


ПОГЛЕД  
НА  
**РАЗВИТАК МЕХАНИКЕ**

И  
НА ЊЕН ПОЛОЖАЈ ПРЕМА ОСТАЛИМ ЕГЗАКТНИМ НАУКАМА

од  
Др. М. Миланковића,  
в. професор Универзитета.

(ПРЕШТАМПАНО ИЗ „СРПСКОГ КЊИЖЕВНОГ ГЛАСНИКА“)



У БЕОГРАДУ  
НОВА ШТАМПАРИЈА „ДАВИДОВИЋ“, ДЕЧАНСКА УЛИЦА БР. 14  
ЉУБ. М. ДАВИДОВИЋА  
1910.

ПОГЛЕД НА РАЗВИТАК МЕХАНИКЕ И НА  
ЊЕН ПОЛОЖАЈ ПРЕМА ОСТАЛИМ  
ЕГЗАКТНИМ НАУКАМА.<sup>1</sup>

Једно од обележја модерне механике јесте да ју је тешко прецизно обележити и означити јој границе. Сваким даном бива све теже ограничити њену област, која се без престанка шири, обухватајући остале егзактне науке. Међе између појединих делова физике поступно ишче-завају, тако да се ти делови, још до недавна сматрани као независни, стапају све више и више у једну компактну целину. Наука о топлоти, за коју се пре сто година није ни слутило да је у вези са механиком, не може се данас замислити без механике. Слично је и са осталим деловима физике: она се у најновије доба почела развијати у правцу који тежи, да се наука о топлоти сасвим преобрази у механику молекула, наука о светлости у механику етера, а наука о електрицитету у механику електрона. И нису само границе између појединих делова физике почеле да се губе, него се иста појава јасно опажа и у одношајима према осталим егзактним наукама. Разлика између физике и хемије постаје све незнатнија, а и остале природне науке користе се све више и више тековинама физике. Мишљење Берглоа да ће се све науке стопити временом у једну јединствену, изгледа оправдано развитком егзактних наука.

<sup>1</sup> Приступно предавање на Универзитету, прерађено за шири читалачки круг.

И Др 53585



Огромни развитак модерне технике донео је механици много неочекиваних примена, раширио њено поље и повећао њен замашај. Тако је данашња механика помоћна наука свих природних наука, и зато је развитак њен важан и за остале егзактне науке. Проучавање њеног историјског развитка потребно је за разумевање њеног положаја према осталим наукама и зато ћемо се овде обазрети на њ, у колико нам то допушта узани оквир овога чланка.

У летимичној скици историје механике, коју мислимо овде дати, повући ћемо крупнијим потезима оне линије, коју представљају спољашне утицаје на развитак механике. Под тим спољашњим утицајима разумемо оне повољне подстреке што их је механика примила од других наука, и оне штетне заблуде унесене споља у научно истраживање механике.

Такво описивање историје развитка механике слично је са испитивањем кретања једнога тела када су нам дате све покретне и отпорне снаге које на њ дејствују. И то описивање има преимућство да нам пружа могућност да, пратећи развитак механике до данашњег дана, можемо лакше да нађемо резултанту свих оних сила, које данас покрећу развитак механике, и уочимо правац у којем ће се механика кретати у непосредној будућности.

\* \* \*

Први почетци развитка човечје културе завијени су у густу таму давне прошлости. У то баснословно старо доба падају и прва инстинктивна сазнања и први проналасци човекови, који је тек помоћу њих почео да задобија владу над околином и природом. У то доба никли су и први проналасци на пољу механике и били су по свој прилици међу првим људским проналасцима уопште. Први камен што га је пећински човек одабрао и метнуо на страну, да се њиме брани и напада, или да се њиме послужи кад буде разбијао тврд плод, био је прва ме-

ханичка машина. Али и ако су механичка сазнања, инстинктивно стечена, била међу првим сазнањима човековим, ипак су морале протећи стотине векова, док се из њих почело да развија свесно сазнање: наука.

Развитак човечје културе био је поступан, лаган, скоро невидљив, али све да нам је историјски и тачно познат, било би тешко одредити, када је у низу поступног познавања природних појава, познавање механичких појава почело бивати човеку тако јасно и свесно, да се могло назвати знањем.

Но и ако нам није могуће, у развитку човечје културе уочити онај тренутак када је никла она наука, коју ми данас зовемо механиком, могуће нам је бар, да у том развитку, запазимо први јачи утицај, који је као први импулс помогао развој механичке науке.

