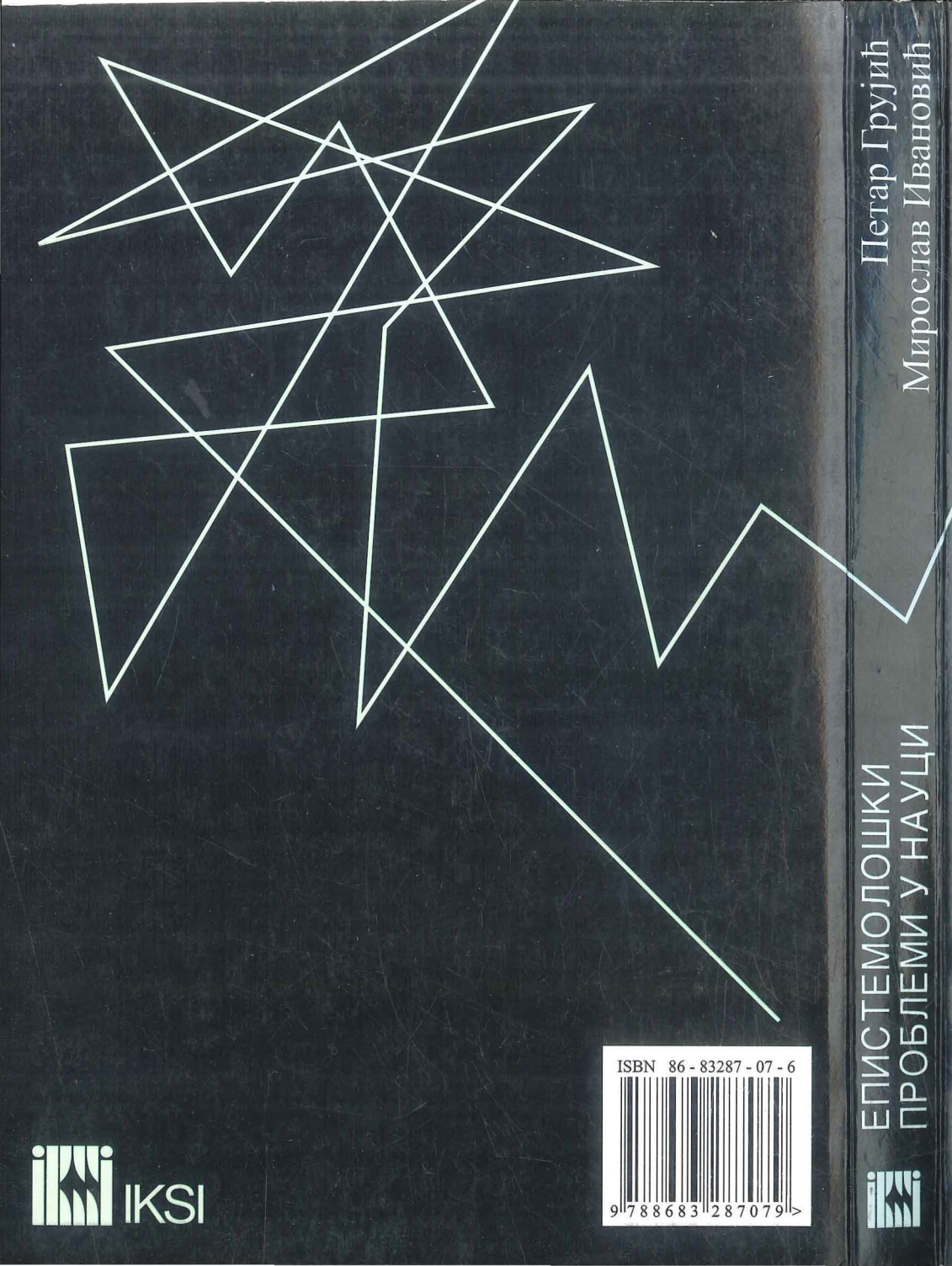


ISBN 86 - 83287 - 07 - 6

IKSI

Петар Грујић
Мирослав Ивановић

ЕПИСТЕМОЛОШКИ ПРОБЛЕМИ У НАУЦИ

IKSI

приредили
Петар Грујић
Мирослав Ивановић

ЕПИСТЕМОЛОШКИ ПРОБЛЕМИ У НАУЦИ

IKSI

Наслов:
ЕПИСТЕМОЛОШКИ ПРОБЛЕМИ У НАУЦИ

Приредили:
Петар Грујић и Мирослав Ивановић

Издавач:
Институт за криминолошка И
социолошка истраживања

Компјутерски слог и графички дизајн:
Мирјана Арсеновић

Дизајн корица:
Никола Мишић

Издавач:
СЛАВА, Сопот

Тираж:
1000

ISBN 86-83287-07-6

ЕПИСТЕМОЛОШКИ ПРОБЛЕМИ У НАУЦИ

Приредили:
Петар Грујић и Мирослав Ивановић

БЕОГРАД, 2004

УВОД
Мирослав Ивановић

ЕПИСТЕМОЛОГИЈА И НАУКА

Радови који се појављују у овој књизи углавном су настали из предавања која су аутори одржали на семинару "*Историја и епистемологија природних наука*" који се одржава у *Институту за физику* под вођством професора Петра Грујића од 1995. године. Када је професор Грујић покренуо овај семинар, био је вођен идејом да развој науке у једној земљи, када достигне одређени ниво, мора бити праћен свесном рефлексијом о својим основама и резултатима. Наши научници су без сумње постигли одређене резултате, како у земљи, тако и у иностранству, што је и међународно верификовано, а не би требало ни заборавити да је наука данас светски подухват који превазилази границе засебних култура, и она је то у највећој мери у поређењу са другим областима људског стваралаштва.

Током ових осам година предавања су одржали многи наши научни радници, како из научних института, тако и са наших Универзитета. Да су сва предавања скупљена у ову књигу, њен обим би неколико пута превазишао садашњи. Али, и садашњи садржај даје јасну представу о делатности семинара и показује да је и код нас почела да се интензивније развија нова област епистемологије науке. Природно је да су епистемолошка разматрања била присутна код наших научника током XX века, али није било систематичнијег ба-

вљења овом облашћу. Ова књига се зато може сматрати једним ширим покушајем да се ова празнина у нашој култури попуни. У неком смислу ово је пионирски рад ако се има у виду да се већи број научника и филозофа овде бави епистемолошком проблематиком. Појединачни радови наших научника и филозофа из прве половине XX века, и доцније, свакако имају историјску вредност, међутим буран развој науке у великој мери уздрмао је класичну теорију сазнања и наметнуо нове парадигме.

Да бисмо јасније схватили чиме се бави епистемологија науке, повућићемо разлику између епистемологије у ширем смислу, и епистемологије науке. Ова последња се често назива и филозофијом науке, што је уобичајен термин, нарочито на англосаксонском језичком подручју. Нешто ужи термин је методологија науке, и ова линија размишљања води порекло од знаменитог филозофа Френсиса Бекона.

Епистемологија, или теорија сазнања, новија је дисциплина која се обично везује за филозофију енглеског емпиризма. Међутим, било би погрешно сматрати да она тек тада настаје. Већ у античкој Грчкој постоји јасна свест о *проблему сазнања.* Платон је, без сумње, први обимно и јасно поставио темеље епистемологије. Он је почео да систематски размишља над проблемом сазнања и покушао је да дâ одговор на питање: Шта је то сазнање? Његов одговор да је сазнање оправдано истинито веровање, респектибилан је и данас, и може се рећи да боља дефиниција није дата ни касније, мада је много расправљано о овом Платоновом решењу. Овако схваћено сазнање обухвата сав широки спектар *дискурзивног* сазнања, то јест, свих чињеничних тврдњи уз додатак језички коректних реченица које не морају бити чињеничког карактера (све аналитичке истине или таутологије које сусрећемо у чистој логици и математици).

Сазнање може понекад да се схвати и шире, као пространа област симболичких форми, што би укључивало и разне

облике недискурзивног сазнања, интуитивног на пример, митолошког или религиозног искуства. Овако широк приступ сусрећемо код Ернеста Касирера у његовој *Филозофији симболичких форми.* Међутим, овако широк приступ није општеприхваћен у ономе што се уобичајено сматра теоријом сазнања. Други, новији изазов, долази од такозване еволуционистичке епистемологије, где се сазнање посматра у врло широком смислу као одређени биолошки одговор живог организма на средину. У том смислу, сазнање не мора бити људска делатност *par exelance,* већ *сваки* живи организам располаже одређеним капацитетом знања, као његовог специфичног одговора на средину. Ово се понекад садржински интерпретира као адаптивна способност.

Оставићемо по страни овако шире схваћену епистемологију и задржати се на традиционалнијем приступу. Погледаћемо које су основне карактеристике овако схваћене епистемологије, који су њени проблеми, и у чему је *diferentia specifica* епистемологије науке.

Свака теорија сазнања, или епистемологија, поставља као свој задатак или циљ, да се објасни разлика између правог, стварног сазнања, и онога што је само наизглед сазнање, између онога што је стварно и привида. Зато се сматра као главни циљ теорије сазнања, објашњење тога, у чему се састоји право сазнање. Да би се постигао овај циљ потребно је одредити *област* епистемологије, и *појам* сазнања.

Једна општа епистемологија морала би да обухвата и разјасни све *потенцијалне* домене сазнања, који би осим научног сазнања укључивали и математичко сазнање, уобичајено перцептивно сазнање, истине здравог разума, етичко и религиозно сазнање. Ово је само идеална замисао једне опште епистемологије и може се (оправдано) сумњати да је она развијена. Исто тако, може се довести у питање да ли је, на пример, у религиозном сазнању реч заиста о сазнању. Да би избегли расправе ове врсте, што далеко превазилази задатак

овог увода, означили смо ове домене *потенцијалнима*, што оставља по страни полемике ове врсте. Скептици су нарочито доводили у питање реалност извесних врста сазнања. Разјашњавање одређеног појма не повлачи нужно његову стварну егзистенцију – можемо имати појам *сирене,* и разјашњавати га, а да то не укључује тврдњу о њеној егзистенцији. Крајњи циљ је да се разјасни шта је то заједничко за различите домене сазнања, шта их то све чини потенцијалним доменима *сазнања?*

Тако долазимо до *појма* сазнања који захтева своје разјашњење. Да ли је *појам сазнања* заиста јединствен, и може ли да се примени на све различите домене сазнања, или је у питању више појмова који, премда се називају истом речју, заправо су, у најбољем случају, само сродни појмови? Филозоф Витгенштајн је за такве сродне појмове смислио назив "породичне сличности". На пример, оно што називамо "знањем" у математичком сазнању може се веома разликовати од онога што називамо "знањем" у религијском сазнању. Заступници овог гледишта тврде да је немогуће окарактерисати људско сазнање уопште, те да је потребно напустити јединствен појам сазнања. Ово је случај и са неким другим људским појмовима као што је на пример појам "игре". У том случају епистемологија би морала да разјашњава те специфичне појмове сазнања, као и општи појам сазнања који лежи у основи ових посебних појмова, уколико такав постоји. Дакле, предмет епистемологије може бити концептуално различит.

О чему је онда епистемологија теорија? Будући да је "знање" предмет епистемологије, каква је то врста ствари – "знање"? Да ли је то природна врста, то јест врста ствари у свету која показује стабилна својства која је могуће регистровати и објашњавати као што се то чини у природним наукама? Или је то социјални или индивидуални конструкт, или пак нешто треће? Ово су питања која су доста расправљана у епистемологији и није лако сугерисати једноставан одговор. На крају, каквим методама приступити изучавању сазнања? Ако је сазнање природна врста, тада га је могуће изучавати као, на пример, предмет биологије или когнитивне психологије.

Дакле, да бисмо објаснили појам сазнања, то јест дали одговор на питање шта је то сазнање, морамо изабрати некакву полазну тачку. Традиционално оријентисана епистемологија саображава се већ поменутом Платоновом приступу (у дијалогу *Менон,* 97e-98a) ког су се држали многи филозофи, између осталих и Кант. Управо одређење знања као оправданог истинитог веровања сугерише да се оно састоји из три компоненте које чине *нужне* и *довољне* услове сазнања: оправдања, истине и веровања.

Ове три компоненте представљају предмет традиционалне анализе сазнања, и епистемолози су се сваком од њих детаљно бавили. Услов *оправдања* захтева да свако ко зна одређену тврдњу, поседује оправдање, јемство, или сведочанство, које иде у прилог датој тврдњи. (Тврдње, искази, индикативне реченице, пропозиционално сазнање, све су то синоними за карактер сазнања које је од доминантног интереса за све врсте сазнавалаца.) Услов *истинитости* захтева да дата тврдња буде истинита, а не лажна. И на крају, услов веровања захтева да свако ко изриче одређену тврдњу верује да је то случај, да има психолошки став поузданости, поверења у дату тврдњу. Запазимо да би навођење одређене тврде без веровања у њену истинитост пре значило обмањивање него сазнање.

Свака од ове три поменуте компоненте задобила је посебно место у епистемолошким истраживањима и чини засебну тему. Веровање је детаљно анализирано тек последњих деценија прошлог века. Премда на први поглед изгледа да је *веровање* психолошка тема *par exelance,* постоје значајни логички аспекти у појму веровања који су епистемоло-

шки релевантни. (Веровање као *психолошка тема* само је делимично релевантно за епистемологију.) Размотримо зато ове логичке аспекте.

Веровање је увек веровање *о* неком стању ствари. Управо ово "о" чини структуру веровања *интенционалном*. Веровање захтева неки објекат веровања, неко стање ствари, што значи да има *значење*. Дакле, значење менталног стања као што је веровање захтева одређено стање ствари, и оно мора бити случај уколико је веровање истинито. Веровања имају *представљачку* функцију и играју улогу мапе којом представљамо свет.

Веровања су проучавана и у њиховој сазнајној улози, при формирању ставова, у индуктивном закључивању, њиховом доприносу очекивању, и у многим другим психолошким процесима. Дошло се до широко прихваћеног закључка да су стања веровања носиоци информације посебне врсте. Врста информације коју носе зависи од начина на који представљају свет. Ако се свет неадекватно представља, веровање је лажно. И супротно, ако га исправно представља, веровање је истинито. Нека друга ментална стања, пропозиционалног карактера (која се везују за одређени став, исказ, пропозицију) као што су жеље, наде, страхови, нису веровања. Зато ова друга ментална стања имају сасвим различиту епистемолошку улогу од веровања, уколико је уопште имају. Управо је овај пропозиционални карактер суштински за место веровања у структури сазнања.

Друга велика тема у епистемологији јесте проблем *истине*. Епистемологија се, за разлику од метафизике, ограничила на анализу истине као особине реченица (тачније исказа) у језику, било природном језику, или неком вештачком. Ово се односи и на пропозиционалне ставове, тј. веровања, о чему смо горе напоменули. Метафизику интересује истина написана великим словом "И", тј. коначна истина о свету, апсолутна истина, за разлику од парцијалних истина.

Епистемолошки проблем истине је прилично рано јасно формулисан, и то већ код Аристотела. Он тврди у *Метафизици* да је тврдња истинита ако, и само ако, каже о ономе што јесте да јесте, или о ономе што није да није. Обрнуто, тврдња је лажна ако, и само ако, каже о ономе што јесте да није, или о ономе што није да јесте. Премда апстрактно изражено, ово Аристотелово гледиште је сасвим јасно. Оно тврди кореспонденцију између исказа и стварности у случају истинитих исказа, и отсуство те кореспонденције у случају лажности. Из овог његовог разматрања развијена је најутицајнија теорија истине – кореспондентна теорија истине.

Ова теорија, премда интуитивно прихватљива, није без својих тешкоћа. Пре свега, није лако одговорити у чему се састоји *кореспонденција* између тврдњи (или веровања) и света. Један од могућих одговора, који је дуго сматран плаузибилним, јесте да је то релација *одсликавања*. Он и јесте плаузибилан у случају једноставних примера који описују неко стање ствари, као што је лоцирање неког објекта. Много је теже одговорити шта се одсликава у истинитим противчињеничким исказима, на пример: "Кад бисте били председник Србије, били бисте позната личност".

Једна варијанта ове теорије, *семантичка* теорија Алфреда Тарског, покушала је да избегне тешкоће горе наведеног типа. Још увек не постоји слагање међу теоретичарима да ли ова популарна теорија избегава разне тешкоће, нити да ли она адекватно изражава идеју кореспонденције.

Оно што је важно за кореспондентну теорију јесте да она показује јасну семантичку карактеристику. Лингвистички изрази (искази, тврдње) референцирају на екстралингвистичке објекте који су део света (физичког, на пример). Пошто се све емпиријске науке баве неким аспектима света, јасно је да је кореспондентна теорија имплицитна структура која је уграђена у њихово сазнање.

Али, како стоји ствар са неемпиријским наукама као што су математика и чиста логика? И у њима сусрећемо појам истине, али он нема семантички карактер у смислу референцирања на екстралингвистичке ентитете. Један од могућих начина да се избегну тешкоће претходне теорије (однос: тврдња–свет) јесте да се истина дефинише односом тврдња–тврдња. Тако је настала *кохерентистичка* теорија истине која дефинише истинитост једног исказа на следећи начин. Један исказ је истинит ако, и само ако, стоји у релацији *кохеренције* са другим исказима датог система исказа. Ову теорију су развили Спиноза и касније Хегел.

Потребно је, међутим, одговорити шта тачно значи да је исказ *у кохеренцији* са системом исказа. Један могући одговор јесте да се окренемо појму логичке импликације. Тада, рећи да је исказ кохерентан са другим исказима система, значи да он логички следи из датог система, или логички имплицира неки подскуп тог система. Математичке теорије се често наводе као парадигма кохерентног система који генерише нове истине.

Кохеренција очито инклинира једној врсти синтаксичке релације јер се не референцира на екстралингвистичке ентитете. Ово је круцијална разлика у односу на кореспондентну теорију, и управо на основу ове логички строге поделе све остале теорије истине могу се, у идеалном случају, подвести под једну или другу. Из природе ове дихотомије, семантичко-синтаксичко, јасна је и релевантност једне или друге теорије истине за емпиријске или формалне науке.

Корисно је увести неке важне дистинкције између различитих врста истине. Тако је Аристотел увео дистинкцију између нужне истине и контингентне истине. Тврдња је нужно истинита уколико нема могућности да је лажна. Примери ове врсте су математичке истине као "2+2=4"; овакве истине не могу бити лажне уколико су истините. Насупрот томе, контингентне истине су оне које могу бити лажне. На при-

мер, "Београд је главни град Србије" истинита је тврдња, али може бити лажна, као што је то била када је, на пример, Крушевац био главни град Србије.

