči "bog", kad ona ne pripada tom jeziku. Došli smo do osnovnog pitanja koje traži rešenje još danas: kako sačuvati autentičnost onih kulturnih formi koje nisu nauka? Umetnost, filozofija, religija, imitirajući nauku i njene metode, gube svoj identitet. Takva unifikacija kulturnih formi očuvava prevlast logike tehnološke racionalnosti i sve više razgrađuje duhovno nasledje homo sapiensa.

U svim vremenima, u svim kulturama, čovek se hvatao u koštac sa jednim te istim pitanjem: otkrivanjem "skrivenih" stvarnosti. Ljudska je istorija zapis o odgovorima na to pitanje. Ako se zanemare sitnije razlike među odgovorima, njih

<sup>35)</sup>T. Nagel, "The View from Nowhere", Oxford, 1986.

<sup>36)</sup>Ž. Mono, "Slučajnost i nužnost", Beograd, 1983.

i nema tako mnogo. Posle jezika vradžbine, mita, religije, umetnosti, filozofije – konstruisanje naučnog jezika bio je još jedan pokušaj ljudske vrste da odgovori na to esencijalno pitanje, tj. da prođe dublje u tajne svemira. Budući da je jedina ideja koju o stvarnosti možemo imati obojena specifičnostima našeg saznanog aparata, svet kakav jeste nezavisno od nas samo je delimično spoznatljiv. Pitanje o stvarnosti u krajnjoj instanci se svodi na pitanje o onome koji pita! Naša spoznaja o stvarnosti ne može biti čisto objektivna, u njoj će neizostavno biti zametaka subjektivnosti. Jezik nauke, kao i jezik mita, religije... jesu potopljeni u svakodnevni jezik, koji im i obezbeđuje legitimnost. Operacije našeg uma vezane su za sećanje na naše ili nečije iskustvo. Upravo nam to iskustvo govori da je prošlost neka vrsta uputstva za budućnost, kompas u novim prilikama i zapletima. Ono nam sugerise da ozbiljno počnemo razmišljati o tome kako svi jezici koje stvaramo – bez obzira na različite stupnjeve složenosti struktura, na opseg predmeta i relacija koje označavaju i bez obzira na ciljeve kojima odgovaraju – zapravo imaju uvek jednu te istu granicu. Hoću da kažem da su, nezavisno od različitih nivoa simboličke refleksije, svi opterećeni dvosmislenošću. Ta dvosmislenost, koja ne dozvoljava da se totalna povezanost prirode obuhvati jednim aksiomatskim sistemom, ne može se prevazići. Jezik Njutnovih principa, ali i jezik bilo koje naučne teorije sa semiotičkog stanovišta određen je intersubjektivnim skupom nosilaca znakova, čija se upotreba definiše sintaktičkim, semantičkim i pragmatičnim pravilima, po uzoru na svakodnevni jezik. Tarski<sup>37)</sup> je pokazao da "svaki naučni jezik pada u vodu, jer čim uvedemo izreku 'to i to je istina', tada uvodjenjem reči '... je istina' uvodimo pozivanje na sebe u jezik, što daje povoda za paradoks. A ne možete bez tih reči, ne možete ne reći '... je istina'. To je u samoj naravi znanja; u prirodi je saznanja konstrukcije ljudskog jezika da se u njemu pojavljuju takve protivrečnosti. 'Mislím, dakle jesam' pretpostavlja, naravno, baznu tvrdnju samopozivanja. Ko vam kaže da mislite? Kako uopšte možete da izvlačíte dedukcije u vašem misaonom procesu u sopstvenom jeziku na kojem mislite? A to važi za psihologiju, važi za književnost i, začudo, važi i za matematiku i za nauku."<sup>38)</sup> Naša nauka nije episteme, upozorava nas Karl Popper, "ona ne može nikada da polaže pravo na to da je dostigla istinu, pa čak ni neku zamenu za istinu kao što je verovatnoća."<sup>39)</sup>

Moramo li zbog toga što nauka ne dopire do metafizičke stvarnosti, do onoga što po sebi jeste i do načina na koji jeste biti razočarani? Moramo li zbog toga što priroda nije ni jednostavni mehanizam, ni jednostavni aksiomatski sistem, ni jednostavni algoritam biti rezignirani i radja li sve to ponovo jednu skepsu? Pesimista prirodno odgovara sa "da", a optimista sa "ne". Pesimista će, suprotno Sokratovom mišljenju, izabrati Gorgijinu filozofiju, a optimista će zapaziti da svi potresi i krize u geometrijskoj, kinematskoj, aritmetičkoj i logičkoj intuiciji nisu sprečavale, već da su neprestano poticale radjanje novih naučnih misli.

<sup>37)</sup>A. Tarski, "Logic, Semantics and Mathematics", Oxford, 1951

<sup>38)</sup>J. Bronowski, op. cit.

<sup>39)</sup>K. R. Popper, "The Logic of Scientific Discovery", London, 1959



Možemo da zaključimo, dakle: ono što je za epistemologiju nauke bila 1687. godina – to je za epistemologiju fizike 1905. Podsećanje na Ajnštajna treba da nam pomogne da bolje sagledamo promenu pravca "epistemološkog vektora"<sup>40)</sup>. Umesto "mehaničke" definicije kretanja pomoću tačaka i sila, imamo sada u teoriji relativnosti "matematički" definiciju kretanja pomoću geodezijskih linija u prostoru sa datom metrikom.

Kao student, Ajnštajn je bio pod velikim uticajem Mahovog pozitivizma i njegove kritike nekih Njutnovih pogleda vezanih za vreme i prostor. Preuzimajući Mahove kritičke teze, Ajnštajn je preuzeo i njegov pozitivizam (kao proširenu ideju indukcije). Ubrzo zatim, pod uticajem "Akademije Olimpija"<sup>41)</sup>, on je radikalno promenio svoje polazne premise. Postao je opsednut idejom da je poslednja realnost matematička; lepota i jednostavnost aksiomatskih teorija matematike trajno su odvojile Ajnštajna od pozitivističkog učenja. Možda o tome najbolje svedoči jedno pismo koje je on u leto 1904. godine uputio Marselu Grosmanu: "Ti obradjuješ geometriju bez aksiome paralelnosti, a ja atomsku fiziku bez kinetičke hipoteze." – Matematička je apstrakcija učinila nepotrebnom i suvišnom svaku "zdravorazumsku" sliku fizičkog objekta. Objekt fizike nije više priroda, nego je "fizički sistem" – znači jedna matematičko-eksperimentalna kategorija. Sa teorijom relativnosti i kvantnom mehanikom postalo je očigledno (ono što se moglo naslutiti već i Njutnovoj racionalnoj mehanici) da naučno saznanje ne polazi od prirode, nego od već datog saznanja, ispravljajući ga i šireći ga. Tradicionalna epistemologija prirodne filozofije se raspala; objašnjenje nije više REDUKCIJA – objašnjenje je postalo jedna racionalna KONSTRUKCIJA. Novi naučni duh ne objašnjava u ontološko-realističkom miljeu, već stvara uz pomoć matematičko-laboratorijskih tvorevina. Razvoj fizičke tehnologije govori nam da je takva "fizička slika sveta" ipak moguća.

Bežeći od iracionalne stvarnosti, fizičar je metafizički realizam filozofije prirode zamenio metafizičkom matematičkom racionalnošću, koja mu je omogućila niz eksperimentalno primenljivih efekata. Volja za moći i volja za znanjem učinile su tako da je fizičar XX veka postao neka vrsta inženjera matematike. Zamišljajući da uz pomoć jezika (tj. hipotetičkih objekata) "stvara" poput prirode, fizičar, kao uostalom i matematičar i umetnik, nikada ne sme zaboraviti da "gradi bez temelja"<sup>42)</sup> na "močvarnom terenu".

Nažalost, ideološki je scijentizam uticao da i nobelovci poput Hokinga, na primer, govore kako "Ajnštajnova opšta teorija relativnosti upravlja makroskopskim ustrojstvom vasseljene". Treba obratiti pažnju na reč "upravlja". Umesto

<sup>40)</sup>G. Bachelard, "L'activite rationaliste de la physique contemporaine", Paris, 1951

<sup>41)</sup>Tu su akademiju činili, pored Mileve i Alberta, još i Moris Solovín, Konrad Hebicht, Angelo Beso. U neformalnim akademskim razgovorima raspravljali su o idejama Platona, Spinoze, Hjuma, ..., Helmholtza, Maha i Poenkarea.

<sup>42)</sup>Ključna primedba koju je Dekart izrekao na račun Galileja u pismu Mersenu glasi: "... ovo pokazuje da nikako nije istraživao po redu i da, ne posmatrajući prve uzroke prirode, on jedino istražuje uzroke njenih posebnih efekata, te tako gradi bez temelja." – citirano prema R. Šajković, "Dekart i njegovo doba", Beograd, 1978.

da govore o relativnosti svojih istina, novi fizičari i dalje tvrde da su pronašli korektan metod koji ih vodi do spoznaje "apsolutnog sveta". Oni se nadaju da će "lukavstvom uma" uspostaviti univerzalni, neprotivrečni i potpuni sistem aksioma, iz kojih bi se dale izvesti sve pojave u prirodi. Oni i dalje idu ruku pod ruku sa naivnim redukcionizmom i racionalizmom, tako oni i dalje iz neposrednog empirijskog uspeha svojih teorija izvlače zaključke da gravitoni,..., kvarkovi stvarno postoje. Dobro, na kraju krajeva, neka svako veruje u ono što hoće. Vera u apsolutnu objektivnost, u znanje kao jedini izvor istine, vera u znanje kao anti-prinudu, možda pokreće naučnike u njihovom stvaralačkom hodu. Problem nije u tome, problem su kreirale državne birokratije koje su od nauke i njene metode načinile religiju! Preko nastavnih programa u svim školama sveta naučni je jezik dobio dozvolu od državnih vlasti da drži monopol nad mnogo starijim jezicima, tj. kulturnim formama. Pod navalom naučnog racionalizma naša se duhovna tradicija raspada. Još je Lok, koji je bio impresioniran Njutnovim "Principima", smatrao kako je funkcija vlade samo da otkrije i primeni zakone društva. No na veliku Lokovu žalost, nauka ne može da nas uči o tome šta je za nas dobro, a šta zlo. Da bi opstao, čoveku je svakako potrebno pozitivno znanje koje mu nudi nauka, ali mu je još potrebija – mudrost. Samo nam mudrost može osvetliti put; umerenost i tolerancija treba da nas spasu od neumerene vere u razum i njegove metode.

Da bismo opstali, moramo živeti na visini vremena. Život se ne može svesti na jednostavne forme, jer nije jednostavan, naprotiv, svakim danom on se sve više usložnjava. Još je početkom ovog veka Ortega i Gaset zapazio da idemo ka "varvartsvu specijalizacije" i da se već pojavio tip naučnika koji "poznaju samo jednu oblast nauke, a i kod nje poznaju dobro samo mali deo, koji privlači njihovu ličnu pažnju. On je dotle došao da smatra kao vrlinu to što se ne zanima svim onim što ostaje izvan uskog područja koje on obrađuje, te naziva 'diletantizmom' svako zanimanje za celokupno znanje."<sup>43)</sup> Takvi ljudi teško da mogu dobro urediti ovaj svet. Potrebni su nam ljudi koji nisu izgubili osećanje za integralno tumačenje sveta, koji nisu izgubili osećanje za prošlost, jer nam, kao što primećuje Ortega i Gaset, samo oni mogu pomoći da "izbegnemo naivne zablude prošlih vekova". Po uzoru na odvajanje crkve od države, predlaže Fajerabend, treba odvojiti nauku od države. Državne su birokratije ulagale u nauku, jer su od nje očekivale državu materijalnog blagostanja u kome će one "racionalno" vršiti totalnu kontrolu tog blagostanja. Umesto da stignemo do blagostanja, usled nekontrolisanog i neograničenog tehnološkog rasta stigli smo do potpunog zagadjenje prirodne sredine i skoro potpunog uništenja izvora neobnovljivih sirovina, a bez njih se neće moći opstati. Baš zato moramo više pažnje pridavati mislima ljudi poput Paula Fajerabenda, koji "želi da odvoji društvo i njegove pripadnike od svih ideologija, uključujući i nauku. Sve ideologije moraju se posmatrati u perspektivi. One ne smeju biti uzete suviše ozbiljno. Treba ih shvatiti kao bajke koje imaju da kažu mnoge interesantne stvari, ali koje u sebi također sadrže i gnusne laži, koje su kobne kada se slede doslovno...

<sup>43)</sup>H. Ortega y Gasset, "Pobuna masa", Zagreb, 1941.

Nauka je učinila mnoge stvari, ali to su učinile i druge ideologije. Nauka često postupa sistematično, ali tako čine i druge ideologije, ona je samo jedna od mnogih ideologija koje pokreću društvo i treba da bude tretirana kao takva."

Sutradan nakon što se "dogodila" Hirošima, Deni de Ružmon je napisao: "Bomba uopšte nije opasna. To je predmet. Ono što je opasno užasno, to je čovek."<sup>44)</sup>

Priroda i život u njoj toliko su raznovrsni i promenljivi, da su naše "istine" uvek jednostrane i zato nesigurne. I upravo zato moramo poštovati i mišljenje drugih. Ponovimo još jednom: pošto nema apsolutnih istina, mi se moramo učiti da živimo sa relativnim. Čula ne otkrivaju nikakve uzročne veze, pa se naš razum ne bavi sigurnim stvarima. Zato se on služi implicitnim klauzulama **KAD BI** i **KAO DA!** Pomoću njih um stvara raznorazne ideje uzročnih veza. Izmišljaju se nove reči, kao što su "gravitacija", "gen", "kvark". Pomoću tih reči izgradjuju se teorije "goleme lepote", ali se one ne smeju apsolutizovati, dogmatizovati. Činjenice života su beskonačni kaos, a nauka je samo jedno – sva sreća da nije i jedino – čovekovo orudje za nalaženje kakvog-takvog reda u njemu.