Тај јачи спољни утицај, који је изазвао прва научна истраживања на пољу механике, био је створен неговањем и развитком геометрије у Питагириној школи. Зато је потребно у кратко обазрети се и на развитак геометрије.

Народно предање, које се сачувало код Грка, вели, да је прва геометрија никла у старом Египту, а том су се предању придружили Херодот, Аристотел, Херон Александринац, Диодор, и други. Математски зборник Прокла Диодоха започиње овим значајним речима: „Будући да је потребно да се обазremo и на почетке уметности и наука, то наводимо, да су, по казивању многих, геометрију пронашли Египћани, и да је она имала свој исход у премеравању земаља. Јер ово им беше потребно због поплава Нила, који је брисао међе појединих поседа“.

Овај навод је важан и за испитивање спољашњих утицаја на развој механике, као што ћемо одмах видети. Математски зборник наставља после неколико реченица даље овако: „Талес, који је био отишао у Египат, донео је први ову науку [геometriју] у Грчку, али је много што-шта и сâм пронашао, а од многог чега оставио је

почетке својим наследницима“. И заиста, у време Талесово падају први почетци геометријске науке у Грчкој, и она се ускоро у Питагориној школи уздигла до знатне висине. Спекулативни грчки дух није остао само код проблема геометрије, који су везани за потребе практичног живота, него се забавио и проблемима без практичне примене. Ти проблеми су толико више забављали духове, у колико су тежи били, а међу њима беху особито популарни проблеми о квадратури круга, трисекцији угла и о подвостручењу коцке. Тешкоће при решењу ових проблема беху велике, управо несавладљиве, јер се захтевало да се проблеми реше помоћу шестара и равнала. Како круг и правац не могу да даду решење тих проблема, то су они морали да изазову проналазак нових кривих линија, различних од круга, који речене проблеме решавају. Постанак тих кривих линија никао је из *механичких* представа. Прва крива линија, различна од круга, Хипијина квадратрикса, постаје састављањем двају кретања, и то једног ротационог и једног трансляторног, те пут тачке, која изводи та два кретања, даје квадратриксу. Али није остало само при тој једној употреби механичких претстава, ускоро је постала и Никомедова конхоида, а Платон је подвостручење коцке решио директно помоћу геометрије кретања. У то доба падају без сумње почетци научне механике, а то нам потврђује и сведочанство Диогена Лаерција, где, говорећи о Архитасу Таренћанину, једном Платоновом савременику, вели: „Архитас је први методички разрађивао механику, ослањајући се при том на законе геометрије“.

Наука механике никла је, дакле, у Питагориној и Платоновој школи: она се тако рећи ишчаурила из геометрије и започела свој живот, као примењена математика. Тај подређени одношај њен према математици, био је без сумње узрок што још није коракнула напред. Плутарх вели, да је механика служила Евдоксу и Архитасу само као леп украс њиховој апстрактној математици, и да је Платон „са великим нерасположењем“ био

против њих, што су се у опште таквима стварима бавили. Ондашњи дух времена није био повољан по развитак механике као самосталне науке. Грчки научњаци, заузети тежњом да растумаче суштину васионе општим законима, који обухватају свет као једну целину, не хтедоше се бавити проматрањем и тумачењем појединих природних појава. Ево како је судио велики Платон о научењацима, који су се упуштали у детаљно испитивање природних појава: „Праве астрономе рачунам свакако међу мудре људе, али не, који су се као Хезиод и њему слични науком тако бавили, да су проматрали излажење и залажење звезда, него оне, који су испитали осам небеских сфера и велику хармонију васионе“. У томе сватању Платоновом огледа се онај утицај, који је кочио развој механике као самосталне науке, јер се она могла развијати само напредујући корак по корак и ослањајући се на искуства стечена у проматрању једноставних појава.

И сам Аристотел није се, радећи на теорији механике, потпуно ослободио предрасуда својега учитеља. Тако nailазимо тек у Архимеду на човека, који је науци механике дао суштине и живота, суштине што је механичке проблеме конкретизовао и показао путеве, којима ваља ићи приступајући им; живота, што је теорију механике применио у пракси. Плутарх вели за њега, да му је механика била споредно занимање и математско играње, но против те тврдње говори читава појава Архимедова. Ко познаје пут што има да се превали док се једна јасна и здрава теоријска идеја у дело приведе и све тешкоће које се у борби са материјалом имају да савладају, тај ће моћи схватити и практични замашај великога духа Архимедовог.

У осталом било му то главно или споредно занимање, Архимед је био без сумње не само највећи механички теоретичар него и највећи инжењер старог века. Тек од Архимеда датира примењена механика, а у ње-

говим машинама, о којима су се причале и писале читаве легенде, били су оличени закони које је он нашао.