Већ смо споменули разлику између аналитичких и синтетичких тврдњи или исказа. Аналитичка тврдња је истинита једноставно на основу дефиниције термина које садржи. Има много примера оваквих истинитих аналитичких исказа: "Тело заузима простор", "Нежење су неожењени мушкарци", "Зелена трава је зелена" итд. Из дефиниције "зелене траве" следи да је зелена, "нежења" је по дефиницији неожењен мушкарац итд. Ова дистинкција је од времена Лајбница и Канта сматрана чврсто утемељеном све до појаве Квајновог чланка "Две догме емпиризма" половином прошлог века. Он је изнео аргументе да није дато задовољавајуће објашњење аналитичности. У опширној литератури која је уследила покушано је да се оспори да су све понуђене дефиниције циркуларне, или да се оспори потреба за нециркуларношћу.

Могуће је бити плуралист у схватању истине и имати различите приступе у схватању природе истине. На пример, када је реч о опажајним тврдњама може се заступати кореспондентна теорија, а када се ради о аналитичким или синтетичким тврдњама могуће је бити кохерентиста или прагматичар. Овакав плуралистички приступ истини иде на руку гледишту да се не може олако говорити о истини *као таквој*, већ су у питању можда различити појмови, ма како кренули од једног довољно нејасног појма истине у нашем теоретисању.

Важно је, на крају, имати у свести јасну разлику између истине и оправдања, управо да би се допустила могућност оправданог лажног веровања с једне стране, и истинитог неоправданог веровања с друге. Понекад је оправдано веровати у тврдње које су ипак лажне. И обрнуто, неке рђаво оправдане тврдње могу се показати као истините. Премда

ово звучи апсурдно, са овим проблемом се сусрећемо, као што је то, на пример, случај у тврдњама астролога: нека њихова тврдња може се показати као истинита, али је оправдање апсурдно и, следствено томе, ту није реч о знању. Зато ћемо се сада окренути трећем суштинском услову трипартитне анализе сазнања – епистемичком оправдању.

Нека наша знања, да ће, на пример, ове јесени падати киша, нису пука нагађања. С друге стране, пука нагађања, као што је тврдња да ће се на лото-извлачењу појавити ти и ти бројеви, може се показати као истинита и неког усрећити. Међутим, сама истинитост неког нагађања још увек не значи да је то знање. Право знање не захтева само истинитост и веровање, већ и да услов веровања буде у одговарајућем односу према задовољењу истиносног услова. Једноставније речено, право знање захтева да онај који сазнаје има адекватну индикацију да је став веровања истинит. А то значи да свако истинито веровање мора бити оправдано. Свако знање поседује услов оправдања, а то је *сведочанство* које упућује на то да је став истинит. Знање је базирано на сведочанству или оправдавајућим разлозима. Врста оправдања која се односи на сазнање назива се *епистемичким оправдањем*.

Ако искључимо сада нужне истине и разматрамо само контингентне, биће нам јасно да оправдано веровање може бити лажно. Један пример из историје науке, често навођен, говори да су астроними-птоломејци, пре Коперника, оправдано заступали веровање у геоцентрички модел универзума, премда је оно лажно. Право стање ствари не мора се нужно слагати са оним што наше најбоље сведочанство назначава.

Оправдање може бити *дедуктивно* и *индуктивно*. Када оправдавајући исказ логички имплицира оно што се оправдава, реч је о дедуктивном оправдању. Ако желимо да оправдамо исказ "Сократ је смртан" можемо навести исказе "Сви

људи су смртни" и "Сократ је човек" из којих логички следи горњи исказ који оправдавамо. Дакле, ако су друга два исказа истинита, немогуће је да је веровање у Сократову смртност лажно.

Међутим, оправдање понекад не мора да логички имплицира исказ за који га пружамо. Не значи да ако је оправдавајући исказ истинит, онда је то нужно и оправдани. Ако је оправдавајући исказ истинит онда, понекад, оправдани исказ може *вероватно* бити истинит. Ово се назива *индуктивним* оправдањем. Из исказа "Готово сви савремени математичари су упознати са аксиоматиком Колмогорова у теорији вероватноће" и "А. Л. је савремени математичар" следи *да је А. Л.* вероватно *упознат са аксиоматиком Колмогорова*. Премда је заправо исказ "А. Л. је упознат са аксиоматиком Колмогорова" истинит[1], његова истинитост не следи нужно из наведених оправдавајућих исказа. Важно је запазити да истинитост није нужан услов да би исказ био оправдан. С друге стране, само оправдање је подложно промени у светлу новог сведочанства. У том смислу, оправдање се разликује од истине која се не мења са променом сведочанства. Уколико је, на пример, исказ "Растојање између Земље и Месеца износи 384400 км." заиста истинит, никакво ново сведочанство не може изменити његову истинитост.

Да ли је, међутим, уопште могуће дати задовољавајуће оправдање за било које веровање? Да бисмо одговорили на ово питање, морамо размотрити структуру оправдања. Обично се веровање садржано у једном исказу оправдава другим исказом. Али, сам тај нови исказ захтева, са своје стране, оправдање. Он може бити оправдан новим исказом итд. Оваква врста оправдања се назива оправдањем на основу закључивања. Искази су у одређеној логичкој релацији (један следи као закључак из другог) и тиме су поређани у од-

[1] Писац ових редова је истинитост проверио код А. Л. лично.

ређени линеарни низ. Има ли краја таквом низу, тј. постоје ли искази који не би захтевали оправдање и који би тиме завршили ланац оправдања? Ова структура оправдања – оправдање на основу закључивања – суочава се са проблемом *бесконачног регреса*.

Уколико желимо да решимо проблем бесконачног регреса стоје нам на располагању следеће могућности. Можемо, прво, да покушамо да покажемо како је могуће зауставити бесконачни регрес. Друго, одбацити претпоставку да је бесконачни регрес нешто непожељно када је реч о оправдању. И, као трећа могућност, прихватити скептички закључак да је оправдање на основу закључивања недостижно за људска бића, или чак сасвим немогуће. Све ове три могућности су детаљно разматране у епистемологији и свака завређује посебно разматрање. У решење ових проблема унето је доста логичке домишљатости од Декарта до савремених епистемолога, као што је Едмунд Гетијер (Edmund Gettier), који је смислио контрапримере који доводе у питање класичну дефиницију знања. Људима који су далеко од ових проблема, оваква умовања личе на схоластику, али у суштини овде се бавимо проблемима логике обичног језика.

Класичну епистемологију је од почетка интересовао проблем извора сазнања, тј. одакле сазнање потиче. Одговори на ово питање везују се за две традиције у историји филозофије, а њихова полемика и поставка проблема сеже све до наших дана и поново оживљава у таквим областима истраживања као што су психологија и лингвистика. Та два правца су *рационализам* и *емпиризам*. Рационализам тврди да је неемпиријски разум извор свеколиког сазнања, док емпиризам тврди да је то чулно искуство.

Емпиризам тврди да не можемо имати сазнање о стварности помоћу неемпиријског разума. Да ли, постоји *кербер* не можемо знати само на основу *појма* или *идеје* кербера, то јест да је то троглави пас који стоји на уласку у ад. То исто

важи и за лава. Да бисмо установили егзистенцију једног или другог, потребно нам је чулно искуство и емпиријска употреба разума. Насупрот овом гледишту, рационализам тврди да можемо имати нека сазнања о свету, на пример, да сваки догађај има свој узрок, или да два објекта не могу бити истовремено на једном те истом месту. Овакве врсте тврдњи су по рационалистима априорне и неаналитичке, то јест синтетичке. Да ли су синтетичке тврдње, попут горе наведених, независне од чулног искуства? На ово питање различито одговарају рационалисти и емпиристи. Емпиристи поричу да постоји синтетичко *априорно* знање.

Проблем као овај у спору емпириста и рационалиста, оживео је поново у савременим дискусијама поводом проблема о *урођеним* идејама. Ако постоје урођене идеје, принципи знања, онда је барем један део знања независан од искуства, а то би дало, опет само делимично, за право рационалистима. У лингвистици је ову позицију бранио Ноам Чомски у свом учењу о генеративним граматикама. Џери Фодор је свакако водећа фигура међу филозофима. Он је заступао концепцију да су барем неки појмови урођени, ако то нису сви. Он је овако аргументисао. Модел учења који ми имамо захтева постављање хипотеза о свету и њихово потврђивање или оповргавање. Да бисмо поставили хипотезе морамо их формулисати у неком језику. Као што је познато, деца која још не говоре, успешно уче о свету, што је случај и са неким вишим сисарима. Пошто не владају природним језиком, речник помоћу ког су формулисане хипотезе код њих није речник природног језика. То је, дакле, неки други језик, *језик мишљења*. Пошто овај језик не може бити научен, јер је он предуслов учења, следи да су барем неки наши појмови урођени. Овде се, наравно, ради само о појмовима, али оваква аргументација иде у прилог постојању априорног знања и, дакле, плаузибилности рационализма.

Поред поменутих тема, епистемологију је од самих почетака интересовала и тема о *могућности* сазнања. Док је за већину мислилаца сазнање могуће, и очигледна чињеница, неки филозофи су врло рано, још у античкој Грчкој, посумњали у могућност сазнања. То су били *скептици*, а до данас, врста аргументације којом се пориче могућност сазнања назива се скептичком аргументацијом. Најпознатији скептик је био Пирон који је утемељио ову врсту аргументације и она увек изнова оживљава, чак и у савременим дискусијама. Како то изгледа, видели смо када смо говорили о проблему оправдања веровања и бесконачном регресу у вези с тим.

Читава скептичка традиција учинила се неким мислиоцима као софистицирана схоластика и они су желели да радикално реше проблем, покушавајући да покажу да су скептички аргументи апсурдни. Најпознатији новији филозоф с почетка XX века, Џ. Мур, који је покушао да реши (боље рећи, заобиђе) овај проблем, учинио је то позивањем на *здрав разум*. На пример, он је доказивао да постојање спољашњег света није никакав проблем, тј. да је сасвим лако прећи са исказа о спољашњем свету, на тврђење о постојању спољашњег света.

Мур и Расл су, мало-помало, формирали једну традицију мишљења о епистемолошким проблемима, која је оставила по страни традиционалне проблеме које смо управо разматрали, и окренула се анализи научног језика као парадигме чврстог знања. С њима су, руку под руку, ишли и неопозитивисти Бечког круга. Тема *објашњења,* која је још увек била унутар традиционалне епистемологије, и бављење њоме, у највећој мери је означила прелазак на нови начин разматрања епистемолошких проблема.

Објашњавалачко знање се обично противставља *дескриптивном.* Још је Аристотел означио дескриптивно знање као *знање да* је нешто случај, док је објашњавалачко знање, *знање зашто* је нешто случај. Објашњење се такође описује као

одговор на питање "*Зашто...?*". Нека питања типа "*Зашто...?*" не захтевају објашњење већ епистемичко оправдање, али то нас овде неће занимати. Објашњавалачко знање је такође чињеничког карактера и, дакле, не може се потпуно одвојити од дескриптивног. Објашњење је тип дескриптивног знања и има облик пропозиционалног знања генерално. Уколико се покаже да неко објашњавалачко знање није истинито, објашњење је погрешно. Није сво дескриптивно знање објашњавалачко, али се сво објашњавалачко знање састоји од дескриптивних тврдњи.

Делатност науке и научника може се генерално означити као трагање за објашњењима. Одговор на питање зашто се нешто догађа јесте фундаментална преокупација науке. Пошто се наука интуитивно прихвата (бар од огромне већине образованих људи) као најуспешнија област знања, епистемолози су сузили област својих истраживања на *језик науке*. Проблеми које је разматрала традиционална епистемологија за многе савремене епистемологе науке одлазе у други план. Питања, да ли ми заиста опажамо објекте око нас, да ли је уопште могуће оправдање и, дакле, знање, све форме скептицизма и слични проблеми пренебрегавају се и постављају се нова питања на која нуди одговоре савремена епистемологија, или филозофија науке. Која су то питања и проблеми одговорићемо укратко у ономе што следи.

Подела наука на *емпиријске* и *неемпиријске* (математика и логика) је не само уобичајена, већ и веома важна. Емпиријске науке теже да опишу и објасне реални свет око нас и, дакле, суштински зависе од искуства. Њихова тврђења морају се проверавати на чињеницама нашег искуства и прихватљива су уколико су поткрепљена искуственим сведочанством. Ово сведочанство прибављамо најчешће помоћу експеримената, али исто тако и систематским посматрањем, проучавањем докумената, преосталог материјала (на пример археолошког, хистолошког и сл.). За разлику од ових

наука, математика и логика не зависе од искуства, њихова делатност је смештена у широко поље духа и зато их многи научници и филозофи и не убрајају у науке. То је ствар конвенције, а о речима не вреди расправљати. У овом уводу ми ћемо се сконцентрисати пре свега на емпиријске науке. Њихова даља подела, на природне и друштвене, нема тако строге критеријуме и није од значаја за општија епистемолошка разматрања.

Када се у науци сусретнемо са једном проблемском ситуацијом, за њено решење обично предлажемо различите *хипотезе*. Хипотеза је тако једна од централних епистемолошких категорија. Логички гледано, свака смислена тврдња која нуди одговор на проблемску ситуацију јесте могућа хипотеза. Ипак, у научној пракси увек имамо сразмерно мали број могућих кандидата. Посао научника, после постављања хипотеза, своди се на покушаје потврђивања или оповргавања понуђених хипотеза. Генерално, суочени са захтевом за објашњењем, научници смишљају и проверавају хипотезе. Често је могуће хипотезу директно проверавати, и тада се даје предност хипотези која је потврђена у односу на оне које нису.

Међутим, није редак случај и да није могуће хипотезу директно проверити, тада се приступа индиректној провери.

Навешћемо укратко један познати пример због његове елеганције и једноставности. Наравно да су у модерној науци индиректне провере много компликованије. У Галилејево време, а и раније, постојале су усисне пумпе које су вадиле воду из бунара, али не више од 10m изнад површине бунара. Галилеја је заинтересовало ово ограничење, али он није успео да пружи задовољавајуће објашњење. Његов ученик Торичели дао је нови одговор који се сводио на тврдњу да је Земља обавијена ваздушним омотачем који својом тежином врши притисак на површину испод себе и да овај притисак подиже воду у пумпи када је клип подигнут. Дужина воде-

ног стуба од 10m одражава притисак атмосфере на површину бунара. Пошто је ово било немогуће проверити директно, Торичели је резоновао да ако је његова хипотеза тачна, онда ће притисак атмосфере сразмерно краће подићи живин стуб. Пошто је жива 14 пута тежа од воде, дужина живиног стуба би требало да буде 10/14 m, тј. нешто мање од 80 cm. Он је ово проверио помоћу направе која се данас зове живин барометар – усправна стаклена цев испуњена живом и доњим крајем урођена у посуду са живом. Ово је у потпуности имитирало цев пумпе и бунар. Висина живиног стуба се стабилизовала на приближној дужини од 80 cm као што је и претпостављено.

Следећи корак (провера импликације ове хипотезе) учинио је Паскал. Он је претпоставио да ће се дужина живиног стуба смањивати са висином, јер се смањује тежина ваздуха. На Паскалову молбу ово је проверио његов зет Перије који је измерио висину живиног стуба у подножју планине Пи-д-Дом, и на њеном врху од неких 1450 m. Живин стуб је био краћи на врху за више од 7 cm. У контролном барометру у подножју, ништа се није променило током дана.

Премда хипотезе имају облик чињеничких исказа, њихова особеност лежи у њиховој логичкој релацији према исказима који описују проблемску ситуацију, као и према исказима који описују појаве које се могу очекивати. Односи између ових исказа попримају облик аргумената (или схема закључивања) који су познати у логици, на пример *modus tollens* или *modus ponens*. У техничке детаље ове врсте нећемо овде улазити, запазимо само да су научници често користили ове методе *несвесно*, потпуно исправно логички резонујући.

Како долазимо до хипотеза? Једно време је владало мишљење да до хипотеза долазимо на основу претходно прикупљених података на основу поступка који се назива *индуктивно закључивање*. Ово закључивање се у најједностав-

нијем смислу описује као оно које води од премиса о појединачним случајевима до закључка који има карактер општег закона. Оно се разликује од дедуктивног закључивања чија је суштинска карактеристика да ако су премисе истините, истинит је и закључак. Код индуктивног закључивања закључак у најбољем случају следи са одређеном вероватноћом.

Оно што је нарочито интересантно јесте, да ли је могуће сакупити чињенице (премисе о појединачним случајевима) без неке унапред задате селекције? Одговор на ово питање је негативан чак и ако бисмо се ограничили на релевантне чињенице. Не може се никада са сигурношћу рећи које су чињенице релевантне за један проблем, а број чињеница уопште је у толикој мери велики да истраживање никада не би ни могло да започне. Дакле, захтев да се подаци прикупе без претходне хипотезе о повезаности испитиваних чињеница је самопобијајући и заправо се не примењује у научном истраживању. Управо супротно, потребне су нам пробне хипотезе да би усмериле научно истраживање.

Можемо закључити да нам индукција не даје могућност да дођемо до жељеног закључка на основу тобоже *неутрално* сакупљених чињеница. Постављање хипотезе је креативан подухват као врста пробног одговора на задати проблем, који ће бити потврђен или одбачен. Премда индукција није механичко правило на основу ког можемо долазити до научних хипотеза на основу "неконтаминираних" података, она се може схватити у ширем смислу као одређени канон ваљаности који ће служити за прихватање хипотеза дајући им "индуктивну подршку", тј. потврђујући их, а та потврдљивост би могла бити изражена мером вероватноће.

Какве могу бити провере хипотеза? У најдословнијем смислу експерименталне и неекспериментално. Прве су широко распрострањене у природним наукама, али и друштвене науке, у првом реду психологија, могу посегнути за овом

врстом провера. С друге стране, неке провере не могу бити изведене експериментално, већ се мора чекати да то уради природа, односно да се стекну услови који ће потврдити или оповргнути претпостављену хипотезу. Ово је често случај у астрономији јер размере са којима се има посла далеко превазилазе услове експериментисања у лабораторији. Запазимо да сви сложени канони коректног експериментисања заправо не припадају телу научне теорије, премда су их развили научници у својим покушајима решавања научних проблема. Они су пре сазнајни предуслови (и технике) долажења до истинитог сазнања.