<sup>44)</sup>D. de Rougemont, "Zapadna pustolovina čoveka", Beograd 1983.

## LAGRANŽ — PRINCIP NAJMANJEG DEJSTVA

„Zato će biti puko ime sve ono što su smrtnici ustanovili u svom jeziku ubeđeni da je to istinito.“

*Parmenid*

Ovo saopštenje ima za cilj da obeleži dvestogodišnjicu izlaska iz štampe Lagranževe *Analitičke mehanike*, a želja samog Lagranža je bila da tom svojom knjigom uveliča proslavu stogodišnjice pojavljivanja Njutnovog revolucionarnog dela, *Matematičkih principa prirodne filozofije*.

Pitanje koje se odmah na početku nameće jeste o samom naslovu ovog prigodnog saopštenja. Zašto, dakle, baš *Princip najmanjeg dejstva*, a ne, recimo, *Analitička mehanika*? — Jednostavno zato što ja tu knjigu želim da posmatram najpre iz perspektive današnjeg fizičara, da istaknem posebno mesto koje taj princip ima u savremenoj fizici.

Princip najmanjeg dejstva sažima čitave oblasti stare i nove fizike. Rezultati dobijeni u jednoj oblasti mogu se analogijama preneti u druge, od klasične mehanike, hidrodinamike, elektromagnetizma, teorije relativiteta — do kvantne mehanike.

Da bi fizika započela svoj hod, na samom njenom izvoru stoji imenovanje, u kojem su se procesu pojavili fizički objekti; oni se međusobno razlikuju merom i brojem. Zapremina, temperatura, napon, pritisak, ... određeni su skupom karakterističnih brojnih vrednosti. Baš ti brojevi, pomoću kojih se vrši redukcija stvarnosti na matematičke entitete, oštro razdvajaju taj novi svet fizike od „sveta po sebi“. Sami fizički objekti, tako uvedeni, jesu početak i kraj moći toga novog, fizičkog, jezika. Jer, bez odeljenosti fizičkih objekata ne bi bilo moguće konstituisati ni jezik fizike, ali, istovremeno, baš ta odeljenost jeste i prepreka u dosezanju sveobuhvata, tj. jedinstva svega, čemu fizičari a priori streme. Osetljivost naših čula zamenjena je osetljivošću naših instrumenata. Naše beskonačne čulne predstave fizika je redukovala na merne vrednosti, a zatim je te vrednosti svrstala u određene klase, što je sve vodilo gomilanju empirijskih zakona. Ti zakoni predstavljaju iskaze o određenim konkretnim fenomenima. Ali osnovni zadatak fizike jeste da generalizuje naše iskustvo. U tom cilju stvoreni su principi koji je trebalo da u sebe sažmu čitava područja stvarnosti. Principi su zamišljeni kao matrice iz kojih će se proizvoditi novi prirodni zakoni. U svojoj prethodnoj

raspravi *Rast znanja i Njutnovi Principi* pokazao sam da je Njutn u *Principima* dao koncept izgradnje aksiomatskih teorija fizike, i to u vidu trokoraka: hipoteza (postavljanje principa) — dedukcija (deduktivno izvođenje opažajnih činjenica iz principa) — eksperiment (eksperimentalno proveravanje opažajnih činjenica). I Lagranževa analitička mehanika, kao i sve kasnije aksiomatske teorije fizike, izgrađena je po tom metodološkom receptu. Štaviše, pored metodologije, Lagranž je direktno preuzeo i same osnovne pojmove Njutnove racionalne mehanike: tačku, pravu, ravan, masu, silu i vreme.

Koristeći se uglavnom aparatom sintetičke geometrije, Njutn je u *Principima* izložio prvu aksiomatsku teoriju prirode — mehaniku. Cvetanje novih analitičkih metoda u prvoj polovini 18. veka prirodno je nametalo pitanje reinterpetacije Njutnove mehanike. Pravi početak analitičkog prikazivanja mehanike jeste Ojlerova knjiga iz 1736. godine. Baš te, za mehaniku važne godine, rodiće se i Žozef-Luj Lagranž, koji će u svojoj čuvenoj *Analitičkoj mehanici* taj započeti razvoj analitičkih metoda dovesti do vrhunca.

Lagranž, „veličanstvena piramida matematičkih nauka“, kako je za njega uobičavao da kaže Napoleon, živeo je u doba kada su se francuski prosvetitelji latili svoga najvećeg poduhvata, sastavljanja kolektivne *Enciklopedije*, po uzoru na *Ciklopediju ili univerzalni rečnik Engleza E. Čembersa* (objavljeno u Londonu 1728. godine), kao „sređenog rečnika nauke, umetnosti i veština“. To veliko delo pokrenulo je sumnju u do tada vladajuće dogme, te je tako postalo Biblijom francuske revolucije iz 1789. Pored ove, Lagranž je bio svedok još dve velike revolucije: industrijske (za koju se može smatrati da je počela 1760.) i američke (iz 1775.); s druge strane, bio je savremenik i Fridriha Velikog, Katarine Velike, ali i Voltera, Rusoa, Kanta, Fihtea, Hjuma, Ramoa, Mocarta, Kulona, Lamarka, Adama Smita, Lomonosova, pa i našeg Ruđera Boškovića, te je, na svoju veliku nesreću, prisustvovao i giljotiniranju svoje velike zaštitnice Marije Antoanete i svog odanog prijatelja Lavoazjea; a na kraju, da bi ironija bila potpuna, on će postati idol tog istog naroda koji se pokazao krvnikom ono dvoje!

Pa ipak, bilo je to doba prosvetiteljstva i romantizma, tačnije doba u kome su vladali kult razuma i kult osećajnosti. Ta svojevrsna mešavina razuma i osećanja dala je niz velikih naučnih otkrića. Najveća naučna zabava tog doba bio je elektricitet. O tome šta je elektricitet prvi je Franklin izneo svoje mišljenje; 1752. je pokazao da je i munja oblik elektriciteta, a 1760. konstruisao je gromobran. Galvani je opazio, a Volta uspeo da precizno izmeri, to čarobno vrelo elektriciteta, te je tako započela ubrzana gradnja aparata za proizvodnju i čuvanje elektriciteta. Konstruisanjem stalnih izvora električne struje, posle 1800. godine, širom su bila otvorena vrata nauci o elektricitetu. Dalje, iz alhemije, farmacije i metalurgije preciznim analitičkim merenjima kondenzovana je hemija gasova. Stara antička ideja da je priroda sastavljena od četiri elementa konačno je bila napuštena. Kevendiš određuje specifičnu težinu vodonika. Otkrivajući kiseonik, Pristli pobija alhemijsko poimanje vatre i omogućuje Lavoazijeu da

dođe do principa konzervacije mase<sup>1</sup>, a baš će taj princip učiniti da se i hemija počne smatrati egzaktnom naukom.

Napuštani su i stari zanati, tehnika je kretala novim putevima. Racionalnost 18. veka uveliko je bila stavljena u službu ispunjavanja ljudskih želja. Vodena para, koju je još i Heron koristio za pokretanje neobičnih igračkaka, sada je počela pokretati ogromne mehanizme, brodove, lokomotive. Savremena tehnika radala se tako iz saveza kapitala sa eksperimentalnom naukom. Ljudi su konačno shvatili da je nemoguće konstruisati idealnu mašinu (*perpetuum mobile*), tj. spoznali su da je nemoguće dobiti rad ni iz čega. Tačna merenja su počela bistrirati ljudske umove, te su se tako približavali zakonu o održanju energije. Ali kako iz prirode izvući energiju? Kako ona prelazi iz jednog u drugi oblik? — Tim pitanjima nisu se bavili samo naučnici i tehničari, već i umetnici, filozofi; Blejk peva: „Energija je večni užitak“. Energija i znanje su polako postajali moć.

Engleska, koja je zbog svoje specifične istorije prva raskrstila sa religijskim istinama i feudalizmom, bila je u vođstvu. Da ne bi zaostali, Francuzi su se počeli koristiti svim idejama zasejanim u Engleskoj. Centralna ličnost francuskog prosvetiteljstva, Volter, koji je u Engleskoj video zemlju istinskih političkih i verskih sloboda, zalagao se za potiskivanje Dekartovih i Lajbnicovih ideja i svesrdno je pomagao širenje engleske filozofije i kulture u Francuskoj. On nikada nije zaboravio susret sa Njutnom, kao ni njegovu svečanu pogrebnu ceremoniju u Vestminsterskoj opatiji 1727. godine. Tom Volteru<sup>2</sup> duguje i Lagranž svoje povezivanje sa Njutnovim genijem.

U školi u svom rodnom Torinu, posle upoznavanja sa Euklidovim i Arhimedovim radovima, Lagranž slučajno dolazi do eseja Njutnovog kolege Haleja, u kome se iznosi prednost diferencijalnog računa nad sintetičkim metodama geometrije. Upravo tom radu imaju da zahvale matematika i fizika što su u svoje redove svrstale još jednog genija. Sa samo šesnaest godina Lagranž je postao profesor matematike u kraljevskoj artiljerijskoj školi u Torinu. Tada i počinje sa objavljivanjem svojih naučnih radova — od primene diferencijalnog računa u verovatnoći, preko varijacionog računa, do problema vibracije žice. Ferma i Dekart su uvođenjem koordinata trasirali put pojmu funkcionalne veze između dve promenljive veličine. Preko Gregorija, Njutna, Lajbnica i Bernulijevih pojam funkcije je polako sticao svoju legitimnost. Jednakost kao što je  $y = f(x)$  definiše krivu povezivanjem koordinata svake tačke na njoj. U veku analitičkih metoda postavljalo se pitanje kako analitički pojam funkcije osloboditi od geometrijske predstave.

Nekako paralelno sa razvojem pojma funkcije formirao se i znameniti integro-diferencijalni račun. Njutn je prvi primetio da se mnogi fizički zakoni mogu jednostavnije izraziti pomoću diferencijalnih simbola nego na ma koji drugi način. Na toj ideji, ali i na Lajbnicovoj simbolici, sazdali su svoje „kraljevstvo“

<sup>1</sup>Antoine Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, 1789.

<sup>2</sup>Godine 1734. Volter je objavio *Pisma o Englezima*, a 1759. Volterova prijateljica, madam di Šatel, prevela je *Principe* na francuski jezik.

Ojler, Dalamber i Lagranž. Diferencijalne jednačine ne vezuju promenljive  $y$  i  $x$  direktno; one se služe potpuno drugom metodom. Diferencijalna jednačina definiše krivu kazivanjem pravca u kome ona prolazi kroz svaku od svojih tačaka.

Ali govoriti o realitetu matematičkim simbolima nije ni malo lako. Ubrzo se pokazalo da je, na primer, oscilovanje žice ili ploče nemoguće predstaviti običnim diferencijalnim jednačinama. Zato je 1715. godine Tejlor postavio, a Dalamber prvi rešio, takozvanu „jednačinu sa diferencijom“, danas poznatu kao parcijalnu jednačinu. Skoro da je suviše napominjati da su Ojler i Lagranž bili ti koji su iznašli opšte metode za integraciju ovih jednačina.

I sam varijacioni račun, koji u pravom analitičkom obliku započinje tek sa Ojlerom, bio je jedna od metoda koja je trebalo da pomogne pri rešavanju praktičnih problema, kao što su, na primer, problem dimenzionisanja građevinskih elemenata, grede i stuba, ili problem određivanja oblika tela tako da moment inercije pri rotaciji bude minimalan. Ti su problemi bili iskristalisani u tri praktična zadatka: brahistohrone, geodezijske linije i izoperimetrijski zadatak. Dok kod problema brahistohrone određujemo minimalno vreme, kod problema geodezijske linije određuje se minimalna dužina linije koja leži na zadatoj površi (problem rešio N. Bernuli 1697), a kod izoperimetrijskog problema određujemo krivu koja zadovoljava dva uslova: jedan se odnosi na njenu dužinu, a drugi na ekstremalnost obuhvaćene površine. Nije teško zaključiti da je zajedničko za ova tri zadatka, ali i za svaki budući varijacioni zadatak, to što je potrebno odrediti krivu (funkciju) tako da ona minimizira ili maksimizira neki dati integral; taj integral, po Adamarovom predlogu, danas nazivamo funkcional. Taj je zadatak izuzetno složen zato što tu više nije reč o maksimumu ili minimumu (apsolutnom ili relativnom) neke funkcije jedne ili više realno promenljivih, tj. ono što se menja pod integralom nije više broj, već funkcija  $y = y(x)$ , koja prolazi određen skup funkcija  $G$ . Prirodno, i ovde se zahteva da važi nejednakost tipa  $f(y) > (<) f(y_0)$  za svako  $y$  iz neke okoline  $y_0$ . Problem je, samo, šta je sada okolina tačke u ovom apstraktnom skupu funkcija  $G$ . Šta je to okolina bilo koje funkcije? Ojlerovom je varijacionom računu nedostajala matematička strogost. Po samom Ojlerovom svedočenju, tek je sa Lagranževim radovima, koji su u periodu od 1759. do 1761. godine publikovani u analima Torinske akademije nauka, varijacioni račun stekao svoj današnji analitički oblik.