Примењена механика, коју је Архимед основао, имала је у старом веку још два достојна радника: Херона Александринца, генијалног проналазача, који је својим теоретским истраживањима тражио увек практичне примене, и Папуса, који је пошао Хероновим стопама, но са којим се завршује серија грчких научењака на пољу механике.

Механика Старога Века, чијем самосталном развитуку много је сметало филозофско схватање ондашњег времена, има без сумње много да захвали својој примени, но треба поменути још један благотворан утицај на развитаку механике, и ако је овај тек после скоро две хиљаде година донео зрелога плода. Видећемо да је механика, када је у новоме веку добила јасан облик, нашла најлепших проблема у астрономији, проблема, који су, чим су опажени, јако подстрекавали развитаку механике. Темеље те астрономије положили су Грци, а њихов највећи астроном Хипарх из Никеје, створио је праву методу за испитивање небеских појава. Његова астрономија је скроз индуктивна. Одбацивши све предрасуде, ослањајући се само на своја опажања и искуство, корачајући корак по корак, положио је он солидне темеље астрономији и упознао је главне особине кретања небеских тела. Опazio је да су путање планета ексцентричне, па ако му није пошло за руком да нађе да су оне и елиптичне, то се данас знаде да му то није било могуће опазити помоћу оних средстава којима се служио. Но и поред тих примитивних средстава опazio је појаву прецесије, која је била од великог значаја за развитаку механике, и о којој ћемо касније говорити.

Ако пређемо на развитаку механике у Средњем Веку, изгледаће нам на први поглед да је Средњи Век пре ометао и спречавао но помагао развитаку њен, да Средњи Век није у књигама створио скоро никаквих позитивних тековина на пољу механичке науке. Па ипак мишљење

многих историчара механике, да је то доба било једна стерилна периода, изгледа нам неправедно, и држимо да ћемо моћи показати, да је у Средњем Веку никла клица једнога моћнога утицаја на развитаку механике. Али пре него што покушамо, да у хаосу Средњег Века потражимо ту клицу будућег напретка, обратимо се прво силама отпора, које су закрчиле биле пут развитаку механике, јер, као што се при проматрању кретања једног тела и силе отпора морају узети у обзир, тако морамо и ми, испитујући развитаку механике, и те силе да проотримо.

Једна од тих отпорних сила био је средњевековни религиозни дух времена, који је био овладао читавим светом. Верска питања су обузела све духове, а за питање најближе природе није било интереса. Хришћанска црква, а особито католичка, оснивајући своје богатство и своју моћ на томе религиозном схватању света, била је непријатељски расположена према свакоме слободном научном истраживању. У таквом времену никла је догматика и створена је схоластична школа, која је на пољу механике сматрала Аристотелове списе за свето писмо, а законе механике, које је он формулисао, и у којима је било доста заблуда, за догме о којима се не може дискутовати. Учене главе те школе, проучавајући Аристотела, не хтедоше да читају у књизи природе.

Тако су хришћански и схоластични правац у филозофији сметали развитуку механике, па се историчари механике махом задовољавају да констатују да механика у Средњем Веку није коракнула напред и да морамо да будемо захвални Арапима, што су нам бар сачували тековине грчке културе. Али је чудновато, да су прва два столећа новог доба била најплоднија на пољу механике, и зато се намеће питање само по себи: да ли је могао XVI век започети епоху Галилеја, Хајгенса и Њутна, епоху која је створила најглавније области механичке науке, а да није било приправљено земљиште за тај нагли и бујни развитаку? Читава историја развитаку егзактних наука учи нас да су се те науке развијале у лаганој еволуцији.

Зато није могло да буде другаче ни у механици. Она се је морала и у Средњем Веку лагано да развија; само тај развитак није опажен. Тек у најновије доба пошло је за руком бордоском научењаку Диану, да испитивањем старих извора докаже да еволуција механике није била прекинута Средњим Веком. „Механика новог века — вели он — наставак је усавршавања, додуше једва осетног али непрекидног, вршеног у школама Средњег Века“.

Научни радови Јордана, Алберта Магна, Кузе, Тема Јудеја, Марсила Ингенскога и других, делом непознатих писаца, у колико су се сачували и у колико су испитани, донели су нових тековина механици, настављајући је у Аристотеловом смислу. Тако је добивена веза између механичких радова старог и новог века. Али је та веза врло слаба, то признаје и сам Диан; та веза тек нам доказује да наука механике није сасвим изумрла у Средњем Веку, него да је животарила даље; но то животарење не изгледа нам довољно тумачење њеном каснијем бујном развитуку, и за то морамо клицу тог развитака тражити на другом пољу. То поље налазимо у развитуку архитектуре. Последње столеће Средњег Века, XV, донело је обнову у архитектури, и морамо признати, да је она иста католичка црква, која је била тако непријатељски расположена према развитуку егзактних наука, силно поногла развитаку архитектуре, коју је заједно са сликарством узела под своју моћну заштиту.