Провера појединачне хипотезе није тако једноставан случај у научној пракси. Ситуација је обично много сложенија, а при провери неке хипотезе, на основу њених импликација, морају се узети у обзир и помоћне хипотезе.

С обзиром на пролиферацију хипотеза у историји науке, често се сусрећемо с проблемом да се одлучимо за једну од две могуће хипотезе које су издржале провере и тичу се истог предмета, али су међусобно инкомпатибилне. Ако смислимо проверу за коју ове две хипотезе предвиђају супротне исходе, моћи ћемо да се одлучимо за једну. Ово је био случај са експериментом који је провео Фуко у намери да се одлучи између таласне и корпускуларне теорије светлости. Прву је предложио Хајгенс, а развили су је Френел и Јунг, а друга је била Њутнова корпускуларна теорија.

Без улажења у детаље и опис експеримента, рећи ћемо да је замишљени *круцијални експеримент* требало да одлучи да ли светлост путује брже у ваздуху (што предвиђа таласна теорија) или у води (што предвиђа корпускуларна теорија). Резултати су ишли у прилог таласне теорије, а на бази овог експеримента сматрало се да је корпускуларна теорија коначно побијена. Међутим, с обзиром на низ помоћних хипотеза које се морају узети у обзир, једино што се може закључити из Фукоовог експеримента јесте да не могу све претпо-

ставке и принципи корпускуларне теорије бити истинити, већ неки морају очито бити лажни. И заиста, Ајнштајн је 1905. године изложио измењену верзију корпускуларне концепције у својој теорији о фотонима, или квантима светлости. Ово је широко позната страница из историје науке, али ни после овог "другог круцијалног експеримента" (по Ајнштајновим речима) таласна теорија није била коначно побијена.

Пошто научне теорије, тј. хипотезе, не могу бити коначно доказане, нити оповргнуте, ма како опсежне и пажљиве провере извршили, остаје нам да закључимо да је круцијални експеримент у науци немогућ. Међутим, ова врста постављања експеримента није без значаја јер може утицати на правац у ком ће се развијати теорија, и на то који ће се експерименти вршити.

Када ћемо, онда, напустити једну хипотезу? У принципу увек је могуће спасавати почетну хипотезу (теорију) тиме што ћемо смишљати такозване *ad hoc* хипотезе. У експерименту који је предложио Паскал, а који смо поменули, он је желео да оповргне дотле важећу хипотезу да се вода у цеви пумпе диже јер се *природа ужасава празнине* (концепција *horror vacui*). Он је у писму Перију рекао да је извесно да постоји много више ваздуха у подножју него на врху планине, док се не може тако лако тврдити да се природа више ужасава празнине у подножју, него на врху. Међутим, лако је спасити концепцију *horror vacui* на основу помоћне хипотезе по којој се ужас природе од празнине смањује са повећањем надморске висине.

Управо нам оваква разматрања показују да је у науци потребно избегавати хипотезе *ad hoc,* премда не постоји јасан критеријум за њих. Заправо, њих је много лакше уочити на примерима из историје науке, него у неком актуелном истраживању.

Хипотезе се у научном поступку прихватају и потврђују на основу одређеног сведочанства. Који су критеријуми

овог прихватања? Пре свега, ради се о квантитету сведочанства које се наводи у прилог хипотези. Што је већи број повољних исхода провера, уверенији смо у ваљаност хипотезе. Међутим, разноврсност провера такође игра значајну улогу. Једна те иста провера поновљена хиљаду пута имаће мање значаја него разноврсне провере далеко мањег обима. Успешна хипотеза сусреће запањујућу разноврсност својих потврда. На пример, Њутнова теорија гравитације и кретања имплицира законе слободног пада, једноставног клатна, узајамно обртање двојних зведа, плиму и осеку, обртање планете око Сунца, Месеца око Земље, и много другог. Сви разноврсни исходи експериментисања који се односе на ово дају подршку Њутновој теорији.

Веома је важно да научна хипотеза буде потврђена и "новим" сведочанством: то су чињенице које нису биле познате или нису узете у обзир када је хипотеза постављена. Хипотеза без сумње веома добија на тежини када се са њом поклапају "нови" случајеви.

Осим ове подршке "одоздо", тј. од чињеница које поткрепљују хипотезу, може придоћи и подршка "одозго", тј. од општије теорије из које се хипотеза може извести као дедуктивна последица. Пример из историје науке за ову могућност јесте Боров доказ из 1913. да се Балмерова формула (постављена 1885. године) може извести из његове теорије атома водоника. Даљи развој квантне концепције још више је учврстио Балмерову формулу. Насупрот овоме, веродостојност неке хипотезе биће доведена у питање на основу њеног неслагања са широко прихваћеном теоријом. Овакав поступак није универзално примењив, иначе би се свака теорија могла на тај начих заштитити од обарања.

Један од критеријума за прихватљивост хипотезе јесте њена *једноставност.* Наиме, уколико неколико хипотеза дају задовољавајући одговор на проблемску ситуацију и једнако су добро поткрепљене, даћемо предност једноставни-

јој. Међутим, проблем који се поставља јесте да се одреде јасни критеријуми једноставности. Они морају бити објективни а не психолошког карактера, јер би онда могли да варирају од човека до човека. Било је више покушаја да се формулише прецизно једноставност, а овде ћемо изнети укратко Поперов покушај.

Попер сматра да је једноставнија она хипотеза (од две које се пореде) која има већи емпиријски садржај и, дакле, може се лакше оповргнути. Једноставне хипотезе нам казују више, њихов емпиријски садржај је већи и лакше их је проверити. Степен једноставности се одређује као степен оповргљивости. На пример, хипотеза која тврди да је орбита дате планете круг, једноставнија је од хипотезе по којој је она елипса, јер се прва може оповргнути одређењем четири положаја (три положаја је могуће увек спојити кругом). За оповргавање друге хипотезе требало би одредити најмање шест положаја планете. У том смислу једноставнија је она коју је лакше оповргнути.

Ако је тешко говорити о поузданој истинитости, тј. потврђености хипотеза, да ли је могуће говорити о *вероватноћи* хипотеза? Пошто веродостојност хипотезе зависи од релевантних елемената целокупног научног знања једног доба, можемо ли вероватноћу хипотезе *квантитативно* изразити као однос дате хипотезе Н и корпуса целокупног научног знања К? Било је више покушаја да се ово учини, а најпознатији су Кејнзов и Карнапов. Они су предложили различите теорије за такве вероватноће. Суштина покушаја лежи у томе да се дефинише с (Н, К). Највише је учинио Карнап уводећи појам *степена потврђености* дате хипотезе у односу на расположиве податке. Овако дефинисан, овај појам задовољава све принципе теорије вероватноће и Карнап га назива *логичком* или *индуктивном вероватноћом* хипотезе у односу на дате податке. Карнап је ово показао за строго

формализоване моделе језика који су много сиромашнији од стварног језика науке.

Једна посебна форма исказа има важну улогу у науци. То су универзни искази који имају облик "Сви А су Б". Овом формом исказа су изражени природни закони, а посао науке је управо трагање за природним законима у циљу објашњења света око нас, укључујући и нас саме. Погледајмо каква је улога закона у научном објашњењу. Свако објашњење мора да испуни два захтева да би се сматрало ваљаним научним објашњењем. Та два захтева су *релевантност* објашњења и захтев *проверљивости*. Да би објашњење било ваљано експланаторни подаци на које се позивамо морају бити чврсто повезани са догађајем који објашњавамо. У противном, ирелевантни подаци не пружају никакву основу за објашњење. Што се тиче проверљивости, то значи да објашњење мора понудити импликације које су емпиријски проверљиве.

Најраспрострањенији модел научног објашњења је такозвано *дедуктивно-номолошко објашњење*. Ово објашњење се састоји из појаве коју треба објаснити и коју називамо *експланандумом* објашњења. А *експланансом* ћемо називати објашњавалачке податке на које се позивамо. Овакво објашњење има форму дедуктивне аргументације у којој је експланандум Е закључак, а премисе су експлананс који се састоји од општих закона L_1 L_2, ... L_r и исказа C_1, C_2, ... C_k, који износе тврдње о одређеним чињеницама. Схематски ово овако изгледа:

$L_1, L_2, \ldots L_r$	експлананс
$\underline{C_1, C_2, \ldots C_k}$	
E	експланандум

Оваква објашњења се називају објашњењима подвођењем под опште законе, или дедуктивно-номолошка објашњења. Експланандум у оваквом објашњењу може бити до-

гађај који се одиграо и који је просторно и временски лоциран, затим правилност у природи, или пак униформност изражена емпиријским законом. У овом последњем случају дедуктивна објашњења ће се позивати на законе ширег опсега. Пример за ово су Кеплерови и Галилејеви закони који су дубље утемељени на основу Њутнових закона.

Када се анализирају универзални ставови садржински, видимо да сви универзални ставови не изражавају законе природе. Ако бисмо и прихватили да је исказ типа "Све вране су црне" закон природе, то сигурно не бисмо рекли за исказ "Сви шарафи у Периним колима су зарђали". Ову другу универзалност називамо *акциденталном,* за разлику од прве коју називамо *номичком* (од грчке речи *nomos* – закон). Како можемо повући строгу логичку дистинкцију између ових двеју врста општости? Ово питање је доста расправљано међу логичарима и филозофима и предложено је више решења. Споменућемо само једно. Закон (номичка универзалност) може да поткрепи *противчињенички кондиционал*, док то није случај са акциденталном универзалношћу. На пример, за кондиционал типа "Када би А било случај, онда би Б било случај", где А заправо није случај, можемо навести конкретне примере: исказ "Да је парафинска свећа стављена у кључалу воду, она би се истопила" може бити поткрепљен позивањем на закон да парафин прелази у течно стање изнад 60^0C, а исказ "Да је овај шараф стављен у Перина кола, он би зарђао" очито не може бити поткрепљен.

Нису сви закони у науци универзалне форме, већ могу имати и *пробабилистичку форму.* Такве законе уводимо обично кад се бавимо масовним феноменима где располажемо само статистичком мером. Раширени су и у друштвеним наукама, на пример социологији. Објашњење које се позива на пробабилистички закон има истоветну структуру као и горе наведено дедуктивно-номолошко објашњење, али пошто закон није изражен у виду стриктне универзалности, већ је пробабилистичког карактера, експланандум не следи са нужношћу, није истинит, већ је само вероватан у одређеној мери. Понекад је врло вероватан и практички се приближава извесности.

Када је у једној области истраживања сакупљено доста емпиријске грађе и откривен знатан број емпиријских закона, створене су претпоставке да дође до формулисања научне *теорије.* Научна теорија има за сврху да овим појавама и правилностима дâ дубље разумевање формулисањем теоријских принципа или теоријских закона који леже у позадини ових. Ако је теорија успешна, тј. ако су њени принципи ваљани, они ће пружити теоријско разумевање које превазилази онај корпус знања који смо добили само на основу емпиријских закона.

Премда није могуће пружити изузетно прецизан и логички савршен опис научне теорије, неке њене особине је могуће издвојити. Успешна теорија ће у првом реду продубити и проширити разумевање које је постигнуто на основу емпиријских закона. Наизглед разноврсне манифестације униформности она објашњава дубљим теоријским принципима. Већ смо навели пример Њутнове теорије гравитације и кретања која је успела да обједини тако различите манифестације као што су слободан пад, кретање планета, плиму и осеку итд. Борова теорија атома водоника је такође знатно проширила дотадашња знања изражена Балмеровом формулом која се односи само на једну серију линија у водониковом спектру као и аналогне емпиријске законе који представљају таласне дужине осталих серија линија истог спектра.

Теорије ће, с друге стране, проширити наше знање показујући да емпиријски закони које она објашњава не важе стриктно, већ апроксимативно и унутар ограниченог домена. Пример је опет Њутнова теорија која објашњава да Кеплерови закони важе само апроксимативно, као и зашто је то тако. Слично је и са Галилејевим законом слободног пада.

И на крају, важна особина научне теорије јесте да она предвиђа и објашњава појаве које нису биле познате у тренутку када је теорија формулисана. На пример, Ајнштајнова општа теорија релативности није само понудила објашњење познате споре ротације Меркурове орбите, већ је предвидела и савијање светлости у гравитационом пољу, што је потом потврђено астрономским мерењима. Максвелова теорија електромагнетизма имплицирала је постојање електромагнетних таласа и предвидела нека својства њиховог ширења, што је касније потврђено експериментима које је извео Х. Херц.

Из ових особина научних теорија јасно је да је велика предност поседовање научне теорије у поређењу са пуким скупом емпиријских закона који нису међусобно повезани дубљим принципима. Теорија омогућује убрзавање научног истраживања, његово ширење и прецизирање, а често омогућава и технолошка решења што није занемарљиво с практичне тачке гледишта.

Пошто се у теоријама појављују такви ентитети који нису директно опажљиви, поставља се питање о њиховом стварном статусу. Такви ентитети се називају теоријским ентитетима. О статусу ових ентитета вођена је широка и дуга расправа међу филозофима науке и многи од њих су заступали гледиште које пориче стварно постојање теоријских ентитета. Они су по њима само домишљате фикције које омогућавају једноставно и прикладно дескриптивно и предиктивно објашњење опажљивих феномена. Додајмо да је већина научника обично убеђена у стварно постојање теоријских ентитета. Аргументације за и против су прилично замршене за кратко излагање а опширнија излагања могу се наћи у наведеној литератури.

У науци се сусрећемо с *појмовима* који су специјално конструисани са циљем да се пружи задовољавајуће објашњење и са којима нису упознати људи који се не баве датом

науком. Другим речима, то нису појмови узети из свакодневног искуства који су добро познати свима, чак и када су означени терминима који се сусрећу у обичном говору, као на пример, "маса" или "сила". Други појмови, на пример "фазни простор", "наелектрисање честице", "ентропија", "магнетно поље" уопште се не сусрећу у обичном говору – ту и тамо улазе у обичан говор преко мас-медија и популарисања науке.

Научни појмови морају имати јасно и прецизно значење да би искази у којима се сусрећу били проверљиви и прикладни за научну употребу. Један а можда и једини начин да се адекватно одреди научни појам јесте *дефиниција*. Премда у логици сусрећемо различите типологије дефиниција, за наше сврхе разликоваћемо два основна типа. Једне су *дескриптивне*, а друге *стипулативне* (ово је техничка терминологија а одговарајући превод на српски би био: описне и погодбене). Сврха првих је да опишу прихваћено значење неког термина који је у употреби, а других да припишу специјално значење датом термину, било да је новоформиран, на пример "спин", или да се неком термину који је већ у употреби прида техничко значење, на пример "густина" или "маса". Сам процес дефинисања је добро познат: на левој страни стоји *дефиниендум*, термин који дефинишемо, а на десној термин (или термини) помоћу којих дефинишемо, тј. *дефиниенс*.

Да не би долазило до неспоразума, или парадокса, пожељно је у једној строгој теорији дефинисати термине. Поставља се питање, да ли је могуће дефинисати све термине? Очигледно, логички гледано, то није могуће јер бисмо се суочили са проблемом лажног круга у дефинисању. Наиме, при дефинисању нужно је избећи да се термин који дефинишемо, дефиниендум, појави у дефиниенсу. Пошто је ланац дефиниција повезан међусобно, да се не бисмо вртели у кругу нужно је да неки (примитивни) термини остану недефи-

нисани. Ово је добро познато у формалним теоријама, на пример у геометрији, где се у свакој аксиоматизацији ове експлицитно наводи списак примитивних термина, а остали се уводе ланцем стипулативних дефиниција које сежу уназад до израза који садрже само примитивне термине.

У емпиријској науци ситуација је сложенија јер ту се сусрећемо не само са теоријским терминима, већ и са предтеоријским чија је функција да значење теоријских термина спецификацију помоћу израза које већ разумемо независно од теорије. Реченице које спецификују значење теоријских појмова помоћу предтеоријског речника називаћемо *интерпретативним реченицама.*

Посебну концепцију интерпретативних реченица изложила је операционалистичка школа формирана под утицајем физичара Бриџмена. Основна идеја операционализма јесте да значење научног термина мора бити одређено указивањем на операцију провере која би пружила критеријум за његову примену. Ови критеријуми су знамените *"операционалне дефиниције"*. Примери оваквих дефиниција су: "киселина" је течност која лакмус папир боји у црвено; "тврђи од" примењено на минерале се одређује на следећи начин – минерал м1 је тврђи од минерала м2 ако је м1 под притиском урезао траг на м2; "магнет" је гвоздена или челична шипка ако њени крајеви привлаче гвоздене опиљке.

Операционалисти тврде да употреба термина којима недостају операционалне дефиниције води бесмисленим исказима и питањима. Ако немамо, на пример, критеријум за апсолутно кретање, питање да ли се Земља или Сунце, или оба тела, "стварно" крећу одбацује се као бесмислено. Интересантно је да је операционализам извршио велики утицај на психологију и друштвене науке. У психологији су развијени поступци за формулисање оваквих критеријума преко разних врста тестова: интелигенције, емоционалне способности, математичке способности итд.

Премда операционалистичка идеја да се термини неке теорије појединачно интерпретирају помоћу коначног броја операционалних критеријума није одржива у строгом смислу, операционализам је одиграо значајну улогу у разјашњавању појмовног елемента научних теорија.

До сада смо говорили, пре свега, о структури научних теорија, о елементима који су заједнички свим теоријама без обзира шта им је предмет истраживања. Но, могуће је поставити и глобалније питање о односу различитих теорија међусобно. Видећемо да је и у решавању овог питања плодан пут управо преко разматрања елемената теорије.

Једно од питања које је занимало филозофе, али и научнике, и које је наметнуто интензивним развојем наука у другој половини XX века, јесте питање о могућности *редукције једних теорија на друге.* Да ли је, на пример, могуће редуковати биологију на физику и хемију? Било је биолога који су одречно одговорили на ово питање, сматрајући да биолошке појаве поседују факторе *sui generis,* наиме поседују ентелехије или виталне силе које се не појављују у физико-хемијским феноменима. Ова школа је названа витализмом, заправо нововитализмом, и супротстављала се механицизму – становишту по коме су све биолошке појаве сводиве на физичке и хемијске законе. Нововиталисти нису успели да спецификују никакве додатне хипотезе нити импликације које би омогућиле проверу хипотезе о постојању виталних сила.