Tako je već u dvadeset četvrtoj godini Lagranž postao priznat i poznat u Evropi kao jedan od najvećih matematičara. Godine 1764. za rešenje problema tri tela (Zemlja, Mesec, Sunce) on dobija veliku nagradu Francuske akademije nauka. Dok se problem dva tela mogao rešiti u konačnom obliku, dotle je to sa problemom tri tela bilo nemoguće. Lucidni Lagranž rešava problem u dva specijalna slučaja: kada se tela nalaze u temenima jednakostraničnog trougla, kao i kada su na pravoj liniji, kojom prilikom su međusobna rastojanja data unapred. Osim ovoga, Lagranž je kasnije dao i rešenje problema tri tela u tzv. „užem smislu“, tj. kada je masa jednog od tela zanemarljivo mala, što u današnje „satelitsko doba“ naročito dobija na važnosti. Godine 1766. Francuska akademija nagradjuje Lagranževa „izučavanje nejednakosti Jupiterovih satelita“ (rešava problem četiri Jupiterova

satelita, Jupiter, Sunce).

Čuvši za takve Lagranževe uspehe, Fridrih Veliki ga poziva da, posle Moper-tuija i Ojlera, on bude direktor fizičko-matematičkog odeljenja Berlinske akademije nauka, na kojoj je svojevremeno boravio i Volter. Punih dvadeset godina Lagranž je neprestano publikovao radove u zbornicima Berlinske akademije. I baš u njoj on će se uzdići do personifikacije novog tipa naučnika, koji će postati uzor kasnijim pokoljenjima. On je to postigao ne samo svojim matematičkim genijem, jer su istu takvu genijalnost posedovali i njegovi veliki prethodnici — Dalamber i Ojler — nego i zato što u njegovim radovima nije bilo nikakvih metafizičkih i teoloških rasprava. Od renesanse vekovima pripremana autonomija nauke u odnosu na teologiju i metafiziku, koja je — neprimećeno — zasijala još kod Njutna, ponovo se, tako, pojavila u Lagranževim radovima. Lagranž je Evropom proneo slavu prvog „čistog“ naučnika. Jer, fizičko iskustvo isprepletano sa matematičkim rasuđivanjem — jedino je što se može naći u njegovim radovima, bez ikakvih primesa u stilu Ojlerovih *Pisama nemačkoj princezi*. Kao ni Njutn, tako ni Lagranž nije naučne istine smatrao apsolutnim i kategoričkim istinama, već je nauku doživljavao kao putokaz — kao radna uputstva sugerisana iskustvom, a stvorena u svetlu razuma.

Nakon smrti Fridriha Velikog, Lagranž prihvata poziv Luja XVI da nastavi svoj rad u Pariskoj akademiji nauka. Godine 1787. Marija Antoaneta mu u Parizu priređuje veličanstven doček. To je bila godina u kojoj je još doterivao svoje remek-delo započeto u Torinu — svoju mehaniku koja će biti isključivo zasnovana na simboličkom jeziku algebre i analize. „Onaj ko voli matematičku analizu, sa zadovoljstvom će uvideti da mehanika postaje novim delom analize i biće mi zahvalan za takvo proširenje područja njene primene.“ I dodaje: „Ja hoću svesti teoriju mehanike i veštinu rešenja koja se odnosi na njene zadatke na opšte formule iz kojih slede sve jednačine, neophodne za rešavanje bilo kog njenog zadatka.“

Po uzoru na Njutna, koji je na isti ontološki nivo doveo mirovanje i kretanje, Lagranž u svojoj „Analitičkoj mehanici“ na analitički način obuhvata statičke i dinamičke zakone. Kritički raspravljao o lokalnim principima i zakonima statike svojih prethodnika: Arhimeda (zakon poluge), Stevina (ravnoteža na strmoj ravni), Galileja (zakon koturače), zatim Dekarta, Toričelija, Bernulijevih, Varinjona, da bi tek potom dao osnovni princip statike, koji danas obično nazivamo principom mogućih pomeranja, po kome je, u slučaju ravnoteže sistema materijalnih tačaka, zbir radova spoljašnjih i unutrašnjih sila, za moguće pomeranje koje zadržavajuće veze dopuštaju, jednak nuli, uz pretpostavku da su početne brzine svih tačaka sistema jednake nuli. Osnovna prednost ovako uvedenog principa ogleda se u primeni na složene sisteme, a sastoji se u tome što se ravnoteža sistema može odrediti bez rastavljanja sistema na osnovne elemente, kako se inače u statici činilo. Spajajući princip mogućih pomeranja sa Dalamberovim principom, Lagranž uvodi opštu jednačinu dinamike, danas poznatu pod imenom Dalamber-Lagranžev princip, koji glasi: *pri proizvoljnom kretanju materijalnog sistema sa*



idealno zadržavajućim vezama, u svakom trenutku zbir radova<sup>3</sup> svih aktivnih sila i svih uslovno pridodatih sila inercije na svakom mogućem pomeranju sistema jednak je nuli.

Ovaj diferencijalni princip, kao svojevremeno i Njutnove aksiome, nije nikakva induktivna generalizacija, niti iskaz o onome što se stvarno dešava; to je jedna pojmovna a priori data šema iz koje se, kao i iz Njutnovih aksioma, mogu izvesti eksperimentalni zakoni kretanja. Značaj ovog principa za filozofiju nauke bio je, pre svega, u tome što je konačno postalo očigledno da jedno opaženo kretanje tela ne propisuje samo po sebi ni jedan poseban način opisivanja tog procesa. Opažena kretanja mogu se analizirati na različite načine. Kritički posmatrano, Njutnova i Lagranževa mehanika se nisu razlikovale u svojoj biti, jer su i jedna i druga iz trenutnog stanja sistema izvodile evoluciju posmatranog dinamičkog sistema. Povezuju ih istovetna reverzibilnost i uzročnost.

Pored diferencijalnog principa koji se formira lokalno, za određeni trenutak vremena, Lagranž formira i jedan integralni princip, kojim upoređuje konačna pomeranja za konačne vremenske razmake, a koji je danas uglavnom poznat kao Mopertui-Lagranžev princip najmanjeg dejstva.

Predistorija ovog principa nalazi se još u mitovima i legendama. Tako je, u legendi o osnivanju Kartagine, Muto, tirski kralj, ostavio presto svojoj deci, Didoni i Pigmalionu, ali je narod za vladara postavio muškog naslednika. Nezadovoljna Didona luta morima i u Africi kupuje zemlju, sklopivši lukav ugovor da njena veličina odgovara veličini kože bika. Ona kažu iseca na tanke kaiševe, koje nastavlja jedan na drugi i tako uspeva da obuhvati maksimum zemljišta, na kome gradi svoje kraljevstvo, prelepi grad Kartaginu. Umesto da krajeve sastavi, ona ih je otavila otvorenim, jer su pali na obale mora. Tako je Didona rešila, mi bismo danas rekli, izoperimetrijski varijacioni zadatak: data je jedna kriva (morska obala), a znajući konfiguraciju terena, treba povući novu krivu date dužine (dužina spojenih kaiševa od kože) tako da površina obuhvaćenog zemljišta unutar ove krive i one zadate bude maksimalna.

Sama istorija principa najmanjeg dejstva, međutim, započinje Heronovom postavkom principa najkraćeg puta svetlosti. Problem se pojavio onda kada je uočeno da pri prelamanju, tj. pri prelasku svetlosti iz jedne u drugu sredinu, ona ne sledi najkraći put. Posle spora sa Dekartom, kritički se odnoseći prema Aristotelovoj filozofiji, po kojoj priroda uvek bira najkraći put, Ferma uočava da najkraći put ne mora nužno da bude i najbrži, te formuliše svoj princip najkraćeg vremena, po kome, ako svetlosni zrak, polazeći iz tačke *A* u nekoj sredini, stigne do tačke *B* u drugoj sredini, varijacija integrala

$$\int_A^B \frac{ds}{V}, \quad \left( \text{pri čemu je } \frac{ds}{dt} = V \right)$$

jeste jednaka nuli. Ovo je, naravno, savremeni zapis ovog principa, jer u Fermaovo vreme varijacioni račun još nije bio konstruisan. Pri gradnji svog principa,

<sup>3</sup>Lagranž pod Galilejevim uticajem rad naziva momentom.

Ferma je koristio Snelov empirijski zakon prelamanja, konstruišući istovremeno, za razliku od Dekarta, hipotezu da se svetlost sporije kreće u gušćoj sredini. Godine 1682. Lajbnic publikuje svoja razmišljanja o problemu prelamanja svetlosti i Fermaovom principu. On formuliše princip „najlakšeg“ puta. Ali, to je bio ponovni povratak Dekartovim izvornim idejama; tako Lajbnic sasvim pogrešno zaključuje da se, zbog manjeg rasejavanja, svetlosni zraci brže kreću u staklu, nego u vazduhu. Sve do Njutna ekstremalnost je tražena samo u optičkim pojavama. To nikako nije iznenađujuće, jer je teorija svetlosti u to vreme bila pre svega uprošćena geometrijska optika. Preneti zadatak ekstremalnosti u mehaniku značilo je sudariti se sa pojmom dejstva.

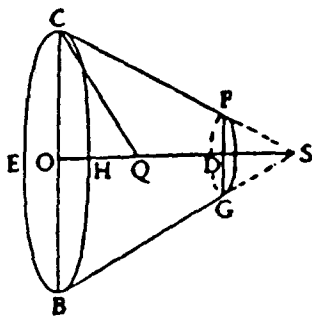
Njutn, koji je u mnogo čemu već bio prvi, bio je to i na ovom polju delatnosti. On je prvi uspeo tačno da reši tri ekstremalna zadatka u dinamici. Sasvim neopravdano istoričari nauke su potpuno zapostavili ova tri tako važna zadatka za razvoj varijacionog računa. Podsetimo da je tek devet godina posle objavljivanja *Principa* Johan Bernuli postavio problem brahistohrone, koji se svojom atraktivnošću nametnuo kao temelj početka razvoja varijacionog računa, uprkos činjenici da je Njutn već u to vreme vladao elementima koji čak prelaze okvire tog kasnije razvijenog računa.

U drugoj knjizi *Principa*, koja zajedno sa prvom sačinjava celinu „*De motu corporum*“, tj. *O kretanju tela*, u propoziciji XXXV Njutn daje teoremu 28: *Ako se, u retkoj sredini koju čine jednake čestice slobodno rasporedene na međusobno jednakim rastojanjima, kugla i cilindar, jednakih prečnika, kreću jednakim brzinama, u pravcu ose cilindra, otpor kugle biće dva puta manji od otpora cilindra. Zatim Njutn definiše retku sredinu, pa dokazuje teoremu. I sada kao kruna sledi zaboravljeni sholijum, koga zbog važnosti prenosim u celini iz prvog izdanja Principa, uz originalne Njutnove skice:*

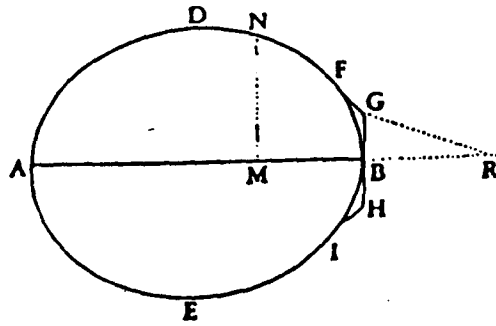
„Eadem methodo figurae allae inter se quoad resistentiam comparari possunt, eaeque inveniri quae od motus suos in Mediis resistentibus continuandos aptiores sunt. Ut si base circulari  $CEBH$ , quae centro  $O$ , radio  $OC$  describitur, et altitudine  $OD$ , construendum sit frustum conii  $CBGF$ , quod omnium eadem basi et altitudine constructorum et secundum plagam axis sui versus  $D$  progredientium frustorum minime resistatur: viseca altitudinem  $OD$  in  $Q$  et produc  $OQ$  ad  $S$  ut sit  $QS$  aequalis  $QC$ , et erit  $S$  vertex conii cuius frustum quaeritur.

Unde obiter cum angulus  $CSB$  semper sit acutus, consequens est, quod si solidum  $ADBE$  convolutione figurae Ellipticae vel Ovalis  $ADBE$  circa axem  $AB$  facta generetur, et tangatur figura generans a rectis tribus  $FG, CH, HI$  in punctis  $F, B$  et  $I$ , ea lege ut  $GH$  sit perpendicularis ad axem in puncto contactus  $B$ , et  $FG, HI$  cum aedem  $GH$  contineant angulos  $FGB, BHI$  graduum 135: solidum, quod convolutione figurae  $ADFGHIE$  circa axem eundem  $CB$  genertur, minus resistitur quam solidum prius; si modo utrumque secundum plagam axis sui  $AB$  progrediatur, et utriusque terminus  $B$  praecedat. Quam quidem propositionem in constuennendis Navibus non inutilem futuram esse censeo.

Quod si figura  $DNFG$  eiusmodi sit ut, si ab eius puncto quovis  $N$  ad axem  $AB$  demittature perpendicularum  $NM$ , et a puncto date  $G$  ducatur recta  $GR$



Skica 1



Skica 2

quase parallela sit rectas figuram tangenti in  $N$ , et axem productum secet in  $R$ , fuerit  $MN$  ad  $GR$  ut  $GR$  cub. ad  $4BR \times GBq$ : Solidum quod figurae huius revolutione circa axem  $AB$  facta describitur, in Medio raro et Elastico ab  $A$  versus  $B$  velocissime movendo, minus resistetur quam aliud quodvis eadem longitudine et latitudine descriptum Solidum circulare.“

U svojoj suštini, u ovom se sholijumu postavlja problem ekstremalnosti i daju tačna rešenja koja su zasnovana na uslovu minimalnosti sile otpora. Ukratko tu se radi o tri varijaciona zadatka:

Od svih zarubljenih pravih konuca jednakih kružnih osnova  $CEBH$  i jednakih visina  $OD$  (pogledati skicu 1), najmanji otpor kretanju u retkoj i elastičnoj sredini imaće onaj, čije su izvodnice određene tačkom  $S$ , koja se dobija kada se u tački  $Q$ , sredini visine  $OD$ , nanese duž  $OS$ , jednaka dužini  $CQ$ .