Године 1420 окупили су се у Флоренцији славни архитекти свију земаља, да донесу своје предлоге и пројекте за довршење флорентинског дџма. На томе скупу изнео је Брунелески свој пројекат дџма са величанственим кубетом, који је био усвојен и изведен. То је било рођење Обнове и почетак једне нове епохе у архитектури, започете у тој истој Италији, у којој ће ускоро и механичка наука добити новог полета.

Кубе флорентинског дџма је, због своје величине и сложености, врло згодан објекат, на којем се може испитивати каква су механичка знања имали градитељи онда-

шњег доба, и зато смо испитали детаљне пројекте величанственог дела Брунелесковог и конструкцију његову по законима грађевне механике. Статично истраживање тога кубета несумњиво доказује, да је Брунелески морао бити на чисто са главним принципима грађевне механике. Њему је било познато у којима појасима кубета јављају се силе истезања, па је у те делове увео прстенове од дрвета, да приме те силе и учине их нешкодљивима. Читав склоп кубета показује да је имао јасан појам о распоређењу сила које се у њему појављују.

Од куда Брунелескију то познавање закона грађевне механике? Могућно је, а и вероватно је, да је његово знање било емпирично, али се емпирични закони за грађење такве величине могу стећи само вековним искуствима, и то само онда ако се та искуства по научном систему сложе и формулишу. У томе случају већ се претпоставља научна дисциплина, и зато су такви емпирични закони могли да никну само у школи више поколења. Познато је, да су славни градитељи ране Обнове били врло добри познаваоци Готике. То нас упућује да испитамо каква су механичка знања имали архитекти Готике.

Испитивање механичког знања средњовековних неимара је врло тешка ствар. Писаних дела о грађевној механици Готике нема, а није их ваљда никако ни било. Писање дела, која су скоро искључиво писана на латинском језика, био је монопол средњевековних научењака, свештеника и калуђера, а међу те није спадао средњевековни неимар, и није вероватно да се један од њих одважио да своје знање механике унесе у писану књигу. Механика Готике није постојала у књигама, него се чувала у традицији. Средњевековни неимар учио је свој занат, а са њиме и правила грађевне механике код свога мајстора, а искуства што их је у своме раду стицао, саопштавао је само своме ученику, зато су она била позната само врло маленом кругу, који их је морао да чува као тајну. Та тајна, названа у немачким неимарским еснафима „das Hüttengeheimnis“, чувана је врло

брижљиво, а неимар није у њу посвећивао ни своје калфе, већ само онога кога је изабрао за свога наследника, обично свога сина. Колико је ту било сачувано искустава и правила грађевне механике, то је данас тешко одредити, јер једини извор из којег можемо црпсти наше закључке то је испитивање грађевина Средњег Века.

А те грађевине говоре речитије него писане књиге. У њиховом општем склопу и у свима њиховим појединостима налазимо оличене законе статике. Хоризонтални потисак готског свода и његово састављање са вертикалним силама савршено је оличено у постраним ступовима (Streberpfeiler) готских цркава, који су тако изведени, да се већ из њиховог облика може да примети какве силе на њ делују. Конструкција тих ступова немогућна је без закона састављања сила, и готски неимари решили су тај проблем не на хартији него у камену.

Далеко би нас одвело кад бисмо говорили о свима појединостима готских конструкција, из којих се може видети да готским неимарима нису била сасвим непозната најважнија правила статике. И ако та правила нису, по свој прилици, обухватала опште случајеве, ипак су готски неимари дали две важне тековине за развитак механике. Они су показали, да се механика мора оснивати на искуству, и формулисали су проблеме грађевне механике, чијим решењима су се ускоро позабавили Леонардо да Винчи и Галилеји.