Механицизам је требало да пружи доказе за два аспекта, наиме да се све карактеристике живих организама могу описати појмовима физике и хемије, и да је све аспекте понашања живих организама могуће објаснити помоћу физичко-хемијских закона и теорија. Уколико би оба аспекта била испуњена, то би значило да је биологија *сводива* на физику и хемију, што је механицизам и тврдио.

Да би се испунио први аспект потребно је показати да је могуће извршити редукцију специфично биолошких терми-

на (на пр. "партеногенеза", "митоза", "дужица", "нојево јаје") на физичко-хемијске изразе који имају исто значење. Под значењем се овде подразумева иста екстензија израза, али не нужно и интензија, тј. смисао термина. Дефиниције које би се овде употребиле могле би се назвати *екстензионалним*. Да је ово могуће, показано је откривањем молекуларне структуре биолошких супстанци као што су холестерол, инсулин, пеницилин итд. Ово међутим показује да увођење оваквих дефиниција захтева емпиријско откриће, а не може се *a priori* увести. Данас смо још увек далеко од могућности да *све* биолошке изразе преведемо на физико-хемијски језик.

Други аспект захтева извођење биолошких закона и теоријских принципа из закона и принципа физике и хемије. Ово је могуће само ако постоје одговарајући *повезујући закони* који би садржавали како биолошке, тако и физико-хемијске термине. Такви закони постоје, али као и у случају дефинисања термина горе, немогуће их је *a priori* увести логичко-филозофском анализом, већ морају бити резултат емпиријског истраживања.

Закључак гласи да премда смо далеко од коначног одговора, хеуристички принцип механицизма се показао плодотворним што је показао и успешан развој молекуларне биологије и сродних области. Даља питања о научним теоријама тичу се самерљивости научних теорија, њиховог онтолошког статуса – дилема реализам или инструментализам и сличних тема.

Када је епистемологија науке прошла свој плодан развој чије смо основне аспекте овде оцртали, дошло је до једног заокрета ка историји науке као исходишту епистемолошких принципа. Читавој овој, по свом пореклу позитивистичкој парадигми, замерено је да пренаглашава формалне аспекте науке и да има наглашено нормативистички приступ – наиме да *пропису је* шта је наука, уместо да описује стварни развој науке. Зато је И. Лакатош, парафразирајући Канта, мо-

гао да каже да је филозофија науке без историје науке празна а историја науке без филозофије науке слепа. Почело се са експлицирањем епистемолошких принципа које су сами великани науке увели имплицитно, а често и експлицитно, током својих научних истраживања. Значајан је у овом правцу[2] обиман рад француског филозофа и историчара науке руског порекла А. Коареа.

Други важан стимулус добила је епистемологија науке из самог развоја модерне науке током последњих деценија. Продор наука, како по ширини, тако и по дубини истраживања, довео је до врло суптилних научних теорија тако да су сами научници били принуђени да разлуче шта је у њиховим теоријама опис стварности а шта су епистемолошки принципи. Да би се решили неки научни проблеми било је потребно рашчистити епистемолошки терен и често разрадити нове методе и принципе који су излазили из оквира затечених парадигми. Проблеми индетерминизма, каузалности, природе времена, простора итд., доживели су нове формулације, нова решења. Епистемологија се сама изделила у низ засебних дисциплина често доступних само ужем кругу истраживача у датој научној области. Можда је то судбина људског знања. Читалац ће се и сам моћи да упозна са неким новијим епистемолошким проблемима кроз радове аутора[3] у овој књизи.

У раду *Петра Грујића* даје се концизан преглед научне мисли старе Грчке и Рима, укључујући и медицинске науке. Допринос грчког духа настанку и развоју европске науке, пре свега у онтолошкој и епистемолошкој сфери, приказан је на информативном нивоу, стављајући нагласак на фактографију. Веза хеленског духа са претходним, односно сусед-

[2] Код нас је највише на овом пољу урадио др. Зоран Стокић; видети његов рад у овој књизи као и белешку о аутору на крају књиге.

[3] Даље излагање је базирано углавном на резимеима које су написали сами аутори.

ним цивилизацијама укратко је разматрана, као и судбина античке културе пред пад Римског царства.

Рад *Александра Гордића* даје излагање главних стандардних покушаја оправдања индуктивног закључивања и указује на њихове недостатке, али и на могућности комбиновања и узајамне условљености појединих стратегија оправдања. Излажу се традиционална метаиндуктивистичка оправдања, затим трансцендентална (дедуктивистичка, интуиционистичка и априористичка) и, коначно, прагматичка мотивисања индукције. Затим се разматрају тезе које се првенствено тичу метанивоа – начелног питања о (не)могућности оправдања: хјумовска, Поперова и становиште филозофије обичног језика. На крају, настоји се да се покаже како мотивацију за примену индукције треба тражити у вишку информације који доноси, као и у њеној свеукупној улози у склопу других инференцијалних стратегија.

Љиљана Добросављевић-Грујић даје концизан преглед важних открића у физици XX века где су знатан или чак одлучујући допринос дале жене. Пре свега то су нека највећа открића у физици атома и њихових језгара. Откриће природне радиоактивности припада Марији Кири, а откриће вештачке радиоактивности везано је за име њене ћерке Ирене Жолио-Кири. Теорију атомске фисије дала је Лиза Мајтнер. Велики допринос нуклеарној физици дале су Марија Гепарт Мајер својом теоријом нуклеарних "љуски" и Чијен-Шианг Ву експерименталном потврдом неодржања парности код бета-распада. За примену физичких метода у биологији и медицини заслужне су Розалинд Франклин и Розалин Јелоу. Ово су само највећа имена међу женама-научницима из овог периода.

Свој чланак *Радомир Ђорђевић* је посветио приказу филозофије логичког емпиризма Рудолфа Карнапа. Овај филозоф спада без сумње у највеће филозофе XX века, а посебно је значајан због својих радова који се баве основама науке и епистемолошким проблемима генерално. Аутор даје преглед основних етапа његовог стваралаштва и приказ еволуције његових гледишта о различитим филозофско-логичким проблемима. Посебан акценат је стављен на Карнапово дело *Филозофске основе физике* пошто у овом позном делу можемо видети коначну и зрелу позицију филозофа о многим проблемима филозофије науке. Аутор нас упознаје не само са делима овог великог филозофа, већ приказује и интелектуалну атмосферу у којој је овај стварао.

Рад *Александра Липковског* је посвећен примени математике у историји и хронологији. Ово је сразмерно нова област примене математичких метода која отвара нове епистемолошке проблеме. Историјска наука је дуго била поштеђена примене математике, све док почетком деведесетих година управо протеклог века руски математичар А. Фоменко није у хронологију увео нове математичке методе и дошао до закључка о потреби темељите ревизије уобичајене хронологије историјских догађаја. Овај чланак се бави пре свега приказом статистичких и астрономских метода и кратком анализом Фоменкове теорије и последица које из ње произилазе.

Илија Марић разматра питање о "скромним резултатима" византијске науке с обзиром на околности да је византијска држава трајала у континуитету хиљаду година и да су током тог периода радиле највише школе на којима је негована филозофија и науке. При томе су византијски мислиоци располагали текстовима античких филозофа и научника на матерњем језику и нису зависили од превода. Наведени су неки разлози који су могли допринети слабијем развоју наука у Византији. Неки су унутрашњи (затвореност античке научне теорије), а други спољашњи (конзервативни однос према наслеђу, охолост и презрив став према варварима, политичке и економске околности, карактер школства и образовања, духовни живот).

Рад *Жарка Мијајловића* нас упознаје са седам великих математичких проблема за чије решење је расписана Клејова награда. (Прву награду ове врсте добио је Ендрју Вајлс за доказ *Фермаове Последње теореме*). Набројани редом, то су следећи проблеми: *P* насупрот *NP* (*P versus NP*), Хоџова хипотеза, Поенкареова хипотеза, Риманова хипотеза, Јанг-Милсова теорија (о природи решења Јанг-Милсове једначине), Навијер – Стоуксова једначина, Бирчова и Свинертон-Дијерова хипотеза. Аутор излаже у чему се састоји сваки од ових проблема и показује да се не ради о изолованим математичким задацима, већ о мањој или већој међусобној повезаности ових.

Стојан Обрадовић разматра стандардно (ортодоксно) схватање структуре научне теорије. Дата је анализа и одређени су услови аксиоматизације изграђених и јасно формулисаних физичких теорија и идентификовани су основни епистемолошки проблеми. Дефинисани су и неки принципи изградње система аксиома физичких теорија које се од самог настанка развијају у оквиру аксиоматско-дедуктивног модела. Разматрају се ставови класика физичке науке о природи физичких појмова.

Зоран Стокић даје историјско-епистемолошку анализу односа између физичке теорије и метафизичких објашњења. Заступа тезу о међусобној повезаности физичке и метафизичке теорије у раним периодима људске културе. Наглашава улогу технике у раздвајању ових двеју теорија, што је допринело промени циља и методологије нове физичке науке. Основне парадигме старе и нове физичке теорије су аристотеловска и њутновска физика. Ова последња започиње зрело доба физике у смислу који је Дијем одредио говорећи о циљу и структури физичке теорије.

Алексеј Тарасјев разматра спор између еволуционистичког и креационистичког модела развоја живог света. Он аргументише против напада креациониста на еволуциону биологију, наглашавајући да креационисти мистификују сам појам еволуције који може означавати сам процес промена, теорију која проучава механизме тих промена и на крају еволуциону историју неког таксона. Разматрајући поглед на свет у светлу овог спора, аутор одбацује фундаментализам креациониста и сматра да се наука и религија не преклапају, већ су засебна подручја човековог промишљања света. Еволуционизам је по њему саставни део савремене биологије.

Рад *Александра Томића* је посвећен покушају Р. Бошковића да својом кривом, или законом сила, обједини све интеракције у природи у један закон. Аутор жели да покаже да овај Бошковићев покушај има више значаја него што се данас признаје. Покушана је реконструкција поступка извођења јединственог закона сила и једна његова примена која води дискретним енергетским стањима.

Милан Ћирковић наводи у свом раду додатне аргументе у прилог пројекта (који су у новије време нарочито промовисали Дејвид Дојч и Карл Свозил) расветљавања конфузије и компликација у савременом схватању квантне теорије. Наводе се аргументи да су бар неки теоријски ентитети који се конвенционално називају "интерпретацијама" заправо засебне и независне физичке теорије и као такве у принципу оповргљиве. Дат је преглед неколико веома значајних предлога за емпиријску дискриминацију између различитих квантних теорија који су се појавили током последње две деценије.

ЛИТЕРАТУРА

Хемлин, Дејвид. 2001. *Теорија сазнања*. Јасен. Никшић.

Хемпел, Карл. 1997. *Филозофија природних наука*. Плато. Београд.

Dancy, Jonathan, and Sosa, Ernest, eds. 1994. *A companion to Epistemology*. Oxford: Blackwell.

Moser, Paul; Mulder, Dwayne; Trout, J. D. 1998. *The Theory of Knowledge*. Oxford University Press.

Papineau, Dadiv. 1996. *The Philosophy of Science*. Oxford University Press.

Steup, Matthias. 1996. *An Introduction to Contemporary Epistemology*. Prentice Hall. New Jersey.

Петар Грујић

НАУКА У АНТИЦИ

ПРОЛОГ

Рађање, процват и залазак античке науке у строгом смислу одиграли су се у периоду ужем од епохе античке цивилизације која се протезала од Микенског доба до пада Западног Римског царства 476. Углавном се разликују два периода развоја егзактних наука у ширем смислу: тзв. *хеленски* период, који отприлике одговара Класичној Грчкој и који почиње у VI п.н.е., а завршава се са III п.н.е., када почиње *хеленистичка* епоха, која у науци траје до краја III н.е. Исто тако, ако се у другим областима људске делатности може говорити о грчко-римској култури, егзактне науке су скоро искључиво биле производ хеленског генија.

Иако је поуздана евиденција о томе ретка, утицај старих цивилизација, пре свега Египта и Месопотамије, на настанак науке на обалама Егејског и Јонског мора је несумњив. Грци су директно наследили египатска знања из медицине, геометрије и аритметике, док је уплив сумерско-акадског (вавилонског) знања из астрономије и алгебре на грчку мисао, иако не толико очигледан, био не од малог значаја, како у класичном, тако и током хеленистичког периода. Но као и у другим видовима своје културе, Хелени су свим овим д исциплинама дали свој аутохтони печат и читаву научну мисао

развили у таквом смеру и до таквог степена, да се може сматрати да је Хелада била колевка науке у модерном смислу. Уз сву ограду да је наше познавање античке цивилизације свакако много потпуније и адекватније него знање о старим културама Египта и Сумера, чији су апогеји били временски исто толико удаљени од класичне Хеладе као што је ова од нас данас, врста револуције коју је извео грчки дух у науци најбоље се огледа у промени односа који се имао према знању као таквом и мотивима његовог стицања. За прехеленске цивилизације, укључујући ту и оне које су се развијале на Истоку, независно од Египатске и Месопотамске и које ће овај развој наставити за време и након европске антике, знање о свету око себе која су по својем садржају и важности превазилазила домен свакодневног искуства обичног човека, имала су магијско-религиозно-практичан карактер, при чему се може говорити о еволуцији мотивације за стицањем знања отприлике оваквим временским редоследом. Све ове три компоненте биле су присутне у првој фази грчке научне револуције, како се то може видети код Питагорејаца, па и код Платона. Утилитаристичка концепција стицања и развијања апстрактног знања, колико год да је стимулисала појединце или специјалне групе (као што су биле, на пример свештеничке касте) да се баве научним истраживањима, била је истовремено и ограничавајући фактор. Тек је код грчког интелекта знање постало само себи циљ, добило вредност по себи – Хегеловим језиком наука је постала свесна саме себе. Ова усредсређеност хеленског духа на научну истину као на самосвојну вредност допринела је дотле невиђеном расту теоријског знања, апстрактног и незаинтересованог. С друге стране, практичне користи које су, макар на веома посредан начин, проистицале из оваквог апстрактног знања, биле су гаранција да се није радило о пукој интелектуалној игри, већ о напретку у рационалном поимању реалног света. Ова међуигра апстрактног и реалног, незаинтересованог и апликативног, имала је у неким наукама одлучујући значај. Но грчки афинитет према апстрактном био је толико снажан, да је то дало печат читавој хеленској епохи. Ова карактеристика хеленског духа биће утолико упадљивија у контрасту са каснохеленистичким, римским раздобљем, који је био карактерисан предоминантно утилитаристичком духовном атмосфером.

Предхеленска научна знања била су, чак и унутар једне уже дисциплине, више скуп појединачних, често сјајних, интелектуалних достигнућа, него део неког кохерентног научног система, који уочене партикуларне истине повезује у ширу логичко-методолошку целину. Та наука је била емпиријска, у најбољем случају индуктивна. Хеленски дух увео је у научну мисао два битна елемента, која су од скупа партикуларних истина створила науку у данашњем смислу: проблем реалности бића (онтолошки аспект) и захтев за демонстрирање истинитости тврђења (доказ) свођењем појединачног на опште, тј. позивањем на принципе (дедуктивни аспект). Овим се знању даје нова димензија, која омогућава конституисање науке као такве, са својом универзалном методологијом. За грчког математичара није више било довољно да је нешто истинито у смислу *евидентно*, он је морао да демонстрира *зашто* је то тако. Ова експликативна компонента науке представљаће отада камен међаш између ње и религије, па у великој мери и философије.

Нису све истраживачке активности биле у подједнакој мери подвргнуте овом утеривању строгости у њихов опус, нити је нека појединачна дисциплина попримила већ на почетку све ове методолошке одлике. Док је математика, будући парадигма егзактне науке, постала егзактна дисциплина у најстрожем смислу речи већ у оквиру питагорејске школе, дотле је медицина, вероватно најстарија вештина hommo sapiensa, остала готово целим периодом емпиријска наука, све до Галена.

Као што је филозофска мисао Антике изникла из митолошко-религиозних представа, тако је и наука у раној фази хеленског периода била више нуспродукт филозофирања него аутентична, дистинктна грана интелектуалне активности. Овај развој од слободног размишљања до конципирања једне научне дисциплине може се уочити и у еволуцији односа према природи неживе материје, тј. физике, које почиње апстрактним умовањем о могућем праелементу, односно примордијалном принципу (Аристотелов *arh'e*), да би у хеленистичком периоду завршило са дистинктним, позитивним научним дисциплинама, као што је Архимедова хидростатика. Слична ситуација је код математике – од мистицизма питагорејаца, до "схоластике" Еуклида и прагматичности Архимеда и Птоломеја. То што је проблем *arch'e* остао и даље у домену филозофије (као што је то умногоме и данас) више говори о наивном оптимизму предсократоваца, него о промашају хеленског апстрактног духа.

Просторно-географски, успон античке науке кретао се "Хегеловим путем", од Истока према Западу, захватајући тако до краја хеленистичког периода цео Егејско-Јонски басен, да би се касније у Средњем веку проширио на читаво Средоземно море. Прва аутентична имена грчке науке јављају се на Јонској (малоазијској) обали, у Милету, Ефесу, Смирни итд, као последица утицаја суседних старијих цивилизација, пре свега Феникије. Овај утицај шири се даље, најчешће миграцијом (као Питагора) према Јужној Италији. На том путу од Анаксимандра до Архимеда грчка наука није превалила само хиљаде стадија, већ је прошла све фазе од спекулативног филозофирања до позитивне науке. Глобално гледајући, ова еволуција оставила је свој печат античким епохама: док је хеленска била доминирана филозофијом, хеленистичка је значила апогеј чисте науке, да би касни римски период био сведок високе цивилизације базиране на друштвеним наукама и техници. Ово глобално померање

тежишта од апстрактног ка конкретном као да је било у парадоксалној супротности са природом развоја у неким посебним наукама, као што је била медицина или хемија.

ХЕЛЕНСКИ ПЕРИОД

Доба хеленске науке почело је са Талесом, зачетником тзв. Милетске школе, а завршава се Лицејом и првим Аристотеловим ученицима, као што је био Теофраст. Овај период био је сведок пре свега снажног развитка спекулативне мисли, која је кулминирала у Платоновим и Аристотеловим филозофским системима. Филозофска истраживања тог доба од двоструке су важности за развитак науке. Пре свега, неке научне дисциплине појавиле су се прво као интегрални део филозофије и тек касније су се одвојиле од своје матице. Такав је био случај са физиком. Осим тога, филозофска истраживања о "суштини ствари" нису могла а да не дају и карактеру позитивне науке један битно нов елеменат – онтолошки: циљ истраживања није само налажење законитости којима се могу предвидети особине и појаве, већ и апрехенција самог бића. Управо ови захтеви су резултирали у стварању хијерархијске структуре науке: од правила, преко закона, до првих принципа. Мотив научног истраживања, макар само као идеални циљ, постаје *свођење на једно*, тражење крајњих принципа. Ова експликативно – онтолошка црта грчке науке, која је залазила иза феноменалног, остаће као трајна карактеристика европске научне мисли.