— Ako u tačkama  $F$ ,  $B$  i  $I$  (pogledati skicu 2), eliptične ili ovalne figure, povučemo tangente duži  $FG$ ,  $GH$ ,  $HI$  tako da je  $\angle FGB = \angle BHI = 135^\circ$ , telo koje se dobija obrtanjem figure  $ADFGHIE$  oko ose  $AB$ , imaće manji otpor kretanju u retkoj i elastičnoj sredini, u pravcu ose  $AB$ , nego telo nastalo obrtanjem figure  $ADBE$ .

— Ako je  $DNFG$  (pogledati skicu 2) takva kriva da, kada iz proizvoljne tačke  $N$  povučemo normalu  $NM$  na osu  $AB$  i iz date tačke  $G$  povučemo duž  $GR$  paralelno tangenti nakrivoj u tački  $N$ , važi proporcija:

$$MN : GR = GR^3 : 4(BR)(GB)^2$$

ona telo, koje se dobija obrtanjem ravne figure oko ose  $AB$ , trpi najmanji otpor kretanja u retkoj i elastičnoj sredini u poređenju sa bilo kakvim drugim telom iste širine i dužine.

Kako se, danas, uz pomoć principa maksimuma Pontrjagina mogu rešiti ovi zadaci može se pregledno naći u radu Josifa Vukovića pod naslovom *O jednom Njutnovom problemu optimalnosti*. Njutnovi rezultati tj. rešenja koja su vezana za problem ekstremalnosti čekaju i danas na svoje potpuno priznanje.

Hajgens, koji je bio vrsni eksperimentator, analizirajući rezultate svojih eksperimenata koji su ili vezani za kretanje materijalne tačke u polju sile Zemljine

teže po cikloidi, zaključio je da ta kriva ima osobinu izohronosti (tj. osobinu po kojoj period oscilovanja ne zavisi od početnih uslova, već samo od poluprečnika generatriše kruga generatora cikloide) i tautohronosti (tj. osobinu materijalne tačke da puštena niz cikloidu bez početne brzine iz bilo koje tačke stiže u svoju najnižu tačku za isto vreme). Baš ti su rezultati potakli Bernulijeve da, izučavajući problem brahistohrone, između svih krivih posebnu pažnju obrate na cikloidu. Godine 1696. Johan Bernuli je evropskim matematičarima postavio sledeći zadatak: da kroz dve slučajno izabrane tačke u vertikalnoj ravni koja se nalazi u homogenom polju sile Zemljine teže odrede oblik one krive po kojoj će tačka, krećući se bez trenja, preći zadati put za najkraće vreme. Problem brahistohrone rešili su tada Njutn, J. Bernuli, Lopital.

Da bi se krenulo dalje od problema brahistohrone, bilo je potrebno uvesti koncept dejstva. Osnovna metafizička postavka „principa najmanjeg dejstva“ u mehanici pripada „velikom spljoštivaču“, Francuzu Mopertuiju. Naime, jedno od bazičnih pitanja koje su sebi postavljali naučnici 18. veka bilo je i ono o obliku Zemlje. Kartezijanci su tvrdili da je Zemlja na polovima izdužena, a iz Njutnove kosmološke teorije sledilo da je Zemlja baš na polovima spljoštena. U periodu od 1735. do 1737. spor je trebalo da razreše dve ekspedicije — u Peru i Laponiju (na čelu ove druge nalazio se lično Pjer Mopertui) — da bi se izmerila veličina jednog stepena geografske dužine. To je bila samo još jedna od mnogih potvrda nadmoćnosti Njutnovih teorija nad Dekartovim. Na taj događaj Mopertiju je ostala uspomena u vidu nadimka „veliki spljoštivač“. Prema Mopertiju „jednostavnost tera prirodu da deluje na takav način, da se delovanje svodi na najmanju moguću meru.“ Ali, šta je dejstvo? — Mopertui mu ne daje precizno kvantitativno određenje. Tek u Ojlerovim radovima Mopertuijeve zamisli su, uz pomoć novorazvijenih analitičkih metoda, dobile egzaktni fizički smisao. Izoperimetrijski zadatak koji je postavio Jakob Bernuli rešio je Ojler 1740. godine, držeći se ideje Johana Bernulija da ako neka kriva linija ima maksimum ili minimum, onda i svaki njen beskonačno mali deo ima ista svojstva. Na kraju rasprave o izoperimetrima, koja je štampana u Lozani 1744. godine, Ojler pokazuje da se, od svih mogućih trajektorija, kretanje materijalne tačke u polju centralne sile odvija po onoj za koju je varijacija integrala

$$M = \int v ds,$$

jednaka nuli.

Razvijajući, sa svoje strane, varijacioni račun, uvodeći posebnu oznaku za operator mogućeg pomeranja, Lagranž svodi princip najmanjeg dejstva na variranje integrala između dve fiksne granice. Za razliku od Ojlera, Lagranž pod integral uvodi kinetičku energiju („živu silu“), tako da mu vreme postaje nezavisno promenljiva veličina, te se funkcional, tj. integral dejstva, može pisati u obliku:

$$B = \int_{t(P_1)}^{t(P_2)} 2T dt.$$

Tako princip najmanjeg dejstva glasi: od svih krivih  $C$  koje prolaze kroz tačke  $P_1$  i  $P_2$ , a za koje potpuna energija ima jednu te istu vrednost, linija putanje (direktan put) je ona kriva za koju dejstvo  $B$  ima stacionarnu vrednost. Pitanje kada dejstvo  $B$  na direktnom putu ima najmanju vrednost danas se rešava pomoću kinetičkih fokusa. Iz ove formulacije principa, međutim, očigledno proizilazi neadekvatnost njegovog opšteusvojenog naziva. Svakako bi mnogo adekvatniji naziv bio: princip stacionarnog dejstva.

Ovaj Lagranžev integralni princip ekvivalentan je Njutnovoj racionalnoj mehanici, ali samo kada su veze holonomne. Iako danas mnogo korišćen, on je u početku dugo čekao na svoju legitimnost; tako je još 1837. Poason govorio da je to „samo jedno nekorisno pravilo“. U 19. veku, kada su ustanovljene konverzije između mehaničkog kretanja, toplote, elektriciteta i magnetizma, zakoni održanja energije počeli su se činiti pogodnijim za opšte generalizacije u fizičkim teorijama. Paralelno sa tim novim tokovima, nesmetano se nastavlja i razvoj principa najmanjeg dejstva. Hamilton ga transformiše tako što pod integral uvodi funkciju  $L = T - V$ , takozvani lagranžijan, a zatim slede doprinosi Jakobija i Dirihlea. Helmholtz je u nekoliko radova, a naročito u svom akademskom saopštenju „O fizičkom značenju principa najmanjeg dejstva“ iz 1886. godine, tom principu udahnuo novi život. On iz principa najmanjeg dejstva izvodi zakon održanja energije i odatle zaključuje da taj princip prevazilazi granice klasične mehanike. Teorija relativnosti i kvantna mehanika potvrdile su velika „heuristička“ očekivanja koja je Helmholtz vezao za ovaj princip. Šredinger je izgradio most između Fermaovog i Hamiltonovog principa. Danas, Fejnmanov integral putanje obećava jedinstven matematički pristup u okvirima nove fizike. Ali danas više nema mesta verovanju da bilo kakav matematički princip može nadići iskustvo. Bez obzira na svu njegovu univerzalnost, ni princip najmanjeg dejstva, kao uostalom ni bilo koji drugi princip, ne sme se apsolutizovati — on nam ne govori direktno o prirodi, već je deo teorijski modeliranih sistema. Problem definisanja samog dejstva, tj. njegovo večito aposteriorno uvođenje, bitno umanjuje njegovu vrednost u konstituisanju novih fizičkih teorija. A apsolutizovanje principa najmanjeg dejstva, u želji da se njime opiše sve, u praksi ga postepeno transformiše u neoperativnu i nerazumljivu metaforu. U svom kapitalnom delu Lagranž je sa krajnjom strogošću, mudrošću i konzekventnošću sproveo Njutnov stav o tome da predmet spoznaje mogu biti samo činjenice, tj. da se mogu spoznati samo odnosi između pojava, ali ne i njihova bit, i da predmet spoznaje ne može biti ni pitanje o prvim uzrocima.

Zahvaljujući svom talentu da dobro razmisli pre nego što bilo šta kaže, Lagranž je uspeo da bezbedno prebrodi nedaće revolucije. Tako je najskromniji i najveći matematičar XVIII veka postao miljenik i Napoleona, koji je od njega načinio senatora, grofa i velikog oficira Legije časti.

U 18. veku iskustvo i praktično znanje u novoosnovanim inženjerskim školama racionalno je analizirano. Za vreme francuske revolucije nastava je u visokim školama bila prekinuta iz preventivnih razloga. Monž je uspeo da izdejstvuje kod revolucionarne vlade da se organizuje jedna inženjerska škola

sasvim novog tipa. U njoj su sve povlastice pri upisu bile ukinute; uveden je prijemni ispit; težište rada je bilo na matematici, teorijskoj mehanici i fizici. Ta je škola otpočela sa radom krajem 1794. godine, a glasovito ime Ecole Normal dobila je 1795. U njoj su predavali najistaknutiji francuski naučnici tog doba: Lagranž, Monž, Lazar Karno, Furije, . . . Kada je 1797. otvorena velika pariska tehnička škola, Ecole Polytechnique, Lagranž je u njoj pred očima svojih đaka razvijao nove matematičke metode.<sup>4</sup> Tamo gde je on zastao produžio je njegov naslednik na katedri, Luj Koši, čiju je buduću veličinu Lagranž lucidno predvideo. U razvoju nauka koje su se proučavale u toj novoj velikoj školi, pored Lagranža i Laplase, učestvovao je ponovo i Monž, začetnik nacrtne geometrije (koja je čitavih petnaest godina čuvana kao velika vojna tajna!) — a zatim i njihovi đaci: Koriolis, jedan od tvoraca tehničke mehanike, Navije i Sen Venan, pioniri teorije elastičnosti, Ponsele, antipod Lagranžev, koji je želeo da „oslobodi geometriju od hijeroglifa analize“, te je tako stigao do projektivne geometrije, zatim Poason, Malis, Frenel, Amper, N. Karno, Bio, Gej-Lisak, . . . . Iako je bio skeptičan prema daljem razvoju matematike (progres je video isključivo u razvoju prirodnih nauka), Lagranž je i poslednje godine svoga života proveo diveći se drugima, bodreći ih, ali i direktno ih pomažući, mada su oni često imali sasvim drugačije vizije od njegovih — Furije, Ležandr, Gaus, Pfaf, . . . .

Poslednji projekat na kome je Lagranž radio bio je vezan za uvođenje jednoobraznog sistema mernih jedinica. Umro je 1813. godine i sahranjen u monumentalnoj zgradi pariskog Panteona. Iza njega ostalo je njegovo veliko delo, a vrh Lagranževe „veličanstvene piramide“ krasi njegov princip najmanjeg dejstva, koji nam otvara mogućnosti da gledamo i ispred sebe i za sobom. Taj nas princip uči da pronađemo pravac u kome ćemo se dalje kretati. On nam sugeriše da se neprestano moramo uzdizati iznad ravni opažanja, pa čak i iznad ravni eksperimentalnih podataka i pojedinih zakona, ne bismo li onda, unutar svih tih ravni, ponovo stali na čvrsto tlo. Prevazilaženje i uzdizanje koje se ovde predlaže služi pre svega izgradnji i učvršćenju iskustva.

---

<sup>4</sup>Na pr. *Théorie des fonctions analytiques*, Paris, 1797.

## VILJIJEM RUAN HAMILTON

„Stvari matematike ne predstavljaju ni „šta“ ni „kako“, nego su to same oznake, koji je za sebe sačinio naš razum, a bez kojih on ne bi mogao obavljati svoj posao ...“

*Nikola Kuzanski*

Henri VIII proglasio se kraljem Irske 1542. godine, pa je tako bilo legalizovano ekonomsko i političko porobljevanje Iraca od strane Engleza. Ta je eksploatacija svoj vrhunac dostigla kada je Kromvel 1649. godine beskompromisno ugušio veliku irsku pobunu. Oduzeta im je skoro sva zemlja i predata na korišćenje engleskim lordovima i trgovcima. Počeo je jedan nesvakidašnji proces: Englezi su se sve više naseljavali u Irskoj, a Irci su se iseljavali u Englesku, Ameriku, kasnije i Australiju.

Neposredno, pak, pre Hamiltonova rođenja, zbila su se za Irsku tog vremena dva važna politička događaja: 1801. godine Irci su morali ući u uniju sa Britanijom, a 1802. raspušten je irski parlament. Kako u detinjstvu, tako i kroz ceo život Hamiltona će pratiti nacionalistička previranja u irskoj politici. Rodio se 1805. godine u Bla Kliu, tj. Dublinu (engleski naziv irskog glavnog grada), centru mnogobrojnih irskih pobuna; ili, radi bolje istorijske koordinacije, — rodio se godinu dana posle Bendžamina Dizraelija, a godinu dana pre Džona Stjuarta Mila. Bilo je to vreme žigosano Napoleonovim pohodima i velikim preokretima. Svima je postalo jasno da su optimističke nade o ljudskim pravima, koje su gajene u XVIII veku, bile nedostižne. Pesimizam se počeo širiti Evropom, naročito su ga širili Bajron i Šopenhauer; kontra-struja je, pak, svoj optimizam hranila moćnim savezom koji je prećutno bio sklopljen između nauke i tehnike. Parne mašine su izašle iz tkačkih fabrika i ušle i u brodove i lokomotive. Evropa se uveliko modernizovala. Industrijska je revolucija, čija je kolevka bila Engleska, najviše doprinela da se stvori slika o jedinstvu prirode. U književnosti suvereno je vladao Gete, u muzici Betoven, a u matematici Gaus. Rastući uz oca advokata, Hamilton se rano upoznao sa složenim motivima i ponašanjima ljudi u javnom životu, te je stekao živo osećanje za iskustvenu realnost; ta će ga realnost kasnije neprestano vraćati fizičkom svetu. Uz to, Hamilton je rastao u živoj tradiciji irske mitologije i folklora, zatim uz Sviftova menipejska „Guliverova putovanja“, Homerove, Miltonove, Vordsvortove stihove ...