Прелазећи на Леонарда залазимо у XVI век, класичан у развоју механике, па ћемо се још једном обазрети на тековине Средњег Века. Средњи Век називају историчари век неплодности на пољу егзактних наука. Та карактеристика, по нашем мишљењу, не важи за механику. И ако дух времена, друштвени и политички односи, нису били повољни за развитак механичке науке као чисте науке, ипак је Средњи Век био један од највиших врхунаца у развоју архитектуре, у готици, а та архитектура није могла постати без развијене статике. Онај који хоће да оцени знање Средњег Века у меха-

ници неће до душе наћи потврде тога знања у старим књигама, али ће га наћи у грађевинама средњег века, које величином и изградом наткриљују све што је ново доба створило. Готски неимари, градећи своје цркве и зграде, стајали су посведневно пред проблемима механике, и да се нису дубље у њих удубили не би могли створити дела пуна хармоније, којима се и данас дивимо. Зато нам претпоставка да су готски неимари градили без механике, изгледа од почетка бесмислена, и пошло нам је заиста за руком да нађемо документарног доказа о постојању механичких правила код средњевековних неимара у списима Леонарда да Винчија, о којима ћемо сада говорити.

Највећи део Леонардових списа публикован је тек пре неколико година, и списи, које смо тако употребили за овај посао, то су сви Леонардови списи, који се налазе у библиотеци париског Института и списи, који сачињавају славни „Codice atlantico“. У тима публикацијама, где су фотографски репродуковани Леонардови списи, та величанствена збирка цртежа, скица, детаљних планова, започетих дела, где је цртеж главно, а текст ограничен на минимум, исписан ситним збијеним рукописом од лева на десно, тако да се може само огледалом читати, налази се читав један свет идеја и пројеката. У томе свету Леонардових идеја, можемо да свестрано проучавамо њега, великога уметника, филозофа и инжењера, и можемо да пратимо начин његовога мишљења. Ми овде можемо само летимично да додирнемо она места, која нам дају сведочанства о његовом знању механичке науке и о проблемима механике пред којима су он и његово време стајали.

Од тих списа бави се манускрипт А париског Института понајвише примењеном механиком. Свима питањима механике којима се Леонардо бавио у овом, а и у осталим списима, дат је облик потпуно одређених проблема примењене механике. И у самим питањима опште динамике даје он телима, чије кретање проматра потпуно

одређен облик и назив, тако их зове кугла, стрела, камен и тако даље, означавајући им увек и тежину: толико и толико фуната, и дужину преваљеног пута: толико и толико лаката. Највећи део проблема узет је из грађевне механике; на пример ако једна греда носи хиљаду фуната, колико могу понети четири греде положене једна на другу; ако једно уже држи сто фуната, колико могу издржати десет ужета обвијених једно око другог. Он испитује опасне пресеке дрвених носача, проналазећи их експериментом, и изводи тиме ваљда прве пробе ломљења. Он мери угиб еластичне линије дрвенога носача, испитује еластичне деформације састављеног троугластог носача и конструише врло сложене решеткасте носаче. Велики део његових механичких истраживања бави се статиком сводова. Он покушава да мери хоризонтални потисак свода, увиђа важност ослонаца за његову стабилност, и формулише, и ако не сасвим јасно, једно правило што га је тек модерна теорија сводова доказала. Многа истраживања баве се теоријом трења, а ток воде проматрао је својим недостижним посматрачким даром и цртао га својом чудотворном руком.

Али од свију места у Леонардовим рукописима, за нас је најинтересантније и за наше пређашње тврдње најважније једно место у манускрипту А: свега једна кратка белешка, једна непотпуна изрека, која гласи: *la ragion d'una volta cio é il terzo del diametro deia sua camera... del tedesco in duomo*. Овде дакле Леонардо говори о једном правилу за конструкцију свода, а онда додаје речи: „немачко у катедрали“. Та белешка потврђује, да су постојала извесна правила за конструкцију сводова, да су та правила, названа немачка, створена ваљда у немачкој готици, употребљена при грађењу неке катедрале, можда самог миланског дџа, који је у Леонардово доба започет.

То је место документован доказ за нашу тврдњу: да је са величанственим развитком готике морао ићи напоредо развитак грађевне механике, да су правила

грађевне механике, створена у средњовековним немачким немарским еснафима, пренесена у Италију у доба културног цветања, моћно деловала на развитак механичке науке, јер су донели механици конкретних проблема које је ваљало решити.

И заиста, сви проблеми грађевне механике које налазимо у Леонардовим списима, то су проблеми његовога доба. Он их није створио; пред њих га је ставио развитак грађевне уметности. Он, дворски инжењер Лодовика Мора, наишао је на те проблеме у свом занату. Механика је била потребна и зато се почела бујно развијати. Са развитком опште културе сазревало је и време да створи науку механике. Механика је привлачила пажњу просвећених духова, и ево како је о њој мислио Леонардо: *La mechanica è il paradiso delle scientie mathematiche perche che chon quella si viene al frutto mathematico*. (Механика је рај математских наука, јер се кроз њу долази до плода математике).