Као експлицитна манифестација осамостављивања науке јавља се процес њене институционализације. Ако је појава софиста као путујућих филозофа-оратора значила професионално коришћење "мудрости", "школе" које су се образовале око истакнутих мислилаца биле су језгра слободног научавања, која ће на крају прерасти у својеврсне универзитете, какви су били Академија, а нарочито Лицеј. Ове школе

биле су отворене и јавне. Учења која су на њима пропагирана била су предмет интересовања и критике других савременика као и потоњих филозофско-научних центара. Ученици су често мењали школе, остајали у њима као нови учитељи – руководиоци, оснивали нове, често конкурентске (у идеолошком смислу) итд. Наука је, другим речима, постала јавна интелектуална активност, чиме је у њу уведена компетитивност, она црта хеленског друштва која је, вероватно, највише одговорна за онај историјски феномен који се зове "Грчко чудо". Иако још није било библиотека, ни јавних гласила, научни списи су се могли набавити, макар и куповином. Но са изузетком хипократског и аристотеловског корпуса, остало је врло мало аутентичних података из науке овог периода. Слобода научавања није била апсолутна, бар не у погледу оних дисциплина које су се тицале идеолошко-религиозних основа државе-полиса. Но забринутост државе за могуће непожељне последице екстремних научавања, којима се поткопавала, нпр. религиозна свест грађана, тицала се научне активности само утолико, што су истакнути научници обично били и филозофи. Пример нетолерантности, какву је, према традицији, испољило становништво Кротона према Питагорејцима (који, са своје стране, изгледа нису били узор умерености), поновиће се, *mutatis mutandis,* две хиљаде година касније у случају Ђордана Бруна, чија је иконокластичност компромитовала у очима цркве његово ерелигиозно учење о мноштву светова. Но већу опасност по питагорејску школу био је њихов сопствени проналазак ирационалне величине, односно ирационалног броја, који је претио да изнутра сруши њихову централну догму, заснована на идеји целог броја. То што је унутар ове идеологије "ирационални уљез" преживео говори о интелектуалној ширини грчког генија, која ће у облику Аристотеловог коментара свог односа према науци вољеног учитеља постати парадигма слободе духа.

Хеленски период је био сведок универзализма духа, инкарнираног у појединцима, феномену који се више неће поновити на тако великој скали у историји цивилизације. Поред општег, дотада невиђеног узлета људске мисли у старој Хелади, ова плима универзалности природни је резултат у историјској етапи конституисања филозофије и науке као самосвојних и самосвесних интелектуалних активности. Општи раст знања у грчком свету, праћен интензивном комуникативношћу, пружао је могућност и мотивацију за свеобухватност, а с друге стране тај фонд знања неће бити толико велики да се не може усвојити. Антика ће тако дати Талеса, Еудокса, Аристотела, Архимеда, Ератостема, Демокрита, Хипократа, Платона, Посејдонија, Галена и др. Ако се ширина интереса код неких објашњава практичним потребама, будући да су стајали на челу приватних свеучилишта, наше дивљење мултидисциплинарном активношћу других више је ствар савремене специјализације, која је у класичном периоду била тек наговештена. Осим тога, прехеленистичка наука била је нешто другојачије раздвојена по дисциплинама и стари називи често прекривају више области према савременој подели, какав је случај, на пр са Аристотеловом "Метеорологијом", у којој се, иначе овај термин среће по први пут.

Наше познавање научне мисли овог периода непотпуно је и највећим делом потиче из друге руке, преко Платона, Аристотела, Теофраста и доксографа уопште. Изузетак чине два опуса која су скоро потпуно сачувана и која својом монументалношћу стоје као масивни антички храмови: Хипократски корпус и Аристотелов опус из природне филозофије, која заједно са Теофрастовим списима из ботанике представља управо конституисање биологије као егзактне науке.

Схваћена као наука а не као вештина, медицина је била најстарија истраживачка дисциплина старих Грка, која је

вукла традицију из предхомеровског херојског доба. Хомеровог чудотворног лекара под Тројом, Асклепија (Ескулапа) касније генерације прогласиће за бога медицине и у хеленској епохи биће подигнута бројна лечилишта – асклепиони широм Грчке, од којих су најпознатија била она у Епидауру и Пергаму. Методе исцељивања у овим "светим местима" нису, међутим имале много заједничког са позитивном медицинском науком. Потпуно одвојено од овог заказнелог еха преисторијске магије, којој се међутим не могу одрећи извесни успеси у примени метода (ауто)сугестије, комбинованим са неком врстом бањске терапије, развиле су се праве медицинске школе, од којих су најпознатије биле оне на Косу и Книду. Чињеница да су обе називане и асклепијадским упућује на њихово могуће порекло из Хомеровог света. Организација истраживања у овим центрима, као и висок ниво њихове методологије, чине ове медицинске установе панданима модерних медицинских факултета. Старија Книдска школа била је више емпиријског карактера, иако је у списима очигледан напор да се прецизирају узроци болести. Теоријска мисао ове школе, међутим, далеко је заостајала за практичним резултатима, који су остајали ван домашаја експликативне снаге книдских медицинара. Школа Коса, окупљена око Хипократа, дала је велики допринос развитку медицинске науке строгим захтевима у методологији посматрања и испитивања болести. Иако је показивала експлицитну одбојност према спекулативном, научна мисао Хипократове школе захтевала је студиозно размишљање над чињеницама, што је читавој школи давало рационалистички карактер. Прилаз медицинским проблемима откривао је тежњу за универзалношћу, укључивањем биологије, психологије, физичке географије, социологије, астрономије и др. Научни дух гајен на Косу провејава у њиховим списима, који се одликују снажним критичким духом, како према туђим, тако и својим сопственим резултатима и тврђењима.

Комплетирана са њиховим високим захтевима лекарској етици, Хипократова медицинска доктрина умногоме је задржала своју вредност и данас.

Иако није много познат домет улоге самог Хипократа медицинској мисли Коса, улога која помало као да потсећа на ону Питагорину међу његовим ученицима и следбеницима, он је несумњиво велик. Између осталог, овај савременик Платона први нам је оставио у наслеђе појмове унутрашњег чула и подсвести.

Пресократовска епоха подарила је класичном периоду знање о сферном облику Земље и небеских тела, као и идеју о концентричним сферама на којима су фиксиране звезде, са космосом подељеним у две зоне: небески и сублунарни свет. Иако ће свој пуни процват доживети тек у хеленистичком периоду, класична астрономија је, нарочито у теоријским аспектима, направила велики напредак у односу на достигнућа својих претходника. Развитак астрономске науке, међутим, имао је у овом периоду сличну судбину као и неке друге дисциплине, на пр метеорологија: пресократовски период "физичара" дао је неке смеле интерпретације астрономских појава, које су садржавале клице хелиоцентричног система, који ће нешто касније Аристарх заиста и формулисати. С друге стране, Платонова метафизичка слика света концентричних сфера, инспирисана питагорејском концепцијом, биће елаборирана у један ингениозни геометријско – кинематички модел од стране Еудокса и најзад конкретизована код Аристотела у прави физички систем. Овај концепт космоса, базиран на Земљи као непокретном центру, завршиће у рукама Птоломеја као ингениозно разрађен геоцентрични систем света. Победа спекулативних философских система над луцидним парцијалним обсервацијама значиће владавину геоцентричне заблуде све до Коперника.

Иако есенцијално философског карактера, теоријске спекулације о структури и настанку Космоса, као легитимни

наставак митолошких представа, по својим методолошким карактеристикама спадају у домен научног умовања. Модели стварања и еволуције васионе обогатили су фонд наших категорија појмовима као што су: хаос, стварање (генеза), еволуција, тотални простор, глобално (светско) време и др. Иако нису дали дефинитивна решења (ми их ни данас немамо), самим постављањем проблема порекла свемира и његове судбине, Хелени су свету око себе, схваћеног у свом тоталитету, дали статус научног објекта, и тиме повукли црту између езотеричних религиозних представа и јавне, слободне размене идеја о крајњим метафизичким проблемима постанка и опстанка. Овај нови карактер космологије није могла озбиљније да уздрма ни увођење неких антрополошких представа, какве ће презентирати на пр Платон у "Тимају" својим Демијургом, или позивањем на апстрактног Првог Покретача код Аристотела. За разлику од неких других народа који су брзо канонизивали своју митологију, Грци ће стварати Свет читаво време и свако за себе, што је с једне стране био израз њихове слободе изражавања, а с друге необавезујуће спекулативности.

Утицај философски настројеног грчког духа на карактер појединих интермедијарних дисциплина најбоље се илуструје у случају математике, која је прва постала "чиста наука", највише захваљујући инсистирању философа на методолошкој строгости и онтолошкој комплетности. У том погледу питагорејска школа има пионирску улогу. Њој припада и једно од највећих открића античке математике (поред Питагорине теореме) – проналазак ирационалног броја. За друга два велика достигнућа заслужан је Еудокс: теорија пропорција и метода исцрпљивања. Прва ће бити основа теоријске алгебре, док ће друга водити директно до инфинитезималног рачуна. Највећи напредак, ипак, направила је геометрија, како ће се видети из Еуклидовог опуса. Решење

проблема трисекције угла спада, такође, у овај период, као и добар део теорије конусних пресека.

Најмањи напредак направљен је у погледу физике и хемије, у строгом смислу речи. Ако се апстрахују философске спекулације "физичара", највредније достигнуће предсократовског периода била је атомска хипотеза Леукипа и Демокрита. Но она је била тако далеко и изван досега "позитивне науке" те епохе, да је требало чекати скоро два и по миленијума да атоми "угледају светлост дана". Аристотелова "Физика" остала је на нивоу "философије природе" у модерном смислу највише стога што није успела да одговори на фундаментално питање динамике – узрок кретања материјалних тела. Иако базирана на погрешној концепцији механизма виђења, оптика је дочекала хеленистички период у прилично развијеном виду. Са своје стране, пак, хемија није била ни конституисана као посебна дисциплина, иако (или баш зато што) је спекулисање са основним елементима и њиховом међусобном претварању било незаобилазни део философских система готово свих пресократоваца. Упркос овоме ни у једној другој класичној дисциплини није теоријска мисао била толико инфериорна практичном знању. Слично важи и за минералогију и метеорологију (у данашњем смислу).

Најзначајнији допринос акустици била је питагорејска теорија музичке лествице, иако је музичко умеће старих Грка сведочило о високом нивоу практичне акустике.

Поред математике и медицине биологија је направила највећи напредак. Ако се изузму спекулативни покушаји "физичара", од којих су неки имали изненађујуће висок домет, као на пр Емпедоклова својеврсна теорија еволуције живог света, централни допринос биологији дала је перипатетичка школа. Аристотелов опус посвећен зоологији одликује се особинама које га чине првим научним делом природних наука: (I) експозиција проверених чињеница, заснованих највећим делом на аутентичној евиденцији аутора;

(II) строга систематизација података, према објективним критеријумима. Сходно универзалној ондашњој тежњи за свођење на мали број принципа, Аристотел прави најопштију поделу према топлоти крви животиња. Читава структура, заснована на хијерархијски уређеним категоријама ред, врста итд као да је отелотворила Стагиранинову теорију о логичком закључивању. У списима посвећеним биљкама Теофраст је направио корак даље од свог учитеља, у својој тежњи за објективним и исцрпним приказивањем, ослобођеним овог пута свих телеолошких примеса.

ХЕЛЕНИСТИЧКИ ПЕРИОД

Процват античке науке, који је доживела у периоду II в.п.н.е. – III в.н.е. резултат је с једне стране успона хеленске науке, који јој је претходио, а с друге стране неких спољашњих чинилаца, у првом реду политичких промена које је донело Александрово освајање. Ако се брз развитак неких дисциплина претходног периода могао објаснити ослобађањем науке од непосредне корисности и њеном самосвешћу, сјајни интелектуални резултати чисте науке, временски омеђени именима Архимеда и Галена, могу се добрим делом објаснити променом њеног положаја у друштву. Образовањем "института" типа Александријске школе, наука добија нов друштвени статус, а бављење науком постаје професионална активност у правом смислу речи. Не само да поједини истраживачки центри добијају нов карактер, већ се и њихов број шири, пре свега под заразним утицајем александријског примера. Научна жижа хеленистичког света помера се тиме у престоницу Птоломеја И. Сотера, који оснивањем Музеја и Библиотеке окупља интелектуалну елиту свог доба, која ће пет векова давати научне резултате највишег домета. Атина остаје и даље престоница философије (и реторике), али се појављује читав низ нових центара, од којх су

неки, као Кос и Сиракуза, имали већ научну традицију; неки центри су, пак, у појединим периодима конкурисали и самој Александрији. Међу овима проминентно место заузимају градови: Пергам, Антиохија, Пела, Смирна, Ефес, Родос и др.

Теофраст је први уредио перипатетичку школу на начин који подсећа на модерне високе школе, са салом за предавања и библиотеком, просторијама за професоре и ученике и др. По узору на овај "Музеј", како је назван према питагорејској традицији, Деметриус из Фалере изграђује за Птоломеја Сотера Музеј у Александрији, на много већој скали, као и Библиотеку, која ће у свом апогеју имати преко 700000 књига. Музеј је био конципиран као институт за високе студије и садржавао је, поред осталог, салу за дисекцију, астрономску обсерваторију, као и зоолошки врт са егзотичним животињама. Чланови Музеја, којих је било стотинак, издржавани су о трошку државе и сем научних нису имали других обавеза. Већина највећих научних умова тога времена проводила је дуже или краће време у овој научној Меки хеленистичког света.

Музеј је имао два департмана, "философски" и "филолошки". Овај други бавио се граматичким наукама и заправо је овде рођена филологија у правом смислу речи. Философија је, са своје стране, обухватала: математику, астрономију, географију и медицину, мада су медитације метафизичког карактера остале и даље део активности посвећених философији природе. Кроз Музеј су прошли, између осталих: Ктесибије, Еуклид, Стратон, Ератостен, Аполоније, Хипарх, Херон, Менелај, Птоломеј, Диофант, Папус и Теон, као и Архимед. Стимулативна интелектуална атмосфера, размена, како идеја тако и особља са другим центрима, као и ослобођеност од материјалних брига, учинили су Музеј интелектуалним центром који је зрачио више од пола миленијума, дижући поједине дисциплине, као астрономију и меди-

цину до неслућених висина и отварајући нове гране науке, као математичку географију и др.

Ремекдело највећег античког математичког ерудите и експозитора Еуклида, "Елементи" представљало је својом систематизацијом свега дотадашњег знања математике природни завршетак класичног периода и почетак нове хеленистичке епохе, која ће дати читаву плејаду математичара првог ранга. "Елементи" не само да остају као грандиозни подухват енциклопедијске презентације једног научног фонда, већ ће све до данас бити узор свих покушаја аксиоматизације појединих научних дисциплина, по угледу на Еуклидову геометрију, укључујући ту и саму философију (Спиноза). Исто тако, многа пређашња достигнућа остала су нам једино преко овог дела. Ово нарочито важи за Еудокса, који тек захваљујући модерним истраживањима израња као најкреативнија фигура античке математике уопште, а посебно алгебре и анализе. И поред неких мањкавости у експозицији материјала, "Елементи" остају поред Птоломејевог "Алмагеста" најдрагоценији плод Александријске школе. Са Архимедом, пак, научна мисао Антике добила је један други тип универзалног генија математичко – физичких наука, тип који ће се у европској традицији репродуковати још само у личностима Њутна и Гауса ("златни тролист" егзактних наука): математичар, физичар, астроном, механичар, Архимед је поставио темеље двама физичким областима: статици и хидростатици и припремио пут за диференцијални и интегрални рачун постренесансне Европе. Овај Сиракужанин је био први природњак највишег ранга који је научну активност схватао и реализовао у свом својем тоталитету. Теоријско и експериментално, формално и утилитарно, апстрактно и апликативно, били су за њега само посебни аспекти једне целовите стварности, коју је он разоткривао синтетичком методологијом, која је креативну интуицију уздигла изнад уобичајене дихотомије индуктивног и дедуктивног.

Радови Аполонија на алгебарској геометрији, у првом реду из области теорије конусних пресека, као и Диофантова алгебра, представљају два друга врхунца математичког грчког генија хеленистичке епохе. Ако се овима додају доприноси Птоломеја, у првом реду развитку тригонометрије, затим сферна геометрија Менелаја, може се рећи да су овим основе модерне математике биле постављене на широким и чврстим темељима.

Херон Александријски, из I в.н.е., оставио је велики опус посвећен примењеној геометрији, геодезији, као и логистици (тј. нумеричком рачуну), који, пак, као да следи пре вавилонску него грчку традицију. Најзад, Папусово дело "Математичка збирка", из III в.н.е., пуно непроцењиве документације, као да ставља црту на математичку литературу хеленистичког периода, омеђену на почетку Еуклидовим "Елементима".

Теоријска астрономија, чији се развитак може трасирати назад све до Еудокса и његовог модела сфера, доживела је у овом периоду пуни процват. Хеленистичка епоха била је сведок рађања две концепције устројства света – геоцентричног и хелиоцентричног система. То више нису биле геометријско – метафизичке конструкције хеленског периода, већ прави физички модели, иза којих су стајале специфичне теорије, које су објашњавале обсервиране појаве планетарног кретања. Теорија Аристарха са Самоса о Сунцу као центру звездане сфере, са Земљом и планетама које се окрећу око тог центра, са сопственом ротацијом нашег глобуса, садржавала је све битне елементе Коперниканске схеме. Но тријумф ће доживети Птоломејев високо елаборирани геоцентрични систем, са свим својим епициклима и ексцентрицитетима. Између Аристарха и Птоломеја, доминирајућа фигура јавља се Хипарх, несумњиво највећи астроном Антике, чији је допринос практичној астрономији, као и математичкој географији, био одлучујући у формирању астро-

номије као природне науке. Између Аристарха и Птоломеја осећао се, такође, јак утицај вавилонске астрономије, пошто је сам Хипарх користио њихов обсервациони фонд, али исто тако и уплив астрологије, која се у Месопотамији појавила у V в.п.н.е. Птоломејева теорија планета представља круну грчке астрономије, која ће владати овом дисциплином све до Ренесансе. Вековну тензију небеске механике између атистотеловске догме о униформној ротацији сфера и обсервираних небеских појава Птоломеј дефинитивно разрешава у корист геоцентричне концепције, која неће бити мала потпора хришћанском погледу на свет у следећем миленијуму европске културе.