Kao i u Njutnovom slučaju, i ovde je jedan ujak bitno uticao na životni

put jednog sestrića. Ujak — sveštenik — Džems, talentovani poliglota, smatrao se obaveznim da svoje znanje prenese na mladog sestrića. Već u trećoj godini Viljem je tečno govorio i čitao engleski i pokazivao izfazit talenat za aritmetiku; u četvrtoj je čitao hebrejske tekstove, a u petoj latinske i grčke; zatim je svake godine ovladavo još sa po nekoliko novih jezika: francuskim, italijanskim, nemačkim. . . . Kada je 1815. napunio deset godina, ujak piše kako je njegova „žed za orijentalnim jezicima neutaživa. On je za sada savladao većinu (jezika), zapravo sve, osim manjih i razmerno provincijalnih. Hebrejski, persijski i arapski još će učvrstiti bolje i pobliže poznavanje sanskrita, za koji je on već stručnjak. Haldejskom i starosirijskom već se uči, takođe hindustanskom, mālajskom, mahratskom, bengalskom i drugim. Upravo namerava početi kineski, no veoma veliku teškoću predstavlja nabavljanje knjiga. Njegove nabavke iz Londona staju me velike svote novca, no nadam se da je taj novac pametno utrošen“. Pišući o Hamiltonu, američki istoričar matematike Bel smatra da je taj novac ipak bio loše utrošen i zato slavi dan kada je on prestao sa „besmislenim učenjem beskorisnih jezika“ (na prelasku iz četrnaeste u petnaestu godinu). Takva špekulativna teza teško da se može braniti danas kada znamo da je u principu nemoguća racionalna rekonstrukcija stvaranja jedne ideje. Čisto logički, analitički opis nije u stanju da nam da šemu rađanja jedne ideje, klasična epistemologija bez određenih ontoloških pretpostavki jeste jedna mrtva stvar. Ontogeneza znanja genetičkih epistemologa daje nam slobodu da donesemo sasvim suprotan zaključak od Belovog. Hamilton je, po svojoj prilici, zamenio lingvistički broj (singular, dual, plural) aritmetičkim prirodnim brojem (1, 2, . . .). Izgleda da su ti „beskorisni“, „besmisleni“ jezici trajno obogatili njegovu intuiciju. Matematička intuicija mu je omogućila formalizaciju algebre, koordinaciju mnogobrojnih kanonskih transformacija, a to ga je sve vodilo izgradnji jednog matematičkog formalizma koji je Njutnovu mehaniku uzdigao do njenog najoperativnijeg — najmoćnijeg — oblika.

Bilo kako mu drago, tek izrastao je Hamilton u mladića retke kulture i žive inteligencije. Taj vrsni sudija u stvarima misli i ukusa želeo je neodoljivo da piše pesme — i pisao ih je! Ko zna, možda se potajno nadao da će postati irski Šekspir? Ali, izgleda da su i ovoga puta erudicija i pamet radile protiv nadahnuća i duše. Skeptik kakav je bio, Hamilton je to odmah zapazio. Osetio se nesposobnim da, kao Vordsvort, bude „srce koje misli“, a znao je i da ne može udovoljiti Kolridžovom kredu, po kome pesnik treba snagom svoje imaginacije „ne da opisuje, već da ponovo stvara prirodu“. Raskinuo je svoj pesnički savez sa Kaliopom, Polihimnijom i Eratom i bez rezerve se predao novom, koji je sklopio sa Uranijom. Ovoga puta, zacrtao je sebi (!), nema povlačenja. Počeo je samostalno proučavati klasike: Njutna, Lagranža, Laplase . . . . S primetnom lakoćom sticao je nova znanja. Njegovom temeljitom znanju u dablinskom Trinitu-koledžu bila su otvorena sva vrata. Doktor Brinlej (po svoj prilici po uzoru na Baroua koji je svoju katedru prepustio Njutnu) predaje svoju katedru dvadesetdvogodišnjem Hamiltonu, a sam se povlači u manastir. Kada je sledeće godine Hamilton objavio prvi deo svoje znamenite knjige, „Teorije o sistemu svetlosnih zraka“, niko više nije sumnjao u to da je Irska dobila svog Njutna.

Hamiltonovi će savremenici njegovu „Teoriju o sistemu svetlosnih zraka“



smatrati u istoj meri klasičnom, kao što je to za njih bila i Njutnova knjiga „Matematički principi prirodne filozofije“. Teorijsko predskazanje prelamanja (refrakcije) snopa svetlosnih zraka koje je Hamilton tu dao, a koje se kasnije eksperimentalno potvrdilo, podsetilo ih je na Njutnova verifikovana teorijska predviđanja; u to vreme, 1845. godine, bila je potvrđena perturbacija planete Urana. Tako je on sa samo dvadeset sedam godina postao živa legenda ne samo u Britaniji, već i u kontinentalnoj Evropi i Americi. Ali, evo šta o svom predskazanju prelamanja snopa svetlosnih zraka kaže sam Hamilton:

„Izlazi da je zakon o refrakciji svetlosti s običnih ogledala bio poznat Euklidu; zakon o običnoj refrakciji na površini vode, stakla, ili drugih nekrystalizovanih materija, otkrio je mnogo kasnije Snelijus: Hajgens je otkrio, a Malus dokazao zakon o izuzetnoj refrakciji koja nastaje kod jednoaksijalnih kristala, kao što su islandski listići; i najzad, zakon o izuzetnoj dvostrukoj refrakciji na površinama biaksijalnih kristala, kao što su topaz i aragonit, otkrio je u naše vreme Frenel. No i u ovim slučajevima izuzetne ili kristalne refrakcije, nikad nije opaženo više od dva refraktirana zraka, niti se uopšte pretpostavljalo da oni postoje, ako izuzmemo Košijevu teoriju da bi možda mogao postojati treći zrak, premda verovatno nevidljiv za naša čula. Ja sam, međutim, ispitujući pomoću svoje opšte metode posledice Frenelovog zakona, došao do zaključka da u nekim slučajevima, koje je on naveo, moraju postojati ne samo dva, već beskonačni broj ili snop reflektovanih zraka unutar biaksijalnog kristala, koji odgovara i nastaje iz jednog jedinog upadnog zraka; te da će u nekim drugim slučajevima jedan jedini zrak unutar tog kristala izazvati beskonačan broj izlaznih zraka, složenih u neki drugi snop. Dakle, bio sam doveden dotle da prema teoriji predvidim dva nova zakona o svetlosti, kojima sam dao imena unutrašnja i spoljašnja refrakcija snopa svetlosnih zraka.“

Istaknimo još i to da je Hamilton tada uočio kako se „zamenom broja funkcijama, a dijagrama formulama“, tj. „primenom algebre na optiku“, može uspešno izgraditi jedna nova teorija svetlosnih zraka. Bilo je to još uvek vreme intenzivnog analiziranja Lagranževih i Laplasovih radova, pre svega. Baveći se problemom orbitalne stabilnosti, tj. jednačinama poremećenog kretanja, on uočava nedoslednosti u Laplasovoj „Nebeskoj mehanici“. Prepoznao je odmah da je Laplasova slika sveta pretrpela razorni udarac još 1811. godine — one godine u kojoj je jedan baron, prefekt Izera, Furije, za svoju studiju o širenju toplote u krutim telima dobio nagradu Pariske akademije. Furije je u svom radu zaključio da je toplota „koja se širi između dva tela srazmerna gradijentu temperature između njih“. Ta se teorija nikako nije dala svesti na mehaničku definiciju stanja sistema. Hamilton je vrlo rano zaključio da razne teorije prirode čuvaju svoju kauzalnost u odnosu na svoju definiciju stanja sistema, koja, naravno, ne mora da se poklapa sa mehaničkom (Laplasovom) definicijom. Većina njegovih savremenika, ali, nažalost, i naših, to nikako nije razumevala.

U XIX veku još je gajena bolesna ideja o apsolutnom znanju. Kod fizičara, vera u razum bližila se svom vrhuncu. Predviđanje tokova u prirodi i dalje se izvodilo iz hipoteze po kojoj je budućnost sadržana u sadašnjosti. Taj je vek uglavnom nastavio da razvija staro „racionalističko“ učenje, po kome je

posmatranje podređeno mišljenju. I dalje se radilo na projektu svođenja celokupne prirode na matematičke entitete. Lajbnicovi i Boškovićeви sledbenici i dalje su forsirali primenu zakona neprekidnosti. Ako su sve promene u prirodi vezane za zakon neprekidnosti, onda se problem spoznaje, mislili su oni, svodi na problem integrabilnosti posmatranog sistema.

Pokušavajući da se bavi problemima integracije diferencijalnih jednačina posmatranih sistema, Hamilton se zainteresovao najpre za problem prvih integrala kretanja. Naime, pri kretanju mehaničkog sistema sa  $n$  stepeni slobode kretanja menja se, u toku vremena,  $2n$  veličina  $q^i$  i  $\dot{q}^i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) ( $q^i$  predstavljaju generalisane koordinate, a  $\dot{q}^i$  generalisane brzine), a koje veličine određuju stanje sistema. Međutim, postoje takve funkcije ovih veličina, koje pri kretanju sistema očuvavaju svoje vrednosti i koje zavise samo od početnih uslova; njih obično nazivamo integralima kretanja. Ako eliminišemo parametar vreme ( $t$ ) iz ovih  $2n$  funkcija

$$q^i = q^i(t + t_0, c_1, c_2, \dots, c_{2n-1}),$$

$$\dot{q}^i = \dot{q}^i(t + t_0, c_1, c_2, \dots, c_{2n-1}),$$

ostaje  $2n - 1$  funkcija, koje povezuju konstante  $c_1, \dots, c_{2n-1}$  sa promenljivim  $q^i$  i  $\dot{q}^i$ , a koje nazivamo nezavisnim integralima kretanja. Nekoliko integrala kretanja ima izuzetno važnu ulogu u mehanici, jer se njihovo poreklo danas vezuje za homogenost i izotropnost vremena i prostora. Zakon održanja energije vezuje se za homogenost vremena. Ta homogenost čini da lagranžijan za zatvoreni sistem ne zavisi eksplicitno od vremena, a što dalje vodi jednom skalarnom zakonu održanje energije. Zakon održanja količine kretanja vezuje se za homogenost prostora, a održavanje momenta količine kretanja za izotropnost prostora. Ova dva zakona održanja su vektorska. Baveći se problemom tri i  $n$  tela, Hamilton se sretao sa magičnim brojem od 7 prvih integrala koji se mogu postaviti u posmatranim problemima, ali je aktuelno pitanje bilo kako pronaći preostale prve integrale.

Hamilton je poštovao i celog života pomno proučavao Lagranževe radove, pravu riznicu novih ideja, kao što su: teorija algebarski nepromenljivih veličina (na čemu su kasnije najviše radili Keli i Silvester), teorija determinanti (sam naziv „determinanta“ potiče od Košija, a za legitimnost teorije najviše je učinio Jakobi), zatim ideje da tri prostorne dimenzije i vreme čine skup od četiri dimenzije, da vreme nije ništa drugo do geometrijski parametar koji je moguće meriti (tu ideju o mnogostrukosti vremena kasnije su preuzeli Poenkare i Ajnštajn), zatim teorija grupa (taj „ključ“ savremene algebre i geometrije, čiju je kompletnu teoriju izumeo Galoa, a koja je shvaćena i prihvaćena tek na kraju XIX veka u radovima Žordana, Klajna i Lija) ...; i sami osnovi kanonskog formalizma mogu se naći već u lagranževoj „Analitičkoj mehanici“. Dalje, preuzimajući definiciju impulsa iz Poasonovog „Traktata iz mehanike“ iz 1811. godine, po kojoj je  $p_i = \partial T / \partial \dot{q}^i$ , Hamilton uvodi funkciju koordinata i impulsa:  $H(q^i, p_i)$ . Ta, kako je mi danas, iz pijeteta prema njenom tvorcu, nazivamo, Hamiltonova funkcija, jeste osnovna veličina nove formalizovane mehanike i iz nje se može dedukovati deskripcija sistema kao i njegova evolucija. Za razliku od Lagranževog formalizma, gde se

količina kretanja izračunava preko generalisane brzine, generalisani se impuls kod Hamiltona više ne izračunava direktno; to je omogućilo da se pri integraciji novonastalog sistema od  $2n$  diferencijalnih jednačina, sli sada prvog reda, u takozvanom „kanonskom“ obliku:

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial q^i}, \quad \frac{dq^i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad (i = 1, \dots, n)$$

generalisane koordinate i impulsi smatraju međusobno nezavisnim parametrima sistema. Glavna karakteristika ovih jednačina jesu određene osobine invarijantnosti prilikom transformacija koordinata. I još, pošto su svi kanonski sistemi međusobno ravnopravni, tj. govore iste stvari, u krajnjoj instanci, o posmatranom sistemu, onda pri rešavanju nekog konkretnog problema biramo one promenljive  $q^i$  i  $p_i$  koje nas preko odgovarajućeg hamiltonijana vode najjednostavnijoj integraciji diferencijalnih jednačina kretanja.