Класично доба механике било је приправљено тиме што су при крају Средњег Века конкретизовани проблеми механике који су се у практичном животу јављали, те је тако од механике, која је дотле била само чиста спекулација, постала практична наука, потребна за живот. Видело се јасно чему механика служи и шта се од ње може да тражи

Тиме што је механика постала практична наука, промењен је и начин њеног испитивања. То се огледа јасно у Галилејевом делу „*Discorsi e dimostrazioni matematiche*“, које је положило темеље динамици. У својима класичним истраживањима о законима падања Галилеји не пита зашто тела падају, него како падају, а верује својим претпоставкама и спекулацијама тек пошто их је опитом испитао. Са врхунца косога торња у Пизи задао је једним јединим опитом смртни ударац Аристотеловој науци да тежа тела увек брже падају него лака. И Галилеји је спекулирао, али полазна тачка свију његових спекулација било је проматрање. Проматрањем ни-



хања полелеја у флорентинској катедрали био је наведен на испитивање закона о падању, као што је Њутн, како се вели, проматрањем пада једне јабуке био наведен на размишљања из којих је никао закон гравитације.

Систематско проматрање појава у природи, то је карактеристика тога класичнога доба механике, које започиње крајем XVI века. Али није било лако доћи до сазнања да у механици проматрање мора бити полазна тачка научног испитивања, и требало је огорчене борбе док се сасвим скрхао сколастични дух, који је још у то доба владао у научном свету. Када је језуит Шајнер, Галилејев савременик, први опазио пеге на сунчевој површини и саопштио то генералу свога реда Теодору Бузеусу, рекао му је овај: „Синко, ја сам Аристотела два пут проучио, али не нађох у њему ништа о сунчевим пегам; оне дакле не постоје, те су зато само производ твојих рђавих очију или прљавих стакала“. Сунце је по смислу старе филозофије представљало најчистију ватру, и зато не хтедохе сколастичари веровати у сунчеве пеге. Посматрати природне појаве и веровати својим рођеним очима, то је у то доба значило бити револуционар, и Галилеји је на својој кожи искусио да се то без казне не сме чинити. Када је конструисао најсавршенији дурбин свога доба, упро га ка звезданом небу и открио на њему Јупитерове месеце, опазио мене Венусове и брда и долине на месецу, те тим проналасцима дао најјаче аргументе за науку великога Пољака Коперника, присилила га је, Инквизиција да своју науку опозове.

Галилеји ју је, до душе, болестан и скрхањ старац, опозвао, али су његови проналасци остали, а противници његови нису се усуђивали да упро дурбин на Јупитер, јер су се бојали да ипак не опазе његове месеце. Зграда сколастичке науке љуљала се у својим темељима. Савременик Галилејев, генијални Кеплер, употребио је посматрања својега учитеља Брахеа, да у систематском склопу њиховом пронађе кретање и путање планета. Брахе је посматрао, али тек Кеплер је видео и формуловао совје

законе, коју су онда Њутну послужили да нађе закон светске гравитације. Њутн без Кеплера, Кеплер без Брахеа не би могли створити темеље небеске механике, чија клица није лежала у спекулативним светским системима грчких филозофа, него у науци о посматрању небеских појава.

Тако је XVI век створио науци механике здраве темеље, и она се сада ослањала на искуства стечена у посматрању једноставних појава. Многе је проблеме, међутим, донео и сам практични живот. Грађевинска механика, основана у средњовековним неимарским еснафима а настављена Леонардом да Винчијем, пружила је Галилеју проблем носача једнакога отпора, и Галилеји му је нашао његов параболични облик. Потреба да се време тачније мери навела је генијалног Хајгенса, проналазача часовника, да испитујући законе клатна, пронађе законе криволинијског кретања, осцилационог центрума, законе земаљске тежине, и да динамику, коју је Галилеји основао, помакне за један џиновски корак унапред.

Тако се механика, која је до краја XVII века била иза математике далеко заостала, подигла наглим кораком до високога научног ступња, и пружила математичарима читав низ проблема, да на њима испитају своје методе. Сви велики математичари тога класичнога доба били су и велики механичари, те је у то доба механика много утицала и на развитак саме математике. Робервал и славни Галилејев ученик Торичели решавали су конструкције тангената помоћу закона механике, а нема сумње да су механичке представе учествовале у духу великога Њутна када је пронашао инфинитезимални рачун. Његови називи „флуksiја и флуенат“ казују да је појам диференцијалног квоциента узео из механике, срањивајући га са брзином.