Иницирана од стране Аристотела и Дикеарка, математичка географија ће у Ератостену, Хипарху и Птоломеју имати шампионе, који ће од ње створити праву егзактну науку. (Ако су сва тројица бриљантни примери плодности александријске школе, Ератостен је био истовремено њен прави производ, будући истовремено математичар, астроном, географ, поета, историчар и лингвист). Њиховим радовима Земља по први пут у историји постаје, макар индиректно, објекат посматрања и мерења. Напредак картографије, као последица развитка пројективне геометрије, у чему се главну улогу играли Марин из Тира (ортогонална пројекција (Меркаторова)) и Птоломеј, који је математичкој географији исто толико снажан печат, колико и астрономији. Поменимо, најзад, и допринос Ератостена, Посејдонија, Сенеке и Плинија Старијег у спознаји природе плиме и осеке, као последице присуства Месеца. Заједно са електричним и магнетним феноменима, ова појава биће одлучујућа за формирање концепције дејства на даљину и појма силе уопште, у постренесансном периоду.

Ако је хеленистичка епоха доживела формирање дистинктних области физичких наука као што су статика, оптика, акустика, одлучујући корак у разумевању узрока кретања и формулисању квантитативне динамичке теорије није био направљен, иако су неки истраживачи били на прагу откривања инерцијалне силе и дејства на даљину. Чињеница да се главна активност на нивоу фундаменталне физике одвијала у оквиру философских спекулација епикурајаца и стоика говори о дегенерацији теоријске физике. Централна фигура у овој области био је перипатетичар Стратон из Лампсака, који је дошао до значајне синтезе демокритске и аристотеловске концепције микросвета. Истовремено његов афинитет за непосредно изучавање физичких феномена као да је наговештавао продор који ће у физичкој науци направити много касније Галилеј.

Хемија ни у овом периоду није успела да избори место на стаблу егзактних наука. Истраживања о претварању супстанци једних у друге узела су, пак, почетком епохе помало неочекивани заокрет – према источњачком мистицизму, што је резултирало у појави алхемије, са сном о трансмутацији елемената и "камену мудрости" – *еликсиру* (од грчког ξεριον – састојак). Алхемија, која је у овој епохи имала шампионе у Болосу и Зосими, наставиће да живи током читавог Средњег века као сурогат хемијске науке, баш као што је то било са астрологијом у односу на астрономију.

Биологија, такође, није наставила истраживање на нивоу претходне епохе. Иако је ботаника у Диоскуриду имала свог Теофраста, зоологија није произвела ништа ранга Аристотелових биолошких списа. Дело Плинија Старијег у том погледу сведочи о дегенерацији стваралачке мисли у овој области, иако му се не може оспорити ерудитивност. С друге стране, интерес биологије пренет је са животиња на човека, пре свега радовима Посејдонија који је засновао антропологију, а нарочито у оквиру медицинских наука, које су у хеленистичком периоду доживеле перманентни развој и највиши домет. Као и у математици и астрономији, централну улогу у развитку медицине играла је александријска школа,

којој су главни карактер дала два медицинара: Херофил и Ерасистрат, настављачи рационалистичке традиције Коса и емпиристичке школе Книда, респективно. Поред ових праваца, развијају се, такође, и друге школе, као што је методичка (хипократске традиције), пнеуматичка, еклектичка (којој ће припадати и Гален). Херофил се сматра оснивачем анатомије, а Ерасистрат физиологије, као егзактних наука. Допринос Херофила у изучавању нервног система, као и Ерасистрата у студирању крвног и респираторног система, дали су снажан импулс медицинским истраживањима, која су у Риму узела широке размере, нарочито на практичном плану. Три су имена римске епохе која ће доминирати медицином до појаве Галена: Руфус и Соранус из Ефеса и Аретеј из Кападокије, чији су доприноси офталмологији, гинекологији, као и дијагностици и терапеутици акутних и хроничних болести, респективно, били од непроцењиве вредности, све до формирања модерне медицине.

Са појавом Галена античка медицина је доживела свој апогеј. Ширином свога схватања медицинске науке и праксе у свом њиховом тоталитету, Гален је медицини дао карактер целовите и добро дефинисане науке. Следбеник Платона, Аристотела и стоичара, Гален је у своја истраживачка разматрања уносио и неке метафизичке елементе, као што је аристотеловска телеологија, али су његови доприноси анатомији, физиологији, патологији и дијететици били епохални са чисто научне тачке гледишта. Као и читава античка медицинска школа, почевши од Хипократа, Гален је нагласак стављао више на дијететичке и профилактичке мере, него на само лечење.

Осим у неким аспектима хирургије, окулистике и стоматологије, медицина после Галена доживљава пад. Вредна помена је само ветеринарска наука, која се развија највише у Риму, мада је то била Грчка која је дала значајан допринос хипијатрији.

ЕТРУРСКА И РИМСКА НАУКА

За разлику од Грка и Римљана, етрурско схватање света око себе није никад излазило изван круга религије. Овај аутохтони народ Тоскане био је првенствено окупиран не узроцима природних појава, већ њиховим божанским значењем и последицама по човека. Из ове бриге да се разумеју божански знаци и предвиди ближа или даља будућност произашла су, међутим, многа пажљива осматрања, пре свега астрономска и метеоролошка. Етрурска мисао, какву је сазнајемо преко посредних римских сведочанстава, пошто њихово писмо није дешифровано, појављује се као атавистичка трансмиграција халдејско – вавилонске концепције света, пренесене непознатим путем из Месопотамије у Тоскану. С друге стране, њихов градитељски таленат и висок ниво техничког знања уопште, као и завидан ниво медицинске вештине, нису могли остати без утицаја на римску цивилизацију, која их је у извесном погледу наследила.

Допринос римске цивилизације научној мисли антике био је једва нешто већи од етрурског. Чак и у делима високе научне вредности, као што су неки списи Сенеке, затим Плинија Старијег, Лукреција Кара и др, готово да се не могу наћи значајнији елементи оригиналног доприноса. Римска култура је у том погледу остала у сенци грчке науке. Као и у уметности, најзначајнији допринос римске цивилизације светској науци била је, макар фрагментарна, репродуктивна документација хеленских достигнућа. Интерес Римљана за науку био је превасходно утилитаристички, као уосталом и у религији, и осим друштвених наука, као што су правне, историјске, лингвистичке и војне, римска мисао остаје компилаторска и експозиторска. С друге стране, техничке иновације, а пре свега импресивни технички подухвати, говоре о изразитој склоности ка практичном и евидентном. У сва-

ком случају, дела Лукреција Кара, Плинија, Витрувија и др имала су несумњиво велики утицај на средњевековну културу Европе.

ДЕГЕНЕРАЦИЈА И НЕСТАНАК АНТИЧКЕ НАУКЕ

Античка наука делила је општу судбину грчко – римске цивилизације и нестала са падом Западног Римског царства. Но знаци њене декаденције појавили су се много пре него што су се први варварски народи устремили на Римску Империју. Исти историјски преокрет каква су била Александрова освајања афро – азијских цивилизација, значио је почетак краја науке, упркос процвату научне активности коју је иницирао. Утицај који је хеленски свет трпео од много старијих култура Истока није могао а да не акумулира постепено оне елементе источњачког мистицизма и ирационализма, који су у западном делу Римске империје били скоро потпуно превазиђени. Тај утицај појавио се прво у оквиру религије, да би кулминирао у настанку квазинаучних дисциплина, какве су биле астрологија и алхемија, које су рационалном духу грчко – римског света понудиле универзална мистична решења, која су бар по интенцијама досезала до краја пута којим је споро ишла научна мисао. Било непосредним уношењем, било калемљењем на аутохтоне доктрине, као што је платонска, мистично – религиозна плима претворила се у јудео – гностички талас хришћанске догме, који је за пар векова потпуно потопио Римску Империју. Наука се нашла у окружењу разних веровања, која су се наметала не интелектуалном борбом, већ "просветљењем". Иако је хришћанска црква у знатној мери променила свој одбојни став према хеленској култури и чак прихватила, *mutatis mutandis*, неке резултате античке науке, идејна основа читаве научне мисли била је исцрпена новом идеологијом, базираном на *credo,* а не на *episteme.*

Када су варварске најезде, пре свега германских народа, срушиле трошну зграду Римске Западне империје, грчка наука није већ више била живи организам, већ само компилаторско – епигонска школа. Чак ни организовани напор у IV в.н.е. под Константином и Теодосијем, да се удахне живот у науку старих није био ништа више од подупирања мртвог стабла. То стабло се срушило на Западу заједно са Римом.

ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ АНТИЧКЕ НАУКЕ

Општа црта хеленског духа – тежња за универзалношћу – дала је печат грчкој науци. Ова тежња је најуочљивија у фази пресократовске хеленске епохе, када су "Физичари" конципирали свако за себе мање – више свеобухватне философске системе, макар у понешто наивној форми. Афинитет према универзалном реализовао се у науци као тежња да се мноштво сведе на јединствено, (покушај који је Парменид у философији довео готово до апсурда), али је за науку значио појаву дедуктивног метода, који је Аристотел разрадио у својим логичким списима, а Еуклид отелотворио у "Елементима". Наука постаје царство функционално корелисаних истина, која свака има тежину према месту на хијерархијској лествици – појављује се унутарња структура, која омогућава да се говори о целини. Увођењем хипотезе, односно постулата, научна методологија добија могућност формулисања науке која трансцендира саму стварност – научна дисциплина сада може бити ентитет по себи, без позивања на искуство, како ће то да се схвати формулисањем прве неевуклидске геометрије, на пр. На тај начин наука постаје аутономна, али истовремено и јавна интелектуална активност, јер се може прихватити или критиковати. Списи научног садржаја циркулисали су слободно – научна комуникација није више била само предаја знања с генерације на генерацију унутар затвореног круга. Од мистичног питагорејског езо-

теричног друштва до александријске библиотеке и система "студијских боравака" наука се конституише у слободну активност, са резултатима који добијају "тржишну вредност". Истовремено, антички свет још увек је задржао многе елементе праисторијске ирационалности и мистике, које су се често сретале у истим личностима, ауторима сјајних научних достигнућа, од чега нису били имуни ни један Аристотел, Птоломеј или Гален. Та црта мистичног и ирационалног остаће у европској култури, преко Њутна и Лајбница, све до данас.

ЕПИЛОГ

Утицај источњачких научних знања на појаву и развитак грчке науке био је несумњив, иако о томе имамо мало поузданих података. Већ сама традиција да су готово сви филозофи и научници од реномеа ишли на "ходочашће" у Египат и/или Месопотамију, иако непроверљиве у већини случајева, индицира респект који су Грци имали према старим културама. И као што ће нам велики број хеленских максима стићи у латинизираном виду, може се претпоставити да су многа ранија знања, прошавши кроз хеленски "филтер" сачувана као плод грчког генија. Ова отвореност грчког духа за туђа достигнућа, с друге стране, допринела је бурном развитку њихове културе, а посебно науке.

Утицај који је античка наука имала на средњевековну мисао био је вишеструк. Крајем римског периода јављају се у Западном царству преводиоци и коментатори, попут Марцијануса Капеле, који је за образовање омладине компоновао тзв. *trivium* (граматика, диалектика и реторика), као и *quadrivium* (геометрија са географијом, аритметика, астрономија и музика (са поетиком)), који ће бити узор средњевековним европским схоластичарима. Још реномиранија у том погледу су имена Боаца (који је живео одмах после пада

Римског царства) и који је оставио драгоцене компилације Никомаха, Еуклида и Птоломеја, као и Космодора, његовог савременика, који је организовао издавање праве античке енциклопедије. Византијско царство, као легитимни наследник античке Грчке, наставиће традицију неговања научне мисли, али са много мање успеха. Оригинални допринос Византије био је скроман, али се нешто од живе хеленске културе задржало у Константинопољу све до његовог пада 1453. Када се известан број византијских научника после овога склонио на Запад, тачније у Италију, искра грчког духа коју су пренели запалиће велику ватру европске и светске Ренесансе.

Александар Гордић

КЛАСИЧНЕ ТЕОРИЈЕ ОПРАВДАЊА ИНДУКЦИЈЕ

УВОДНА РАСМАТРАЊА

Логички проблем индукције потиче из њене немогућности да пружи поуздана сазнања, тј. из њеног обележја да се, самим тим што она, за разлику од дедукције, пружа проширујуће сазнање, закључак може испоставити као емпиријски неистинит премда су премисе истините, а расуђивање ваљано. Непоузданост индукције је од Хјума (иако је и раније у модерно доба било наговештаја о непоузданости и неизвесности индукције – в. нпр. Milton 1989: 788-789, где се класификују четири степена индуктивног скептицизма) представљала један од главних "скандала философије", јер је последица био увид да је о емпиријским повезаностима у стварности (а првенствено о узрочности) немогуће стећи поуздано сазнање. Индуктивно закључивање би се морало ослањати на неки општи принцип (попут униформности природе), али би његово априорно доказивање било немогуће, а апостериорно утемељење циркуларно (тј. већ би унапред била претпостављена његова ваљаност).

У вези с индукцијом постављају се питања да ли је уопште треба оправдавати, како то ваља учинити и може ли се она заиста оправдати. Имајући на уму да већина теоретичара наслеђује Хјумов увид да је проблем оправдања индукције нерешив у принципу (јер се она не може оправдати строго логички, тј. дедуктивно, а индуктивно оправдање би било циркуларно), може се рећи како различите варијанте оправдања пре покушавају да пруже извесно образложење него оправдање или утемељење индуктивног закључивања, нарочито упоредо с општим прихватањем тезе да је немогуће емпиријско сазнање које би се одликовало нужношћу, поузданошћу или неисправљивошћу. Макс Блек разврстава

проблем индукције на општи проблем оправдања, компаративни проблем (процене ривалских индуктивних процедура) и аналитички проблем (рационалног основа оцене индуктивних закључака).

За то је од пресудног значаја једно изведено питање – да ли се могу конструисати индуктивне процедуре које би биле оправдане на основу функције коју врше у научном истраживању, те дâ ли се за њих показати да су плаузибилније и ефикасније од ривалских поступака? Једну варијанту прагматичке процене прихватљивости методолошких правила на основу историје науке обликовали су Лакатош, својом прокламацијом да је историја науке тест нормативних методологија, и Лаудан, својом концепцијом нормативног натурализма, према којој се успешност методолошких правила вреднује на основу њихове доказане делотворности у историји науке. Чини се да би овде могли лежати и наговештаји за превладавање класичног епистемолошког проблема индукције и његово уоквиравање кроз захтеве научне праксе. Дакле, сходно оваквој перспективи, кључно питање не би гласило да ли се могу пружити неки крајњи темељи или ослонци индуктивног расуђивања, него да ли индуктивни поступци примењиви у научном истраживању доносе резултате који се од њих очекују.

РАЗЛИЧИТА ТРАДИЦИОНАЛНА ОПРАВДАЊА ИНДУКЦИЈЕ

Гледишта која прокламују да је индукцију могућно оправдати могу се сврстати у (мета)индуктивистичка (оправдавање на основу искуственог уопштавања из претходних успешних примена индуктивног закључивања), дедуктивистичка (саображавање индукције дедуктивним канонима постављањем извесног најопштијег принципа из којег се могу извести индуктивна правила или пробабилизација индуктивног закључка, која га чини аналитичким), интуиционистичка

или априористичка (инаугурисање неких принципа који индукцију чине интуитивно ваљаним обликом закључивања) и прагматистичка (позивање на већу плаузибилност и успешност употребе индукције у односу на друге потенцијалне методе стицања емпиријског сазнања). Становишта која се строго држе тврдње да је оправдање немогуће могу се класификовати у скептичка (која почивају на ставу да је узалудно пружати ма какво оправдање), психолошка (која одустају од логичког утемељења, али прибегавају тражењу психолошких основа за индуктивно расуђивање, посматрајући тако и сâм проблем оправдања као психолошки) и лингвистичка (која прокламују да је оправдање индукције псеудопроблем и да се он може растворити уклањањем појмовних збрка и променом говорних стандарда).

Наравно, ови приступи се делимично могу комбиновати – нпр. оглашавање логичке немогућности оправдања не искључује прибегавање некој другој врсти образложења или мотивисања (прагматичком или психолошком), а новије теорије управо и стреме интегралном приступу проблему индукције, који укључује расматрање улоге индукције као облика закључивања у свеукупном стицању сазнања (испитивање условâ примене, комплексности индуктивног расуђивања, узајамне зависности разних облика закључивања итд). Чак је и Попер, који је декларативно одбацивао индукцију у процесу научног истраживања, признао да емпиријски разлози понекад могу пружати основ за преференцију једне теорије у односу на другу, чиме је имплицитно посегао за прагматичким оправдањем (а донекле и индуктивним, јер се посредно претпоставља да ће боља теорија продужити да се таквом показује и у будућности).

а. Индуктивистичка оправдања индукције

Као представници овог облика оправдања обично се наводе Рајхенбах, Макс Блек и Брејтвејт, а њима би се могао при-

бројати и Перс са својом концепцијом асимптотске конвергенције граничној учестаности у низу догађајâ. Најпознатија индуктивистичка одбрана индуктивног закључивања може се наћи у Рајхенбаховом *Искуству и предвиђању*, где он у §§ 38-41 & 43 (Reichenbach 1938: 339-373, 387ff), упућујући на не-аналитичку природу индукције, поуздање у индукцију везује уз продужавање одређеног низа догађајâ чија се фреквенција приближава утврђеном лимесу. Указујући да је Хјумова анализа оправдања погрешна, јер почива на претпоставци о могућности доказа да ће закључак бити истинит, Рајхенбах истиче како је задатак индукције да најбоље одговори својој сврси, тј. да пружи, у односу на оно што знамо, најбоље нагађање о будућности, или, прецизније, њен циљ је да се нађу низови догађајâ чија фреквенција појављивања тéжи ка некој граници (за шта је потребан известан предвидив свет). Ако је такву границу могуће наћи, то се најпре може учинити индуктивним методом, чији резултати подлежу накнадном модификовању и самоисправљању. Према Салмону (Salmon 1968), Рајхенбахов аргумент за метод утврђивања униформности оправдава сва "асимптотска" правила, а услови за оправданост индуктивних правила били би асимптотска конвергенција, услов нормализованости и критеријум језичке инваријантности. Фреквенцијски искази су синтетички по свом карактеру, па се од њих никад не може тражити извесност. Када се теорија вероватноће примењује на појединачне случајеве у сврху деловања, користе се правила методологије индукције ради одређивања тога коју вредност вероватноће треба прихватити. Према томе, ту је примена индукције ствар елементарне рационалности, премда логички проблем индукције и даље преостаје. Дакле, по Салмоновом мишљењу, проблем индукције се може реинтерпретисати као проблем прихватања правилâ за одређивање веродостојности индуктивних сведочанстава (стандардâ примерености и компаративне успешности правилâ), али се та правила могу оправдати једино индуктивно.