U želji da iz jednog varijacionog principa izvede kako poznate zakone klasične mehanike — tako i poznate zakone geometrijske optike, Hamilton dolazi u situaciju da transformiše Lagranžev princip najmanjeg dejstva. On pod integral uvodi lagranžijan u vidu razlike kinetičke i potencijalne energije ( $L = T - V$ ), tako da varijacioni princip najmanjeg dejstva sada dobija formu

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} L dt = 0,$$

gde ukupna energija više ne mora, kao kod Lagranža, biti konstantna.

Jakobi je u svojim „Predavanjima iz dinamike“ posebno mesto dao Hamiltonovom formalizmu kojim se rešavanje bilo kog mehaničkog problema svodi na nalaženje potpunoig integrala jedne parcijalno-diferencijalne jednačine. Tu jednačinu obično nazivamo Hamilton-Jakobijevom:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + H\left(q_1, \dots, q_n; \frac{\partial S}{\partial q_1}, \dots, \frac{\partial S}{\partial q_n}; t\right) = 0.$$

U njoj su nezavisno-promenljive generalisane koordinate  $q^i$  i vreme  $t$ . Ključ za rešavanje te jednačine sadržan je u takozvanoj „karakterističnoj“ ili „glavnoj“ funkciji  $S$ .

Dok je Hamilton svoj formalizam iz klasične mehanike protekao samo još na optiku, krajem XIX veka — i u XX naročito — taj je formalizam bio osnovna građa i za sisteme sa velikim brojem čestica — u statističkoj (Gibs-Ajnštajnova teorija ansambla), kao i u kvantnoj mehanici, tj. mehanici atoma i molekula, a o tome svedoče izjave samih tvoraca tih teorija, pre svih Hajzenberga i Diraka, na primer.

Svoju konceptualističku metafiziku Kant započinje „kopernikanskim obrtom“, tj. idejom da se naše saznanje ne treba upravljati prema predmetima, već da se oni (predmeti) imaju upravljati prema našem saznanju. Smatra da se samo sa tom

idejom nauka o prirodi može smatrati naučnom. Pokušavajući da dokaže postojanje apriornih sintetičkih istina, Kant sklapa čvrst savez sa matematikom i fizikom, te tako uspeva da svojoj filozofiji obezbedi za metafizičke sisteme neuobičajenu ubedljivost. Čak se i Hamilton dao uhvatiti u mrežu Kantove doktrine, po kojoj su zakoni euklidske geometrije i zakoni brojeva apriorni i sintetički i gde su prostor i vreme „samo čulni oblici intuicije“. Za razliku od geometrije, koju je Hamilton pod uticajem Kanta smatrao naukom o prostoru, želi on da izgradi algebru kao nauku o vremenu (pogledati radove koje je on publikovao u „Transactions of Royal Irish Academy“ u periodu 1833–1835, a naročito obratiti pažnju na njegov rad pod naslovom „Theory of conjugate functions or Algebraic Couples; with a preliminary and elementary essay on Algebra as the Science of pure time“). Tako Hamilton ponavlja Kantovu grešku u uverenju da se naše znanje (sintetičke apriorne istine) mora nužno podudarati sa stvarnošću. Sledeći Kantov putokaz, ai smatrajući sebe više fizičarem nego matematičarem, trudio se da nove tipove složenih brojeva (na primer kompleksne) demistifikuje tako što će ih interpretirati u realnom svetu. Hamilton je po prvi put uveo u matematiku operaciju uređene dvojke, pomoću koje se, uopšte, strogo mogu definisati razni pojmovi, za koje inače nemamo definiciju, ali koje imaju određen broj svojih odrednica. Tako je kod njega kompleksni broj postao uređena dvojka:  $(a, b)$ ,  $a, b \in \mathbf{R}$ . Za tako uvedene kompleksne brojeve definisao je operaciju sabiranja i pokazao da su oni u odnosu na operaciju sabiranja komutativni i asocijativni. Nadovezujući se na Vesel-Arganovu geometrijsku interpretaciju kompleksnih brojeva, Hamilton za potrebe fizike uvodi pojam „vektor“ (od latinskog vectus = nošen), kojim ostvaruje davnašnju želju da se algebarske metode iskoriste u geometriji.

Grčki pokušaj aritmetizovanja geometrije neslavno se završio Hipasovim brodolomom. Dekartov i Fermaov pokušaj završio se izgradnjom „koordinatne geometrije“, u kojoj su geometrijski definisane krive bile pretvorene u algebarske jednačine; u krajnjoj instanci to je sve, ipak, vodilo algebarskoj apstrakciji. Činilo se da će ova „aritmetizovana geometrija“ prevazići geometrijsku „geografsku“ statičnost i uspeti nešto preciznije da progovori o promenama u prirodi. Formiranjem integro-diferencijalnog računa put matematičkoj analizi bio je dobro trasiran.

Ceo XVIII vek bio je obojen novim rezultatima u matematičkoj analizi; u to vreme u matematičku analizu ubrajana je i njena primena u prirodnim naukama, a pre svega u mehanici. Na početku XIX veka Poason je prvi ustao protiv analitičkih formula koje opisuju kretanje. Radeći na praktičnim problemima dinamike, on je došao do zaključka da se inženjer ne može osloniti samo na analitičke metode, jer one same po sebi ne doprinose „očiglednosti“ procesa koji se proučava; u tom cilju tražio je ponovno uvođenje geometrijskih metoda. Tehničko crtanje i projektivna geometrija nisu mogle udovoljiti njegovim zahtevima i održati ravnotežu sa zahuktalom matematičkom analizom. I dalje se postavljalo pitanje kako izbeći svodenje računa geometrijskih veličina na račun brojeva. Kako sprečiti gubljenje geometrijske očiglednosti? Hamilton, a nezavisno od njega godinu dana kasnije i Grasman, ponudili su rešenje za neposredno računanje geometrijskih veličina, ponudili su teoriju vektora. (Godine 1844. Grasman je u

svojoj „Teoriji ekstenzije“, praveći analogiju sa elementarnom algebrom, izgradio svoju linearnu algebru, koja je čak obuhvatala i elemente tenzorske algebre, koji su se mnogo kasnije pojavili u opštoj teoriji relativnosti.) Teorija vektora dozvoljavala je uvođenje novih, složenijih objekata: dijada, afinora, tenzora ...

I evo nas na raskrsnici gde jedna staza, tj. jedna metoda za rešavanje određenih problema u prirodnim naukama — vektorski račun — prilagođen potrebama teorije polja, kreće od Hamiltona, a sa Gibbsom i Hevisajdom postaje zasebna grana matematike. Ta je matematička novina omogućila Maksvelu da razvije svoju teoriju elektromagnetizma. Ta će se staza nastaviti i dostići svoj zenit u vidu totalne diferencijalne geometrije, tj. tenzorskog računa, koji su razvili Riči, Levi-Čivita i Minkovski. Ta će matematička mašinerija omogućiti Ajnštajnu da kreira svoju teoriju relativnosti u kojoj je pokušao da pomiri elektromagnetizam sa klasičnom racionalnom mehanikom. Tako se još jednom potvrdila uzajamna povezanost koja vlada između novih matematičkih i fizičkih teorija. To možemo potkrepiti činjenicom da je i kvantna mehanika bila povezana sa razvojem „funkcione analize“, ili primetimo da u naše vreme profesor Viten pokušava da za teoriju stringova izgradi jednu novu matematiku.

Ali, vratimo se počecima vektorskog računa, Hamiltonu i njegovom velikom savremeniku Faradeju, jednom od najvećih eksperimentatora koga je dao Zapad. Njegov legendarni eksperiment, u kome je proizveo strujni tok u namotajima bakarne žice pokretanjem magneta pokraj njih, značiće novu prekretnicu u razvoju tehnike i tehnologije zapadne civilizacije. To kretanje magneta, tj. pretvaranje mehaničkog rada u električnu energiju, bila je osnova za Maksvelova teorijska promišljanja. Još na samom početku svojih promišljanja Maksvel je jasno sagledao da bez novog matematičkog oruđa ni njegova teorija neće biti dobro prezentovana. U svom „Traktatu o elektricitetu i magnetizmu“ on piše: „Često kad se radi o fizičkom rezonovanju, za razliku od izračunavanja, poželjno je da se izbegne eksplicitno uvođenje Dekartovih koordinata i da se usredsredi na jednu tačku prostora umesto na njene tri koordinate, kao i na veličinu i pravac sile umesto njene tri komponente. Ovaj način posmatranja geometrijskih i fizičkih veličina je osnovniji i prirodniji od drugog.“

„Umesto da interakciju“, kao što kaže Kapra, „između pozitivnog i negativnog naelektrisanja tumače tako što će jednostavno reći da se ta dva naelektrisanja međusobno privlače kao dve mase u njutnovskoj mehanici, Faradej i Maksvel su našli da je primerenije reći kako svako naelektrisanje stvara jedan 'poremećaj' ili jedno 'stanje' u prostoru oko sebe tako da drugo naelektrisanje, kada je prisutno, oseća silu. To stanje u prostoru koje poseduje potencijal da stvori silu naziva se polje. Njega proizvodi jedno naelektrisanje i ono postoji bez obzira da li neko drugo naelektrisanje dospeva u njegovu blizinu kako bi osetilo njegov učinak.“ — Najjednostavnije rečeno, dok u Njutnovoj racionalnoj mehanici sadašnje stanje izvodimo iz prethodnog na vremenskoj osi, sada, u savremenim teorijama polja, o stanju u jednoj tački zaključujemo iz onoga što se događa u neposrednoj okolini te tačke.

Poput Njutna, koji je svoje „Principe“ pisao klasično, bez diferencijalnog računa, i Maksvel je svoje promišljanje i beleške vodio uz pomoć Hamiltonovog

vektorskog računa (koji možda najviše krasi operator „nabla“), ali svoje radove ipak publikuje na klasičan način. Primetimo da Ajnštajn takvih problema nikada nije imao.

Lorenc, Poenkare, Minkovski i Ajnštajn tragali su za grupama transformacija na koje će Maksvelove jednačine ostati invarijantne. Nasuprot ranijoj analitičkoj fizici, traže se takve funkcije opisa prirode, koje će imati što jednostavniji zakon transformacije koordinata (posmatrano iz ugla opšte kovarijantnosti). Umesto mehaničke definicije stanja sistema, tj. kretanja pomoću mase i sile, Poenkare i Ajnštajn uvode „matematičku“ definiciju stanja pomoću geodezijskih linija u prostoru sa datom strukturom (struktura je određena rasporedom datih tela). Tako zakoni nove teorije bivaju nezavisni od izbora koordinata, te je na taj način bio ostvaren Rimanov san o geometrijskoj fizici.

Jedna od ostalih staza sa već pomenute raskrsnice odvešće nas od Hamiltona savremenoj apstraktnoj algebri. Baveći se množenjem dva trodimenziona vektora za potrebe prostorne fizike, a smatrajući realne i kompleksne brojeve specijalnim slučajem kvaterniona, Hamilton je posle petnaestogodišnjeg rada uvideo da mora prevazići fundamentalne zakone klasične algebre. Postulirao je pravila hiperkompleksnih brojeva, koja su bila tako različita od „pravila igre“ u klasičnoj algebri, pa se s pravom zajedno s Galoam, smatra pronalazačem „apstraktne algebre“. Hteli to mnogi da priznaju ili ne, tek, Hamiltonovo nekomutativno množenje u algebri zauzima isto ono mesto koje su neuklidske geometrije zauzimale u geometriji.

Nikako nije čudno što se to odigralo u britaniji. Iako se na početku XIX veka grupa mladih matematičara sa Kembridža, na čelu sa Džordžom Pikokom, osmelila da javno proklamuje prednost Lajbnicove simbolike koja je na kontinentu već dala obilje dobrih rezultata i kada se činilo da će Njutnova slava polako zatamneti, spontano je progovorio Njutn preko britanske algebarske škole. Ističem to zato što se obično previđa činjenica da između Euklidove aksiomatike i aksiomatizacije u algebri stoji Njutnova racionalna aksimatska mehanika. Danas može da izgleda neverovatno, ali i analiza (diferencijalni i integralni račun), algebra i aritmetika do tog vremena izgledale su kao mnoštvo pravila pogodnih za računanje, a nisu imale oblik aksiomatskih sistema. Teku u XX veku, uz veliku Hilbertovu kampanju, svima je postalo očigledno da izlaganje naučnih teorija u vidu aksiomatskih sistema na najjasniji i najprecizniji način, jednom rečju najbolji mogući način, prikazuje i prečišćava naše znanje. Njutnova aksiomatska dinamika poslužila je kao provokacija britanskim algebristima.

Ako se još jednom vratimo našoj raskrsnici, videćemo da između Njutna i Bula (onoga Bula za koga je Rasel rekao „da je otkrio čistu matematiku“ zato što je uključio logiku u algebru) povezujuću kariku čini Hamilton. Baš onaj čovek, koji se toliko borio protiv odeljivanja simbola matematičkih operacija od „stvari u kojima one funkcionišu“, tj. protiv „neumerenih apstrakcija“ u algebri, postao je sinonim — „algebarske“ algebre! I ovaj, eto, primer baca u lice još jednu rukavicu pojmovno-logičkoj epistemologiji, koja tako uporno pokušava da rekonstruiše do tančina proces nastanka jedne ideje.