Наглим скоком подигла се механика до онога врхунца који је достигла за време Њутна. Његово дело „Philosophiae naturalis principia mathematica“ најважније је дело у читавом развиту механике, а ваљда и најре-

нијалније научно дело што га је дух човечји створио. Тим делом дао је Њутн механици дефинитиван темељни облик, а проналаском закона опште гравитације открио је механичко језгро васионе. Везе механике са сродним наукама, математиком и астрономијом, које су дотле биле лабаве, претворио је Њутн у дефинитивне. Он је био подједнако велик као механичар, математичар и астроном, и у његовим способностима оличени су сви повољни упливи на развитак механике. Зато је његово дело недостиживо. Тешко је рећи шта је за развитак механике од већега замашаја било: или што је науку механике у њеној унутрашњости консолидовао, или што јој је дао у руке такво савршено оруђе као што је инфинитезимални рачун, или, на послетку, што ју је законом гравитације довео у уску везу са астрономијом. Ипак, као да је ово последње било најважније, јер је на развитак наука од огромног замашаја њихово међусобно утицање и оплођавање. Као што се у органској природи укрштањем раса стварају нове врсте, тако се и у наукама укрштањем идеја отварају изгледи на нове непознате пределе. И зато бацимо поглед на везе механике и астрономије.

Споменули смо да је већ Хипарх из Никеје опазио да осовина земље не остаје потпуно паралелна самој себи, него да замишљена крајња тачка њена, описује око пола еклиптике један круг. Периода те појаве, коју зовемо прецесијом, траје 25.870 година. Када је Њутн нашао закон гравитације, нашао је теоријско тумачење те појаве, и показао је да узрок прецесије лежи у привлачењу сунца и месеца на појас око екуатора, који треба додати потпуној кугли да би се добио елипсоидични облик спљоштене земље. Седамнаест и по векова требало је док се наша механичка суштина појаве коју је Хипарх запазио, но није дуго потрајало а механика је стајала пред новим проблемом. 1748 године опазио је Бредли, да замишљена крајња тачка земљине осовине, не описује око пола еклиптике савршену кружну, него вијугасту линију, са таласима којих периода траје 19 го-

дина. Д'Аламбер је овој појави, која се зове нутација, нашао теоријско разјашњење у положају раскршћа месечеве и земљине путање, које је такође везано на периоду од 19 година. Но тим Д'Аламберовим решењем феномен нијања земљине осовине није био потпуно истрепен. Ајлер, испитујући проблем ротације чврстога тела, нашао је, да је према законима механике сасвим могућно, да се земља сама око своје осовине нија, то јест да земљин пол није на њој чврста тачка, него да описује један круг, и да би периода тога кретања — ако би га било — била 431 дан. Таково кретање пола по земљи није се могло дуго да опази. Тек пре двадесет и пет година нашло се, врло оштрим опажањима, да се географске ширине свију места на земљи периодично мењају, и то код места на противним меридианима — Берлин и Хонолулу — у противном смислу, што је само могуће ако се положај осовине земљине мења. Тако је нађено, да пол мења периодично свој положај за неких пет до шест метара и да периода тога кретања траје десет месеца, дакле од прилике 300 дана. Ајлерова теорија била би у принципу добра, али његова периода од 431 дана није се слагала са периодом од 300 дана, нађеном посматрањима. Тако је астрономија и опет ставила механику пред нови проблем. Тај проблем решио је американски астроном Њукем, доказавши, да се непотпуност Ајлерове теорије састоји у том што је он претпоставио да је земља апсолутно чврста; међутим, кад се земља претпостави еластичном са еластицитетом челика, онда се теоријски израчуната периода потпуно слаже са опажањем.

Већ је Њутн у трећој књизи својих принципија теоријски растумачио најважније неправилности месечева кретања, и показао да се планете не крећу тачно према Кеплеровим законима, јер се међусобно привлаче, те ремете правилност кретања. Механика је дакле имала да испита природу и законе тих пертурбација. Године 1747 учињен је важан корак на путу решења тога проблема.

Д'Аламбер и Клеро поднели су Француској Академији два рада у којима су се бавили тим проблемом, а Клеро је имао на скоро красну прилику да опроба своју теорију. Хелијева комета, виђена године 1531, 1607 и 1682, очекивана је била према опаженој њеној периоди, крајем године 1758. Но Клеро је израчунао, да ће се та комета услед утицаја планета нашег сунчаног система закаснити, и да ће се појавити тек у марту или априлу следеће године. И заиста, комета се показала тек 12 марта 1759, Клеро би јој био предсказао долазак још тачније, да му је била тачније позната маса Сатурнова.