Макс Блек и Ричард Брејтвејт су своје индуктивистичко оправдање индукције темељили на честој успешној примени индукције у прошлости, при чему су циркуларност настојали да отклоне указивањем да је ту у питању други, метаниво, а не објект-ниво појединачних индуктивних закључака. Тако је сâм Блек тврдио да његово оправдање није индуктивистичко (што само илуструје двосмисленост класификације разних оправдања), као и да није циркуларно, у смислу да премисе не претпостављају истинитост закључка, јер се закључивање о успешности врши на нивоу правилâ, а не појединачних класа. Неки теоретичари су сматрали да се циркуларност ипак појављује, али у погледу самог индуктивног правила, што је нешкодљиво, јер се не подразумева веровање у сáмо правило закључивања, пошто се његова успешност утврђује независно. Циркуларност би се можда дала неутралисати и тврђењем да су приликом ранијих индукција претпостављана извесна правила, а да се онда показује да је њихова примена водила успешним закључцима – у том случају сама правила нису добијена индуктивним путем, него је њихова успешност проверавана индуктивно, пошто се другачије то ни не може извести (при чему се у овој прелиминарној провери индукција користи као *logica utens*, а у њеном накнадном нормативном прокламовању као *logica docens*). Но, како сâм овај поступак садржи извесне прагматистичке конотације, то је још један индикатор сродности индуктивистичког и прагматичког оправдања индукције, пошто се претходна успешност индуктивних правила може тумачити и као индуктивистички и као прагматички мотив њиховог настављаног практиковања.

Чини се да је код процене пређашње успешности индуктивних закључака важније узети у обзир диференцијалну успешност, односно корелацију успеха с одређеним чиниоцима конкретних индуктивних закључака (количина и разноврсност евиденције, структурни значај својстава о којима се

врши индукција, аналогије са сличним успешним закључцима итд), него свеукупну успешност индуктивних закључака, пошто она, по прилици, и не би била тако висока, јер је вероватно да постоји огроман број неоснованих индуктивних закључака. Општу успешност индукције у целини тешко је проценити, пошто није јасно који су чланови почетног скупа у односу на који се процена врши – ако би такав скуп укључивао сва могућа (или актуална) прелиминарна индуктивна наслућивања, која обично не узимају у обзир епистемолошке моменте, него се руководе понекад и наивним психолошким асоцијацијама, скор индукције би био знатно неповољнији него уколико би се уврстиле једино промишљене, разрађене, епистемички утемељене индукције, какве су најчешће на делу у научним истраживањима. У здраворазумским и другим неформалним облицима расуђивањима, па чак и у статистици, служи се појединим индуктивним процедурама процене за које се математички може показати да садрже систематске погрешке, али се оне из крајње практичних разлога (једноставност извођења, брзина, одсуство потребе за широким спектром података) употребљавају као најпогоднија средства у датим приликама. У вези с тим се појављује још један момент неодређености процене успешности – она је релативна у односу на захтевани степен прецизности. Из набројаних разлога се успешност прећашњих индукција, али и било који вид метаиндуктивног расматрања, може узети у обзир искључиво компаративно, у односу на друге облике стварања предвиђања о непознатим случајевима.

Дакле, индуктивистичким оправдањима, још од Миловог, замерало се да су циркуларна, али индуктивисти имају неколико разноликих одговора на ово: да се до општег закључка о ефикасности индукције долази на метанивоу, или метаиндуктивно; да је увек на делу самоисправљање (у смислу да се једна индукција може кориговати другим индукцијама, с тим да се опет претпоставља нека тачка конверген-

ције, јер би одсуство онтичких правилности обесмислило процес модификовања); да је врста индукције (енумеративна) која се користи у закључивању о примарним каузалним индукцијама другачија и не претпоставља ову последњу да би била ваљана итд. Сви ови аргументи упућују да за заснивање индукције нису достатни (други) индуктивни аргументи, јер или воде у *regressus ad infinitum* (пошто претпостављају неки наредни облик индукције, који онда ваља легитимисати), или пак укључују неке онтолошке или епистемолошке претпоставке о структури стварности, ума или језика (да би индукције биле основане, неопходно је да, као што је то збиљски и случај, критерији сличности и поновљивости буду инкорпорисани већ у језик којим се описују емпиријски феномени).

б. Дедуктивистичка, интуиционистичка и априористичка оправдања индукције

Дедуктивистичка и слична оправдања индукције обично полазе од неотклоњивог интуитивног осећаја да је понекад оправдано тврдити закључак о непознатим члановима неке класе случајева иако он не следи конклузивно из истинитих премиса и сматрају да је то оправдање могуће извршити на основу неког принципа који би индуктивна закључивања учинио сличним дедуктивнима. Зато су теоретичари ове провенијенције настојали да изнађу неке постулате што би служили као горње премисе које би индуктивни закључак уподобиле силогистичком. Ови постулати су обично односе на општу структуру света: хјумовско очекивање да ће будућност личити на прошлост (или, уопште узев, непознати случајеви на познате), Милова претпоставка о униформности природе (или просторно-временској хомогености), Кејнзов принцип ограничене разноврсности (који тврди да су својства дистрибуисана у ограничен број оделитих класа) или Раслових пет постулата индуктивног закључивања (квазиперма-

ненција, одвојивост и континуитет узрочних низова, заједнички узрочни почетак груписаних структура и истоликост аналогијâ) и слични говоре о томе да у стварности постоје одређене правилности или једнообразности, и тако пружају плаузибилност индуктивном закључку; али су такви искази, наравно, крајње непрецизни и не само што не могу оправдати индуктивно закључивање у целини, него чак ни поједине индуктивне закључке (наиме, за успешност појединачног индуктивног закључка проблем је утврдити у којим је специфичним аспектима свет једнообразан или закономеран, односно, које групације ентитетâ спадају у природне врсте, а то се не може учинити на основу оваквих постулата, јер они неодређено тврде тек то да постоје неке правилности). Овакви постулати су нарочит значај добили у данашњим реалистичким теоријама, као што су закључак на најбоље објашњење (експланационизам) или на заједнички узрок, каузална теорија значења и сазнања или натуралистичка епистемологија, у којима се претпоставља да је индукција (и то превасходно абдукција, закључивање од последицâ на узроке, или од сведочанстава на хипотезе) основни начин сазнавања темељне структуре света.

Очекивање да ће будућност личити на прошлост Мил је покушао да заснује на принципу униформности природе, који је имплицитно заступао већ и Хјум. Но, иако је сматрао да општи и стабилни закони јамче да ће се појединачни случајеви понављати у довољно сличним условима, тј. свим случајевима под извесним описом, и сâм је увиђао тешкоћу да се одреди који је то опис или како одредити степен сличности, тако да је истицао непоузданост очекивања униформности. Он сматра да је и тај принцип такође погрешив као једна генерализација из искуства – дакле, за разлику од већине априористâ, он га није сматрао трансценденталним постулатом, као ни епистемолошком конвенцијом, него генерализацијом вишег реда, што га приближава индуктивистичком оправдању на основу пређашњег искуства (али и ствара невољу с *petitio*-м *principii*, индуктивним заснивањем саме индукције). Милово наглашавање једноликости сукцесије антецеденса и консеквенса носи и извесне психологистичке конотације, утолико што, за разлику од многих дедуктивистички оријентисаних аутора, он више наглашава психолошку, субјективну страну следовања узрока и последице, а не, рецимо, њену уклебљеност у узрочну структуру света (како то чине реалисти)

Априористичка решења стреме да, одбацујући скептицизам у погледу поузданости индукције, индукцију заснују или кантовским постулисањем трансценденталног принципа узрочности као априорне категорије или конструисањем индуктивнологичких система на основу субјективне теорије вероватноће. И за једну и за другу врсту настојања карактеристично је да имплицитно или експлицитно претпостављају како се синтетички искази о стварности дају утемељити на априорним принципима, што онда упућује на потребу за неким "метаиндуктивним принципом", тј. претпоставком која би повезивала априорне постулате, као што су аксиоме теорије вероватноће, са структуром саме стварности. Као и са свим другим аналитичким судовима, ако се тражи њихова интерпретација/модел у емпиријској стварности, неопходно је утврдити фактичке претпоставке њиховог важења.

Дедуктивне реконструкције индуктивних закључака ослањају се, значи, на додавање даљих премиса налик кантовском начелу узрочности (Расл, Броуд), док априорне одбране (Доналд Вилијемс, Рој Харод) више стављају нагласак на интуитивну плаузибилност или самоочигледност принципâ према којима се врши индуктивно расуђивање. Рањивост оваквих принципа огледа се, поред наведене неодређености, и у томе што нису ни довољни ни нужни услови за успешност специфичних индукција, тј. њихова апликација увек изиску-

је неке додатне претпоставке које спецификују велику премису тако да она постаје примењива на конкретне случајеве.

Варијанту априористичког решења проблема представља и пробабилистичко оправдање (Кејнз, Карнап, Кибург), које индуктивне закључке тумачи као исказе логичке вероватноће и на тај начин повезује степене вероватноће и степене рационалног веровања (што ослабљује закључак и блиско је психолошком оправдању). Тако нпр. Кибург формулише *modus ponens* за индуктивну логику у којем као закључак из сведочанства фигурише став о условној вероватноћи хипотезе у односу на то сведочанство, при чему се позива на априорна начела теорије вероватноће. Но, постулати теорије вероватноће (као и други ставови примењене математике) могу се употребити за доказивање индуктивних предвиђања само под претпоставкама које су и саме индуктивне.

Расматрајући разна априористичка решења проблема индукције, фон Рихт (von Wright 1957) запажа да Кантов универзални закон узрочности не може бити истовремено и синтетички и априоран, нити може оправдати иједан конкретан индуктивни закључак. Још је де Фриз истицао да се синтетички априорни судови не могу установљавати трансценденталним методом, него позивањем на непосредно искуство, које је интерсубјективно.

Неки претежно феноменолошки оријентисани теоретичари и представници француске филозофије науке, попут Мејерсона, прокламовали су онтолошку нужност узрочне везе – но, према фон Рихту, ако би се тврдила њена нужност, онда би била аналитичка, па би то водило у конвенционализам; слично важи и за теорију конкретних универзалија (или природних врста). Феноменолози, додуше, индукцију схватају другачије него Мил (Merleau-Ponty 1983), а ближе Хјуелу, као апстракцију или чак конструкцију из посматрањâ, читање суштине, па се онда индуктивни закључци посматрају као идеализујуће фикције које омогућују поимање, а оправдање индуктивног поступка лежи у унутарњој јасноћи коју његови закључци пружају појавама што се желе разумети. Индукција, која се види првенствено као квалитативна или аналитичка индукција, представља интелектуалну анализу феноменâ, која трага за оним што је у њима инваријантно, тј. суштином. Читање непромењиве, суштинске структуре, дакле, нужно је обележје индукције, па је она самим тим оправдана колико и ејдетска редукција.

Према Броуду (Broad 1968), индуктивни закључци су формално погрешни ако се не изразе у терминима вероватноће, а степен веровања у индуктивне закључке не може се оправдати никаквим начелом вероватноће без неке даље премисе о физичком свету; но, ова премиса се тешко може тврдити тако да буде и прихватљива и не-таутолошка. Зато Броуд прибегава специфичној верзији аксиоме униформности природе, везаној за предикате који дефинишу природне врсте, која тврди да природа као целина распоређује случајеве униформно међу могућим врстама. Теорија о природним врстама повећава вероватноћу специфичних генерализација, али остају питања да ли се ова општа начела могу употребити за пробабилификовање специфичних генерализација и шта гарантује постојање дефинисаних природних врста. Према Броуду, својства објеката су стална због стабилних узрочних веза, на којима почива постулат јединствености одређеног укупног ефекта.

Својеврсну дедуктивистичку (или метаиндуктивистичку) верзију оправдања индукције представља и Брејтвејтово (Braithwaite 1953: ch. VIII) оправдање на основу рационалности велике премисе из које се изводе појединачни индуктивни закључци. Наиме, он сматра да оправдање индуктивног закључивања ваља наћи помоћу начелâ индуктивног закључивања која се користе у индукцији, а не на основу релације логичке последице, која важи између индуктивног

закључка-хипотезе и премисе (укључујући и велику). Научника интересује адекватност сведочанства за циљ науке (формулисање плаузибилних хипотеза), а не адекватност принципа закључивања (јер се о њему у научној заједници ни не дискутује), но, опште слагање није и оправдање. Напомињући да захтев за дефинитивним оправдањем води у *regressus ad infinitum*, он указује да Персов принцип предиктивне поузданости не назначава време потребно за конклузивно проверавање – зато ефективност у прошлости није довољан услов оправдања. Персово инсистовање на пређашњој успешности и асимптотској конвергенцији, према томе, није довољно за заснивање индукције у целини, јер континуитет досадашњих процеса не јамчи њихово настављање у будућности.

Међутим, Брејтвејт сматра да индуктивно оправдање општих начела (нпр. Кејнзовог принципа ограничене разноврсности) није циркуларно, пошто се оно врши на метанивоу, а не на објект-нивоу самих закључака. Уосталом, по његовоме мишљењу објективно исправно веровање мора бити засновано на стратегији која је фактички ефективна, а субјективна исправност се састоји из уверења о тој ефективности у пракси. Дакле, плаузибилна процедура води предвиђањима која су и фактички истинита и у која се субјективно верује, тако да ефективност индуктивне стратегије не мора бити емпиријски став. Циркуларност се према Брејтвејту може избећи тако што би се премисе индуктивног закључка представиле у следећем облику: "С рационално верује у сведочанство за *e*", "С верује у *e*" и "*e* је истинито", из чега уз дедуктивни корак следи уверљив конкретан индуктивни закључак.

Најзад, у априористичка решења би се могла уврстити и теорија локалног оправдања веровања или локалне индукције Ајзака Левија, која одустаје од глобалног оправдања индукције и усредсређује се на контекстуално оправдавање веровања путем постављања критеријâ оправдања који се

првенствено ослањају на кохерентност корпуса веровања у неком датом контексту. Највећу вредност ова теорија додељује најјачим индуктивним закључцима из тоталне евиденције, а пресудни критерији су садржајност релевантних одговора и епистемичка корисност, који су релативизовани у односу на употребљени језик и сазнајне циљеве. Ова теорија се такође позива на категорије субјективне вероватноће, као што су степени веровања и ултимативна партиција скупа, које нису ни коначне нити морају бити дедуктивно савршене. Та перспектива такође отвара хоризонт и за динамику веровања, која се може руководити индуктивно утемељеним разлозима, па се свака наредна индукција може оправдати на основу обухватања целокупне претходне евиденције. Ово становиште је сродно релијабилизму, који такође одбацује фундационализам, тежњу за налажењем неке коначне, неопозиве основе за сва веровања, и узима у обзир промењивост и усаглашавање мреже веровања, у складу с приливом нових сведочанстава.

в. Прагматичка оправдања индукције

Прагматичка оправдања индукције углавном се позивају на њену успешност у пракси, незаобилазност при формулисању универзалних хипотеза, хеуристички значај, улогу у научном истраживању или свакодневном животу, а његови привржениц (Перс, Фајгл, Рајхенбах, Салмон) углавном га комбинују с метаиндуктивистичком аргументацијом.

Према Салмоновој прагматистичкој концепцији, циљ оправдања индукције јесте њена прагматичка виндикација, јер њена функција и није достизање необоривих истина, него установљавање вероватних закључака. Наиме, кад је реч о оправдању философских исказа, па и индукције, Фајгл разликује два облика: (а) валидација (оправдање у ужем смислу), што се врши позивањем на неке општеприхваћене принципе или интуиције из којих се може извести исказ који

се оправдава, и (б) виндикација (Фајглов термин), тј. прагматичко оваљањивање указивањем на пожељне, плаузибилне последице које проистичу из неког датог исказа. Први облик се суочава с тешкоћом што је мален број таквих универзалних принципа који би били консенсуално прихваћени. Други тип оправдања је прагматички убедљив, али се сусреће са стандардним проблемом абдукције, у смислу да исте повољне последице могу произлазити и из неких других општих исказа. Појам виндикације је ослабљена варијанта стриктног појма оправдања и, за разлику од овог потоњег, које се врши упућивањем на извесне универзалне принципе (тј. извођењем датог става из њих), она се састоји у упућивању на повољне сазнајне и друге последице прихватања одређеног става, његову плаузибилност с обзиром на целокупни систем знања или виши степен успешности при усклађивању закључака у односу на супарничке ставове у погледу истог проблема.

Поставља се питање односа индуктивистичког и прагматистичког оправдања индукције (успешност у пракси, плодотворна функција унутар научног истраживања), која се, као што се може видети и код конкретних аутора (Перс, Кац, Рајхенбах, Блек, Салмон), међусобно не искључују. Тако Блек (Black 1954) дефинише "практикализам" Фајгла, Рајхенбаха и Нила као гледиште о бесконачној примењивости, аутокорективности и нужности индукције за вршење предвиђањâ. Према њима се сваки други метод мора процењивати на основу индуктивних мерила прихватања, но, према Блеку, индукција се не може логички засновати на пређашњим успесима, јер то води у циркуларност (претпостављањем да ће будућност личити на прошлост). Како запажа Блек, индукцијом се откривају или законитости или неред, па се не види како би искуство логички могло дискредитовати индукцију (као што је онда не може ни оправдати). Тврдња о самоисправљивости не значи да су касније

стратегије успешније (осим ако се уведу додатне релијабилистичке претпоставке), а ако се постулише да ниједан други метод није бољи, па да сходно томе индукција мора служити као стандард свих осталих поступака, онда се допушта да би свако за свој метод могао тврдити да је неизоставан у достизању знања.