Hamilton je uvek polazio od stava da se objektivno naučno saznanje ne može baviti suštinom, već samo njenim pojavama, tj. modalitetima. Iako je bio po svojoj

osnovnoj struci analitičar, on se živo interesovao za sve eksperimentalne činjenice koje su se — zato što je, u njegovo vreme, sve postajalo predmetom naučnog istraživanja — ubrzano rađale jedna za drugom. Konstruisani su sve precizniji merni instrumenti, čime je bitno bio proširen ukupan horizont stvarnosti. Za razliku od njega, njegovim savremenikima se činilo da će tim novim konstrukcijama biti uklonjena sva ograničenja koja potiču od naše organske konstitucije. Bili su ubeđeni da će osetljivost tih aparata moći neograničeno da se povećava. Svojim radovima u optici Hamilton je indirektno potpomogao eksperimentalne fizičare u konstruisanju sve novijih mernih aparata, a zahvaljujući čemu biolozi i hemičari dobijaju mogućnost da svoju nauku postave na teorijske temelje. Listerov mikroskop je omogućio otkriće ćelije, a konstrukcija mikroskopa sa ahromatskim sočivom omogućila je razvoj mikrobiologije.

U prirodnim naukama podsticala se povezanost teorije i praktičnog znanja, koja je kulminirala u novim — sve brojnijim — inženjerskim školama i tehničkim institutima: 1775. Pariska „Ecole Polytechnique“, 1806. Češki tehnički institut („Das Böhmische Technische Institut“), 1815. Politehnički institut u Beču, 1821. „Zanatski institut“ u Berlinu, zatim slede politehnički instituti: 1825. u Karlsruheu, 1827. u Minhenu, 1828. u Drezdenu, 1831. u Hanoveru, . . . Iza ovih škola stoje mnoge poznate građevine XIX veka; mostovi, tuneli, kanali. Za to vreme, međutim, u društvenom životu vladao je apsolutni raskorak između teorije i prakse, i među akcije i misli. Bilo je to vreme kada je „religija bila toliko blaga a netolerancija toliko krvava, politika toliko mudra u knjigama i toliko gruba u praksi, vlade toliko umerene i ratovi toliko surovi.“ Pored takvih, stalnih, poremećaja u društvenim sferama ali i mnogih ličnih trzavica, koje su uglavnom bile vezane za žene i alkohol, Hamilton je uspeo da sa samo trideset godina bude promovisan u sira, u trideset dve da postane predsednik Irske kraljevske akademije, a u trideset osam da mu britanska vlada dodeli stalnu počasnu penziju. Postao je član mnogih uglednih akademija. Pripala mu je čast da među mnogo velikih (lord Kelvin, Grin, Stoks, Mebijus, Faradej, Om; da pomenemo samo neke) baš on bude prvi inostrani član akademije nauka SAD.

Nema sumnje da Hamilton predstavlja sam vrh naučne tradicije Irske i da je jedan od vrhova evropske misli XIX veka gde je u društvu sa: Šumanom, Šopenom, V. Tarnerom, Gogoljem, Lobačevskim, Ostrogradskim, Dirihleom, Klauzijusem, Maksvelom, Kekulom, Darvinom. Pre nego što je drugoga septembra 1865. godine umro zaželeo je da mu epitaf bude sastavljen od reči: „čovek koji je voleo red i istinu“; rekao je: „Veoma dugo divio sam se Ptolomejevom opisu njegovog velikog učitelja iz astronomije Hiparha, kao „čoveka koji voli red i istinu, zato neka takav bude i moj epitaf“. Meni se pak čini da bi mu najbolje pristajao epitaf u obliku zapisa:

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1, \quad ij = -ji = k, \quad jk = -kj = i, \quad ki = -ik = j.$$

## LITERATURA

- Ajnštajn A. (v. i: Einstein, A.), MOJA SLIKA SVETA, Sarajevo, 1955.  
Akvinski, T., IZABRANA DELA, Zagreb, 1981.  
Aleksandrov, ISTORIJA FILOZOFIJE, Beograd, 1948.  
Andjelić, T., Stojanović, R., RACIONALNA MEHANIKA, Beograd, 1966.  
Aristotel, METAFIZIKA, Beograd, 1960.  
Aristotle, THE PHYSICS, London, 1970.  
Arnold, V. I., MATHEMATICAL METHODS OF CLASSICAL MECHANICS, New York, 1978.  
Arsenijević, M., PROSTOR, VREME, ZENON, Beograd, 1986.  
Augustin, CONFESSIONES, Teubner, 1934.  
Ayer, A. J., LANGUAGE, TRUTH AND LOGIC, London, 1936.  
Ball, R. W., AN ESSAY ON NEWTON'S PRINCIPIA, New York, 1972.  
Barker, S., FILOZOFIJA MATEMATIKE, Beograd, 1973.  
Barrow, I., GEOMETRICAL LECTURES, London, 1916.  
Bell, E. T., MEN OF MATHEMATICS, New York, 1965.  
Bergson, H., L'EVOLUTION CREATRICE, Paris, 1932.  
Bilimović, A., RACIONALNA MEHANIKA, Beograd, 1950.  
Biot, J. B., LIFE OF SIR ISAAC NEWTON, London, 1833.  
Bohm, D., CAUSALITY AND CHANCE IN MODERN PHYSICS, New York, 1961.  
Bošković, R., TEORIJA PRIRODNE FILOZOFIJE, Zagreb, 1974.  
Broad, C. D., SIR ISAAC NEWTON, London, 1927.  
Brogie, L. de, SAVANTS ET DECOUVERTES, Paris, 1951.  
Bronowski, J., THE ORIGINS OF KNOWLEDGE AND IMAGINATION, London, 1978.  
Bruno, Dj., O UZROKU, PRINCIPU I JEDNOM, Beograd, 1959.  
Bunge, M., SCIENTIFIC RESEARCH, Berlin, 1967.  
Burzio, F., LAGRANGE, Torino, 1942.  
Carnap, R., LOGICAL FOUNDATIONS OF PROBABILITY, Chicago, 1950.  
Cassirer, E., NEWTON AND LEIBNITZ, Philosophical Review, 52, 1943.



- Cassirer, E. (v. i: Kasirer, E.), ZUR MODERNEN PHYSIK, Oxford, 1957.
- Clavelin, M., LA PHILOSOPHIE NATURELLE DE GALILEE, Paris, 1968.
- Cohen, I. B., INTRODUCTION TO NEWTON'S PRINCIPIA, Cambridge, 1978.
- Cranston, M., PHILOSOPHERS AND PAMPHLETEERS, Oxford, 1986.
- Čomski, N., GRAMATIKA I UM, Beograd, 1979.
- Čirić, M. V., RACIONALNA MEKANIKA, Beograd, 1875.
- Dawidow, A. S., QUANTEN MECHANIK, Berlin, 1978.
- Dedekind, R., NEPREKIDNOST I IRACIONALNI BROJEVI; ŠTA SU I ČEMU SLUŽE BROJEVI?, Beograd, 1976.
- Derrida, J., O GRAMATOLOGIJI, Sarajevo, 1976.
- Descartes, R., MEDITACIJE O PRVOJ FILOZOFIJI, Zagreb, 1975.
- Džui, Dž., LOGIKA — TEORIJA ISTRAŽIVANJA, Beograd, 1962.
- Dobbs, B. J. T., THE FOUNDATIONS OF NEWTON'S ALCHEMY, Cambridge, 1984.
- Dobbs, B. J. T., NEWTON AS ALCHEMIST, History of Science, 15, 1977.
- Duhem, P., LA THEORIE PHYSIQUE: SON OBJET ET SA STRUCTURE, Paris, 1914.
- Džekson, Dž. D. (v. Jackson, J. D.)
- Džins, Dž., FIZIKA KROZ VEKOVE, Beograd, 1952.
- Einstein, A. (v. i: Ajnštajn, A.), THE MEANING OF RELATIVITY, London, 1979.
- Eliade, M., FORGERONS ET ALCHEMISTES, Paris, 1977.
- Ellis, R. L., ..., THE WORKS OF FRANCIS BACON, London, 1978.
- Euklid, ELEMENTI, Beograd, 1950.
- Euler, L., MECHANICA, SIVE MOTUS SCIENTIA ANALYTICA EXPOSITA, Petersburg, 1736.
- Feigl, H., MINNESOTA STUDIES IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, Minneapolis, 1970.
- Feyerabend, P., PROTIV METODE, Sarajevo, 1987.
- Feynman, R., THE CHARACTER OF PHYSICAL LAW, London, 1965.
- Foht, I., FILOZOFIJA PRIRODE, Beograd, 1975.
- Frank, P., PHILOSOPHY OF SCIENCE, Westport, 1974.
- Frazer, J., TOTEMISM AND EXOGAMY, London, 1910.
- Friedell, E., KULTURA NOVOG VREMENA, Zagreb, 1940.
- Gabbey, A., FORCE AND INERTIA IN SEVENTEENTH-CENTURY DYNAMICS, Studies in History and Philosophy of Science, 2, 1971.
- Gajdenko, P. P., EVOLJUCIJA PONJATIJA NAUKI, Moskva, 1987.
- Galilei, G., DIALOGHI DELLE NUOVE SCIENZE, u: OPERE, Firenze, 1933.
- Gerhardt, J., DIE PHILOSOPHISCHEN SCHRIFTEN, Leipzig, 1931.

- Geymonat, L., GALILEO GALILEI, Torino, 1957.
- Grujić, P., FIZIKA I PARAFIZIKA, Beograd, 1982.
- Hajzenberg, V., FIZIKA I METAFIZIKA, Beograd, 1972.
- Hall, A. R., BEFORE THE PRINCIPIA, London, 1986.
- Hall, A. R., Hall, M. B., UNPUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS OF ISAAC NEWTON, Cambridge, 1962.
- Heidegger, M., DIE FRAGE NACH DER TECHNIK, Tuebingen, 1975.
- Heisenberg, W., SLIKA SVETA SAVREMENE FIZIKE, Zagreb, 1961.
- Helmholtz, H., SCHRIFTEN ZUR ERKENNTNISTHEORIE, Berlin, 1921.
- Hempel, G. G., ASPECTS OF SCIENTIFIC EXPLANATION, New York, 1965.
- Hercen, A. I., PISMA O IZUČAVANJU PRIRODE, Beograd, 1951.
- Herivel, J., THE BACKGROUND TO NEWTON'S PRINCIPIA, Oxford, 1965.
- Hobbes, T., GRUNDZUEGE DER PHILOSOPHIE, Leipzig, 1915.
- Hojzinga, J., JESEN SREDNJEGA VEKA, Novi Sad, 1974.
- Hoyle, F., THE NATURE OF THE UNIVERSE, Penguin Books, England, 1965.
- Hume, D., ISTRAŽIVANJE O LJUDSKOM RAZUMU, Zagreb, 1956.
- Huserl, E., FILOZOFIJA KAO STROGA NAUKA, Beograd, 1967.
- Huserl, E., KARTEZIJANSKE MEDITACIJE, Zagreb, 1975.
- Jackson, J. D., CLASSICAL ELECTRODYNAMICS, New York, 1974.
- Jaeger, W., THE THEOLOGY OF THE EARLY GREEK PHILOSOPHERS, Oxford, 1968.
- Jammer, M., CONCEPTS OF FORCE, Cambridge, 1957.
- Jammer, M., THE PHILOSOPHY OF QUANTUM MECHANICS, New York, 1974.
- Jaspers, K., DUHOVNA SITUACIJA VREMENA, Novi Sad, 1987.
- Jodl, F., ISTORIJA ETIKE, Sarajevo, 1963.
- Jung, C. G., PSIHOLOGIJA I ALKEMIJA, Zagreb, 1984.
- Kant, I., KRITIKA ČISTOG UMA, Beograd, 1978.
- Kant, I., KRITIKA PRAKTIČNOG UMA, Beograd, 1978.
- Kasirer, E. (v. i: Cassirer, E.), FILOZOFIJA SIMBOLIČKIH OBLIKA, Novi Sad, 1985.
- Koyre, A., ETUDES NEWTONIENNES, Paris, 1968.
- Koyre, A., ETUDES D'HISTOIRE DE LA PENSÉE PHILOSOPHIQUE, Paris, 1971.
- Kuhn, T. S., THE COPERNICAN REVOLUTION, New York, 1958.
- Kun, T., STRUKTURA NAUČNIH REVOLUCIJA, Beograd, 1974.
- Kuznecov, B. G., NJUTN, Moskva, 1982.
- Laertije, D., ŽIVOT I MIŠLJENJE ISTAKNUTIH FILOZOFA, Beograd, 1979.