Још већи триумф је славила небеска механика, којој је међутим Лаплас дао заокружен облик, када је Леверје из пертурбација Уранових израчунао, да се иза Урана мора налазити још једна планета, којој је положај рачуном определио, а на том је месту Гале заиста ускоро и опазио. Али поред свих тих успеха пружа небеска механика још доста нерешених проблема. На пример, на питање стабилности нашег сунчаног система није још одговорено.

Но од свих спољашњих утицаја на развитак механике најмоћнији је био у последње време утицај техничких наука. Читава култура XIX века носи на себи обележје технике, и цветање технике осећа се и у развоју механике. Проналазак парне машине, проширење саобраћајних средстава, градња огромних зграда, мостова и машина донели су механици нових проблема и изазвали њено разграђавање. У првој половини прошлога века, наилазимо у Француској међу главним покретачима механичке науке махом техничаре. Ти су људи, наведени на то потребама технике, развили многе гране механичке науке које дотле нису биле неговане. Да поменемо само науку о еластичности и графичну статистику. Утицај технике на механичку науку није, у осталом, још малаксао. У најновије доба проналазак армираног бетона показао је нове путеве у науци о еластичности, а аеронаутика, која се последњих година развила брзином какву још

ниједна друга грана технике није доживила, поставила је механици нових проблема.

Још једну заслугу стакла је техника тиме што је механику довела у уску везу са дескриптивним наукама. Већ је Галилеји, бавећи се неким проблемима грађевне механике, основао теорију носача једнаког отпора, то јест таквих носача који су у свима својим замишљеним пресецима једнако напрегнути, тако да је опасност прелома у свима пресецима једнака. Ти носачи једнакога отпора играју у техници важну улогу, као економски рационалне конструкције, јер је у свима деловима њиховим материјал потпуно употребљен, те није нигде узалуд утрошен. Показало се да сама природа најрационалније конструише штедећи материјал. Облик и структура животињских костију, биљака и тичјих пера представљају такве рационалне конструкције. И сам сам имао прилике да се уверим, да се најсавршенији технички облици налазе у самој природи; конструишући један велик резервоар за воду од 1,500.000 литара запремине, тражио сам да му дадем такав облик, у којем би материјал био у свима тачкама и у свима правцима до крајње границе употребљен, па када сам такав облик нашао, уверио сам се да се он савршено подудара са обликом водене капи која виси на хоризонталној површини. Водена кап представља, дакле, мали, но савршени модел тога огромног резервоара.

Да наведемо још један пример који показује да природа савршено решава техничке проблеме. У модерној аеронаутици важан је проблем, какав облик да се даде површинама машине за летење, да она при лету наилази на најмањи отпор ваздуха. Професор Алхорн бавио се тим проблемом и саопштио је лане, у једноме своме предавању у Бечу, да тај идеални облик постоји у природи код листа заноне, једне биљке на Јави, листа који је зато тако скројен да га ветар може далеко да носи ради оплођавања цветова.

Тако имају проблеми механике и општијег интереса, а механика задире све више и више у остале егзактне

науке. Далеко би нас одвело кад бисмо поближе говорили о свима везама које везују механику, која се данас сматра потребним знањем физиолога, зоолога, ботаничара и геолога, са осталим егзактним наукама. Утицај њен на остале делове физике био је управо револуционаран, те је знатан део физике преживео у последње време читав препород, и данас је потчињен законима механике.

Узрок томе експанзивном развиту механике лежи у томе што је она консолидована наука, која се не може више у својој унутрашњости много да развија, па се зато може упоредити са државом, која је у својој унутрашњости потпуно сређена, те је пуна снаге и освајачког духа. Таква држава раширује своје границе преко свих пограничних покрајина и увећава на све стране своју власт.

Као што рекосмо, сумњамо да ће се механика моћи у својој унутрашњости много развијати и не верујемо да ће нас будућност обогатити законима механике, који се по замашају своје мере са тековинама класичнога доба њеног. Фепл, у својој приступној ректорској беседи, констатује са некаквом тугом чињеницу да је XIX век донео преображај осталих делова физике, а да није знатно обогатио механику, па се нада да ће је XX век обогатити новим замашним законима. Ми држимо да је његово жаљење неоправдано, а надање празно, и видимо доказ снаге механичке науке баш у томе што ће се она ширити на својој периферији, задирући све више и више у остале егзактне науке, стапајући их у једну велику целину. Држимо и верујемо да будућност механике лежи у њеној примени на остале природне науке.

Др. М. Миланковић.