- Lagrange, J. L., MECANIQUE ANALYTIQUE, Paris, 1788.
- Laudan, L., PROGRESS AND ITS PROBLEM, Berkley, 1977.
- Lem, S., SUMMA TECHNOLOGIAE, Beograd, 1977.
- Locke, J., OGLEDI O LJUDSKOM RAZUMU, Beograd, 1962.
- Lohne, J. A., HOOKE VERSUS NEWTON, Centaurus, 7, 1960.
- Lullus, R., ARS MAGNA, 1304, uredio J. Salzinger, Mainz, 1959.
- Mach, E., POPULAER-WISSENSCHAFTLICHE VORLESUNGEN, Leipzig, 1903.
- Margenau, H., PHYSICS AND PHILOSOPHY, 1978.
- Marić, Z., OGLEDI O FIZIČKOJ REALNOSTI, Beograd, 1987.
- Markov, M. A., O PRIRODE MATERII, Moskva, 1976.
- Maupertius, P. L. M., ESSAI DE LA COSMOLOGIE, Lyon, 1756.
- Metzger, H., ATTRACTION UNIVERSELLE ET RELIGION NATURELLE CHEZ QUELQUES COMMENTATEURS ANGLAIS DE NEWTON, Paris, 1938.
- Metzger, H., NEWTON, STAHL, BOERHAAVE ET LA DOCTRINE CHIMIQUE, Paris, 1930.
- Milanković, M., ISTORIJA ASTRONOMSKE NAUKE, Beograd, 1979.
- Milanković, M., Bokšan, S., ISAK NJUTN I NJUTNOVA PRINCIPIJA, Beograd, 1946.
- Milovanović, M., FILOZOFIJA I NAUKA, Beograd, 1903.
- Mladjenović, M., RAZVOJ FIZIKE, Beograd
- Mono, Ž., SLUČAJNOST I NUŽNOST, Beograd, 1983.
- More, L. T., ISAAC NEWTON. A BIOGRAPHY, New York, London, 1934.
- Moris, Č., OSNOVE TEORIJE O ZNACIMA, Beograd, 1975.
- Munen, Ž., LINGVISTIKA I FILOZOFIJA, Beograd, 1981.
- Nejgel, E., STRUKTURA NAUKE, Beograd, 1974.
- Newton, I., OPTIQUE DE NEWTON, Traduction nouvelle faite par J. P. Marat, Paris, 1787.
- Newton, I., OPTICS..., New York, 1952.
- Newton, I., PAPERS AND LETTERS ON NATURAL PHILOSOPHY AND RELATED DOCUMENTS, Ed. Cohen, I. B., Cambridge, 1958.
- Newton, I., PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA, Ed. Koyre, A. and Cohen, B., Cambridge, 1972.
- Newton, I., THE MATHEMATICAL PAPERS OF ISAAC NEWTON, Ed. Whiteside, D. T., 8 Vol., Cambridge, 1967-1981.
- Newton, I., UNPUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS OF ISAAC NEWTON. A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library, Cambridge, Chosen, Ed. and Transl. by Hall, A. R. and Hall, M. B., Cambridge, 1962.
- Nortrop, F. S. C., LOGIKA PRIRODNIH I DRUŠTVENIH NAUKA, Cetinje, 1968.

- Njutn, I. (v. Newton, I.)  
Ojler, L. (v. Euler, L.)  
Ortega y Gaset, H., *PUBUNA MASA*, Zagreb, 1941.  
Palter, R., *THE 'ANNUS MIRABILIS' OF SIR ISAAC NEWTON*, Cambridge, 1970.  
Petronijević, B., *ISTORIJA NOVIJE FILOZOFIJE*, Beograd, 1922.  
Petronijević, B., *ZAKONI CENTRALNOG KRETANJA PO NJUTNU I DRUGIMA*, Beograd, 1933.  
Plato, *TIMAEUS, CRITIAS, CLEITOPHON, MENEXENUS, EPISTLES*, London, 1966.  
Platon, *PARMENID*, Beograd, 1959.  
Poincare, H., *SCIENCE ET METHODE*, Paris, 1920.  
Poincare, H., *WISSENSCHAFT UND HYPOTHESE*, Leipzig, 1928.  
Polak, L. S., *VARIACIONNIE PRINCIPI MEHANIKI*, Moskva, 1960.  
Popper, K. R., *OBJECTIVE KNOWLEDGE: AN EVOLUTIONARY APPROACH*, Oxford, 1972.  
Popper, K. R., *THE GROWTH OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE*, London, 1963.  
Popper, K. R., *THE LOGIC OF SCIENTIFIC DISCOVERY*, London, 1959.  
Powers, J., *PHILOSOPHY AND THE NEW PHYSICS*, London, 1985.  
Prigogine, I., Stengers, I., *LA NOUVELLE ALLIANCE*, Paris  
Prior, A. N., *HISTORY OF LOGIC*, New York, 1967.  
Pullin, V. E., *SIR ISAAC NEWTON: A BIOGRAPHICAL SKETCH*, Repr. of 1927, Ed. Darby, 1979.  
Rajt, H. G. (v. Wright, H. G.)  
Sarton, G., *INTRUDUCTION TO THE HISTORY OF SCIENCE*, Baltimore, 1953.  
Schroedinger, E. (v. i: Šredinger, E.), *SCIENCE AND HUMANISM*, Cambridge, 1951.  
Simon, G., *KEPLER, ASTRONOME ASTROLOGUE*, Paris, 1979.  
Sioran, E. M., *KRATAK PREGLED RASPADANJA*, Novi Sad, 1979.  
Spaskii, B. I., *ISTORIJA FIZIKI*, Moskva, 1963.  
Stojanović, K., *ELEMENTI MATEMATIČKE FENOMENOLOGIJE*, Beograd, 1912.  
Stojanović, K., *RASPRAVE I ČLANCI IZ NAUKE I FILOZOFIJE*, Beograd, 1922.  
Struik, D., *KRATAK PREGLED ISTORIJE MATEMATIKE*, Beograd, 1969.  
Sullivan, J. W. N., *ISAAC NEWTON, 1642-1727*, London, 1938.  
Syng, J. L., *RELATIVITY, THE GENERAL THEORY*, Amsterdam, 1960.  
Šredinger, E. (v. i: Schroedinger, E.), *ŠTA JE ŽIVOT? UM I MATERIJIA*, Beograd, 1980.

- Tiner, J. H., ISAAC NEWTON: THE TRUE STORY OF HIS LIFE, Milford, 1976.
- Trevelyan, G. M., ENGLISH SOCIAL HISTORY, London, 1978.
- Truesdell, C., ESSAYS IN THE HISTORY OF MECHANICS, Berlin, 1968.
- Turnbull, H. W., THE MATHEMATICAL DISCOVERIES OF NEWTON, London, Glasgow, 1945.
- Vajtsajd, D. T. (v. Whiteside, D. T.)
- Valis, P. i R. (v. Wallis, P. and R.)
- Vavilov, S. I., ISAK NJUTN, ŽIVOT I RAD, Beograd, 1948.
- Vajl, H. (v. Weyl, H.)
- Vestfal, R. S. (v. Westfall, R. S.)
- Vico, G., NAČELA NOVE ZNANOSTI, Zagreb, 1982.
- Vitgenštajn, L. (v. i: Wittgenstein, L.), FILOZOFSKA ISTRAŽIVANJA, Beograd, 1980.
- Voltaire, F. M. A. de, ELEMENTS DE LA PHILOSOPHIE DE NEWTON, MIS A LA PORTEE DE TOUT LE MONDE, Amsterdam, 1738.
- Vuković, J., O JEDNOM NJUTNOVOM PROBLEMU OPTIMALNOSTI (u Zborniku posvećenom Luki Vujoševiću), Titograd, 1987.
- Vusing, H. (v. Wussing, H.)
- Wallis, P. and R., NEWTON AND NEWTONIANA, 1672-1975, Folkestone, 1977.
- Westfall, R. S., NEVER AT REST, A BIOGRAPHY OF ISAAC NEWTON, Cambridge, 1980.
- Weyl, H., PHILOSOPHY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCE, New York, 1963.
- Whiteside, D. T., THE MATHEMATICAL PRINCIPLES UNDERLYING NEWTON'S 'PRINCIPIA MATHEMATICA', Journal for the History of Astronomy, Glasgow, 1970.
- Wittgenstein, L. (v. i: Vitgenštajn, L.), TRACTATUS LOGICO-PHILOSOPHICUS, Sarajevo, 1987.
- Wright, H. G., OBJAŠNJENJE I RAZUMEVANJE, Beograd, 1975.
- Wussing, H., ISAAC NEWTON – LEBEN UND WERK, u: Zeitschrift für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin, 15, 1978.



## SUMMARY

What these essays contain, generally speaking, is linked to some of the problems of history, science and philosophy, or more to the point, to the advent and evolution of axiomatic theories in physics and the mathematics. Most of the events and notions mentioned here are associated, even reflected through a kaleidoscopic view of Newton's life and his rational mechanics; and they are all chronicled, with slight digressions, where necessary.

The main essay — "The Growth of Knowledge and Newton's 'Principia'" — is derived from an appropriate lecture given by its author on 5 June 1987 at the Faculty of Natural Sciences and Mathematics during a Seminar on the analytical mechanical science, on the occasion of the 300th anniversary of the publication of Isaac Newton's major work entitled "*Philosophiæ naturalis principia mathematica*".

What is it, even who is it, that this essay was aimed at? And hasn't everything that's important about this issue already been said? This essay is intended both for the people who for the first time came across Newton's rational mechanics and for those — which may sound paradoxical — who think they have understood it completely. Actually, this is a call for a through scrutiny of "Principia", and for critical appraisal of our fossilized views about this issue. The purpose of these essays is to make a contribution to a move for a better understanding of the science's basic rules.

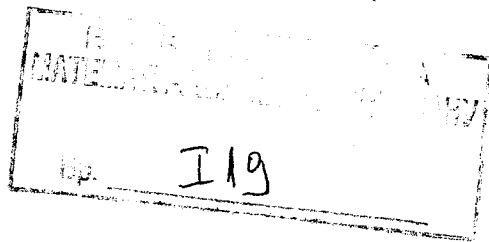
Galilei, Kepler, Huygens — broadly view the nature as a series of different perceptions, they are still guided by empirical induction. Only intermittently do they display a "straightforward intuition" that depicts the nature in a succession of figures and quantities. As though they constantly wanted to dangle the carthusian "mechanical intuition of the nature" before their eyes. — But Newton didn't! It was only he who surmounted the difficulties arising from the "mimicking" and "analogous" approaches adopted in the construction of notions. In "Principia" he gave an abstract view of how a truly symbolic construction of notions can be achieved, he indicated, in broad detail, how to construct an axiomatic theory in the natural sciences. This indication was contained in the hypothesis-deduction-experiment theory. "Homo analogicus", however, could not for one more time again resist the temptation: rather than exploiting Newton solely as an indication of how to construct new axiomatic theory, he literally started to transfer all of Newton's definitions and notions in mechanics to the other theories that were

emerging. This is an artificial transfer and an imposition of the classical notions in mechanics to the theories in physics, chemistry, biology and different other sciences, and it is a suitable example that shows us the consequences of a rendition, in absolute terms, of an idea, pushing it to its extremes! Laplace caused lots of confusion in the history of science by demanding that the mechanical definition of the system's condition should also be transferred literally to all the other theories. All of which has led, which was rather unfortunate, to the equalization between "determinism" and "mechanicism". Recently, at a time when endless multiplications of words occur, whereby we succeed, time and again, to get a finely nuanced meaning of a statement, Laplace's spectre loomed over Newton's original ideas contained in his "Principia", even it completely eclipsed them.

In addition to Laplace's spectre, a serious obstacle obstructing the way to Newton and his scientific method are also the self-assured philosophical speculations of Hegel and Engels, and the free translations of Andrew Motte (and of Mrs du Chastellet). Hegel and Engels had not read "Principia" so they could not have even become properly acquainted with Newton's theory of cognition. And it was precisely because of this that they should unavoidably have placed Newton almost exclusively in the category of the British empirical school. Motte however not only translated "Principia" but also, as Koyre put it, "explained" it — and it was precisely because of this that he, which was also rather unfortunate, should turn "hypotheses non fingo" into "I am not inventing hypotheses", which was too arbitrary (incorrect). Thus Newton's words contained in the general appendix (Scholium generale) of the second edition of "Principia" (1713) became completely misunderstood by every scholar superficially interpreting Newton's scientific method.

In addition to removing the above obstacles, the main scope of these essays is to almost involuntarily go back directly to the era of 300 years ago to show that Newton aided by his symbols — "artificial notions" — imagined and established slightly different criteria of the truth. He placed endless metaphysical discussions on the absolute truth with relative truths associated with the number and measure.

But, it was proved that Newton did not make the number absolute; he did not believe that the lot of natural phenomena could be ruled by it. The new theoretical mathematical physics must start from a demand for simplicity. That's why Newton undertook to study the natural phenomena by regarding them as perfect. All of his classifications are a series of idealized notions. In science, aided by its structural laws, we can only talk of relative relationships, and not of the absolute. The nature represents to Newton relationships and types of relationships — no less. Nature to us, Newton believed, is not only a solid matter, but almost invariably and exclusively — a system of relationships. The calculation of fluxions to him was just a means to watch and to describe such relationships.



## BELEŠKA O PISCU

Zoran Stokić (1955) diplomirao je na Prirodno-matematičkom fakultetu u Beogradu, magistar je tehničkih nauka, asistent na Mašinskom fakultetu u Beogradu na Katedri za mehaniku.

Bavi se problemima analitičke mehanike, optimalnim upravljanjem, kao i filozofijom i istorijom matematičkih i mehaničkih nauka.

\* \* \*

Zoran Stokic (1955) graduated at the Faculty of Sciences in Belgrade. He is a Bachelor of Science specializing in mechanical sciences and an Assistant Professor at the Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade at the Department for Mechanics.

He is engaged in the activities centring on the issues regarding the analytical mechanics, optimal control and the philosophy and history of mathematical and mechanical sciences.



CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

929 : 5 Њутн И.

СТОКИЋ, Зоран

Rast znanja : Isak Njutn, Žozef Luj Lagranž, Vilijem Rouan Hamilton / Zoran Stokić. - Beograd : Matematički institut, 1991 (Bor : Bakar). - 105 str. : 25 cm. -

(Istorija matematičkih i mehaničkih nauka : knj. 5)

Beleška o piscu : str. 105. - Bibliografija : str. 97-102. - Summary.

ISBN 86-80593-08-7

929 : 51 Лагранж Ч. Л. 929 : 51 Хамилтон В. Р. 5 (091)

а) Њутн, Исак (1642-1727) б) Лагранж Жозеф Луј (1736-1813) в)  
Хамилтон, Вилијем Роуан (1805-1865) д) Природне науке - Развој  
3058444