Зато Блек модификује прагматичку одбрану индукције померајући раван оправдања с општег правила индукције на ниво појединачних индуктивних закључака – једино индуктивна стратегија може испунити нужне услове достизања циља когнитивног истраживања. Употребом индукције се ништа не може изгубити, а ако се не може позивати на претходна искуства, онда ни нема рационалног избора, него би преостајало једино пуко нагађање. Стога би се проблем индукције (у смислу њене недостатности) могао поставити једино ако бисмо се налазили у потпуном незнању, ако нам она не би пружала никакво обавештење о будућности, што, наравно, није случај. Али, према Блековом мишљењу, оправдавање индукције у начелу неизмерно је теже од оправдања ма које појединачне правилности, па се зато треба усредсредити на овај други план. Међутим, не постоји јединствено правило које управља свим исправним индуктивним аргументима и које би било нужно за извођење закључка о успешности. Поред тога, самоподржавајући аргументи могу бити исправни, ако пружају уверење у сопствену поузданост. Стално се може налазити нова евиденција за поузданост правила, а људи су увек критични у погледу примене правилâ. Помоћу примене индуктивних метода на саме те методе индукција постаје аутокорективна, а неко правило је, уопште узев, успешно ако најчешће води истинитим закључцима. Према Блековом тумачењу, ово није индуктивно оправдање индукције, јер се не претпоставља да постоји неко јединствено правило индукције, него се за свако индуктивно правило и закључак понаособ може показати успешност.

Блеково резоновање је у основи битан напредак у односу на традиционалне прагматистичке предлоге, јер се концентрише на појединачне процедуре, а за проверу њихове успешности довољно је претпоставити легитимност енумеративне индукције. Међутим, и овде се постављају питања метрике – како пребројати случајеве коришћења неког конкретног правила и на основу којих мерила проценити њихову инстанцијалну успешност. Поред тога, неопходна је и претпоставка како ће структура света и у будућности бити таква да ће специфично правило имати исте учинке или сличну фреквенцију успеха, но, то се не може знати – у одређеним ситуацијама (када се независно дâ предсказати дисконтинуитет) може се и наговестити погрешност индуктивног закључка на основу дотичног правила.

У оваквој аргументацији се назире једна тешкоћа која је касније дошла до изражаја и у натуралистичкој епистемологији – како је указивао Патнам, уколико би се за рационалну предвидивост захтевала једино успешност неког правила без икаквог епистемичког оправдања, из тога би следило да ваља прихватити пророчанства ма којег видовњака што је до сада био успешан у предсказањима; међутим, пошто се за такву способност не може наћи никакво образложење, онда је јасно да се пророковој пракси не сме поклонити поверење, нити се она може прогласити рационалном. Стога епистемички услови морају чинити битну допуну предиктивној успешности као чисто прагматичком услову. Дугорочна ефикасност заиста пружа известан основ да се верује како је индукција једина рационална стратегија, али при том треба имати у виду да је она условљена многим чиниоцима, од којих су неки онтолошки (униформност предвиђаних процеса), а други епистемички (увиђање структурних, а не акциденталних аналогија). Зато је прагматичко оправдање и незаобилазан услов смислености процене научних теорија – уколико ранији тестови не би били показатељи будуће

успешности, тада би свако проверавање теоријâ било излишно, јер не би пружало руководство за будућност.

(НЕ)МОГУЋНОСТ ОПРАВДАЊА ИНДУКЦИЈЕ

Једно од најраспрострањенијих гледишта, које је заступао и сâм Хјум, гласи да је индукцију немогуће логички засновати или епистемолошки оправдати, али се може образложити психолошки, на основу навике или неког сличног менталног механизма који нема логичко утемељење, социолошки или лингвистички. Дакле, проблем индукције не би уопште ни био логичке природе, него искључиво фактичке – зашто се индукција сматра рационалном и практикује у обичном животу и науци.

а. Хјумовска одбацивања проблема индукције

Према Хјумовом сопственом виђењу индукције, али и по мишљењу многих каснијих теоретичара (фон Рихт, Гудмен), проблем оправдања и није епистемолошког карактера (јер се индукција логички не може оправдати) нити практичног (пошто се и здраворазумско и научно расуђивање врше без преиспитивања логичких основа индукције), него психолошког, тј. ваља испитати на чему се заснива готово неограничено поверење у индукцију. Зато ни не треба трагати за епистемолошким решењем проблема индукције – немогуће је достићи извесност синтетичког знања, па ни индукција, ако треба да буде проширујућа, а не само средство долажења до имплицитних дефиниција, не може бити оправдана налик дедукцији. С обзиром да се индукција не може оправдати ни дедуктивно ни индуктивно, то је, дакле, лажни проблем, те преостаје једино скептичка поука да у погледу индуктивног расуђивања нема никаквог поуздања.

Хјумов крајњи песимизам у погледу епистемолошког оправдања индукције, како истиче Карџил (Cargile 1998: 248-249) има последицу крајње релативизације могућности

рационалног предвиђања и изједначавања индуктивно заснованог предвиђања са било којим пуким нагађањем. Међутим, као што се показало и у дебатама о избору научних теорија у филозофији науке, било би крајње ирационално порицати да, ако се избор теорије не може потпуно заснивати на дедуктивним стандардима, треба одустати од било каквог вредновања научних теорија, односно сматрати их једнако сумњивима. Овакав скептицизам не нуди, дакле, никакву перспективу ни за усавршавање индуктивних поступака ни за искоришћавање емпиријских сведочанстава у процени научних теорија.

б. Попперово растварање проблема индукције

Овој позицији је сродно Поперово "решење" проблема индукције, које се састоји у ставу да она не захтева (нити може стећи) логичко оправдање, с психолошког аспекта заправо није ни потребна (јер су сва релевантна закључивања дедуктивне природе), а прагматички је бескорисна (пошто се ни не користи у научном истраживању). Касније је, додуше, својом концепцијом поткрепљења, којом је, између осталог, желео да реши прагматички проблем индукције, Попер прећутно признао индукцију као основ закључивања о будућем понашању научних теорија, утолико што је њихов каснији успех везао за њихово пролажење ранијих провера (дакле, на имплицитној претпоставци да ће будућност личити на прошлост). Но, Попер је остао противник абдуктивног облика индукције, закључивања од сведочанстава на хипотезе, што је типично и за све антиреалистичке струје у данашњој методологији.

Према Поперовом фалибилистичком становишту из *Објективног сазнања* (Popper 1972), логичко оправдање је немогуће, јер води у *regressus ad infinitum* или априоризам. На логички проблем индукције он одговара негативно, да се из поновљених случајева никад не може закључивати на непознате. Први облик логичког проблема Попер разрешава тврдећи да никакав број афирмативних сведочанстава никад не може оправдати истинитост теорије, али за други нуди фалсификационистички став да сведочанства понекад могу показати лажност теорије. Најзад, из овога изводи трећи вид логичког проблема, који је данас најчешће у средишту пажње у вези с улогом индукције у науци, а то је да ли се емпиријским разлозима може оправдати преферисање појединих емпиријских теорија с обзиром на истинитост и лажност, а на ово питање Попер одговара потврдно. Међутим, он је ипак остао при свом декларативном ставу да индукцији нема места у научном истраживању, како у контексту открића, тако ни у контексту процене. Кад је реч о узрочном објашњењу индукције, Попер прихвата Хјумово виђење да је уверење у исправност индуктивних расуђивања мотивисано механизмима асоцијације, дакле, навиком, с тим што одатле изводи став да је оно потпуно ирационално. Попер чак сматра да је индукција и психолошки беспотребна, јер је према њему (као и Виздому) *modus tollens* једино средство проверавања научних теорија.

Поперов дедуктивизам је током касније еволуције не само попримио "дашак индуктивизма" (Лакатош) кроз појмове поткрепљења и прагматичке прихватљивости научних хипотеза, него је можда још од самог почетка у концепту (поновљивог) збивања већ имплицитно подразумевао да ће будућност личити на прошлост. Како су то истицали многи критичари, *modus tollens* је без поткрепљења празан, а с њим се усваја и индуктивно расуђивање, пошто је дедукција сама по себи неамплијативна. Уосталом, Попер се извесном облику прагматичког оправдања индукције приближио већ својим првобитним ставом о детерминизму као регулативном постулату целокупног научног истраживања, као и тезом о прагматичкој преференцији најбоље проверене теорије као руководства за деловање.

в. "Оправдање" индукције из перспективе обичног језика

Становиште да је индукцију неизводиво оправдати заступају и представници оксфордске философије обичног језика, који су мишљења да је проблем индукције псеудопроблем што настаје из појмовне збрке индукције и дедукције, тј. из схватања да се индукција мора подвргнути епистемолошким захтевима који су особени за дедуктивно закључивање (монотоност, затвореност, поузданост, одвојивост закључка од премисâ итд). Оправдање индукције није ни могућно ни потребно, јер би оно импликовало да јој се намећу стандарди који су на њу неприменљиви.

Извориште оваквог приступа проблему индукције представљају Витгенштајнова *Философска истраживања* (расматрања о узорним примерима за обичан језик) и *О извесности* (§ 287ff, где говори о томе да за заснивање знања није неопходна индукција). Окосница његове аргументације лежи у ставу да би наметање дедуктивних стандарда индуктивним разлозима представљало кривотворење значења те речи како се она стандардно користи у индуктивним аргументима. Зато је прикладније експликовати критерије који се имплицитно примењују у проценама плаузибилности, а њихова анализа показује да оне у већини ситуацијâ управо и имају индуктивни смисао, као што показују стандардни примери, у односу на које се једино и могу одмеравати индуктивни разлози и закључци. Дакле, стандардни примери језичке употребе јустификационих и логички прескриптивних речи већ су сами по себи довољно оправдање индукције.

Стивен Баркер (Barker 1957) држи да је рационалност индукције саморазумљива, пошто уобичајена употреба речи "рационалност" већ упућује на индуктивне стандарде, јер је управо поступање у складу с индуктивним стандардима рационално и саобликује људску животну форму. Стога питање о оправданости индукције не може бити чак ни

смислено постављено унутар језика који се стандардно користи у људском животу. Према томе, треба елиминисати питање о оправданости индукције, јер оно пренебрегава значења одговарајућих речи.

Најпознатију анализу проблема индукције из визуре философије обичног језика извео је Стросн (Strawson 1959), који наглашава да је питање принципијалне ваљаности индукције бесмислено ако се под ваљаношћу подразумева дедуктивни карактер. Пошто индуктивни стандарди воде једино (не)разборитим веровањима (а не утврђеном, необоривом знању), скептика би задовољавало искључиво показивање да је индукција врста дедукције, што је, наравно, немогуће. Увођење општих премиса (као у априористичком оправдању) не може пружити критеријум за то која су сведочанства конклузивна за извођење закључка, а није јасан ни епистемолошки статус велике премисе. Ако се, пак, индуктивни закључци пробабилистички посматрају као искази вероватноће, искрсава питање који узорци потврђују генерализацију. Стога је захтев за оправдањем неуместан, па треба претрести употребу изразâ "рационалан", "разборит", "добар разлог" и сличних који се употребљавају у вези са закључивањем – при процени сведочанстава се уобичајено користе индуктивни стандарди, па је главна дилема кад постоје адекватна сведочанства, а не да ли она пружају основ за сасвим поуздане закључке. Дакле, морали би се изнаћи стандарди према којима се процењује утемељеност индукције. Но, индуктивистичко оправдање индукције је фактичко, а не логичко, пошто је закон униформности контингентна, индуктивно добијена тврдња, а не епистемолошки априорно утемељена истина која би универзално важила.

Ова аргументација се, иако формулисана пре развијања натуралистичке епистемологије, врло корисно може употребити и против епистемолошког утемељивања индукције на чињеници да су се њени закључци до сада у тој мери по-

казивали као успешни да су постали део стандардног људског сазнајног апарата. Наиме, сама успешност неког предвиђачког механизма, без извесне укорењености у језичким и сазнајним праксама, као и повезаности са другим сазнајним поступцима, не пружа довољан кредибилитет. Међутим, овај проблем делимично погађа и саме лингвистичке аналитичаре, утолико што ни они нису побројали шири низ разлога којима се да поткрепити стандардно уверење о рационалности индукције, а неки од њих би сигурно били интуитивна плаузибилност или успешност у прошлости итд. Чини се да они одвећ олако прибегавају констатовању социолошке чињенице да већина обичних људи индукцију држи рационалном, за коју ваља пронаћи неко даље објашњење или образложење. Осим тога, многи људи се руководе и погрешним индуктивним стратегијама (удаљене асоцијације, неосноване прешироке генерализације итд), па оправдање не треба везивати за све индуктивне процедуре без разлике.

У књизи *Језик и филозофија* (Black 1949) Макс Блек се приклања лингвистичком тумачењу проблема оправдања – указујући да врста оправдања зависи од стандарда оправдања, он упозорава да се "оправдање" у уобичајеном смислу не сме замењивати за стриктно, дедуктивно оправдање, јер скептик у погледу индукције заправо пружа лингвистичку препоруку о томе шта се може називати знањем, а мора се расмотрити и у односу на које сазнајне циљеве би дедукција била супериорна. Међутим, према Блеку, "знати" не значи "знати дедуктивно или интуитивно", па је довољно показати да су у прошлости при стицању емпиријског знања индуктивни методи били успешнији од других. Зато индуктивно оправдање индукције не претендује да пружи необориви доказ ваљаности индукције, а ламентовање над немогућношћу "јаке" одбране индукције знак је заблуде о неминовности пристајања на дедуктивне стандарде. Стандарди и

сами могу изискивати оправдање, а где нема прихватљивог стандарда, бесмислено је говорити о оправдању.

Стога се Блек окреће лингвистичким аспектима индуктивног закључивања: на индукцији су засновани епистемички стандарди наше сазнајне заједнице. Индуктивни поступци су, дакле, друштвене конвенције, сличне навикама и обичајима, а у њима је заложена друштвено одобрена разборитост, тако да је питање о њиховој оправданости неумесно. Проблеми се појављују кад наступи делимично вербално неслагање о примени израза типа "знање", но, промена значења те речи не пружа жељено решење. Дедукција није супериорна кад је реч о доспевању до емпиријског сазнања, пошто је њему примерена индукција. Осећање извесности које пружа дедукција наспрам индукцији психолошког је карактера, а сазнајна вредност и сврсисходност не своде се на извесност.

Лингвистичко виђење сродно је Тулминовом схватању из његове ране књиге *Философија науке* (1953), према којем систематичност, предиктивна моћ, стабилност итд. нису својства природе или научних закона *per se*, него научних метода или методолошких критерија који се примењују при смишљању и проверавању научних теорија. Касније, у књизи *Употребе аргумента* (Toulmin 1958: 235ff), Тулмин истиче да је немогуће унапред просуђивати предвиђања према стандардима који се могу примењивати једино ретроспективно, те закључује да су људске сазнајне моћи нужно погрешиве и варљиве. Он се, сходно томе, залаже за распршивање празноверице да синтетичко знање може бити истинито или ваљано једном заувек, независно од амбијента у којем се стиче, па је у том погледу знање слично надању или веровању, и тако га ваља и посматрати.

Кључна тешкоћа с позивањем на здрави разум и уобичајене праксе при оправдању или идентификацији рационалности индукције не лежи толико у "анкетном" приступу,

него у околности да ова инстанција садржи многе, такорећи, уграђене логичке погрешке, као што су "коцкарска грешка", хало-ефект, закон малих бројева итд, које, иако имају известан индуктивни смисао, сигурно крше правила ма које плаузибилне теорије индукције. Уколико би се лингвистички аналитичар строго држао *vox*-а *populi*, доспео би у ситуацију да или мора фингисати аргументе којима би и ова огрешења о индуктивне каноне представио као рационална или би ипак морао прибећи неком независном стандарду рационалности. Једини увид у којем се он може позвати на здрави разум јесте да се пред индуктивно закључивање не смеју постављати толико оштри стандарди који би сваки примерак тако стеченог знања учинили лаким пленом за скептика. Међутим, обичнојезичко одустајање од сваке тежње за образложењем које би надмашивало употребу у уобичајеној пракси директно би водило у ирационализам, јер се у том случају статус индукције не би дао разлучити од било којег насумичног нагађања или пожељног мишљења.

ЗАКЉУЧАК – "ИНФОРМАЦИОНО" ОПРАВДАЊЕ (ИЛИ МОТИВИСАЊЕ) ИНДУКЦИЈЕ

Ако се као основна епистемолошка својства индуктивног закључивања, која га и дефинишу као облик закључивања различит од дедукције, узимају у обзир проширујући карактер и неизвесност (непоузданост), онда је јасно да стандарди индуктивне рационалности не могу укључивати дезидерате који су за овај облик расуђивања недостижни већ по самој дефиницији. Као што је упућивао и фон Рихт (von Wright 1957), рационалност не ваља изједначавати с поузданошћу, па зато треба разликовати критичку и конструктивну улогу индуктивне философије: прва треба да разјасни језичке конфузије, али се не сме задовољавати скептичким закључком, а друга треба да изучи примену формалних структура на

анализу индуктивних исказа, али не сме претендовати да се тиме решава Хјумов проблем.

У досадашњим предложеним решењима, било да су она усмерена онтолошки или епистемолошки, битну улогу је играла реалистичка мотивација, утолико што су се постулисала нека објективна својства света доступна сазнању која јамче да ће макар већина индуктивних закључака бити исправна или успешна; међутим, иако би позивање на одређену структуру света или закључивања заиста у смислу трансценденталног услова могло представљати разлог за прихватљивост индукције, чини се да сва таква објашњења узимају недоказано за доказано, утолико што се до таквих особина света или ума допире неким обликом индукције, па би она представљала својеврсне абдуктивне закључке на најбоље објашњење, који ништа не говоре о актуалној или будућој успешности индукције, а још мање су у стању да расветле неуспеле индукције, случајеве у којима је генерализација била преширока или хипотеза оборена. То се дâ објаснити запостављањем кључног проблема индуктивне генерализације, а то је одређивање границâ класе на којој се врши уопштавање – класична оправдања су превиђала околност да свака успешна индукција преживљава читав низ модификацијâ, а током тог процеса се трансформишу претпоставке о хомогености и врше се специфичније категоризације ентитетâ на којима се врши генерализовање. Утолико прагматичка оправдања, која се управљају на компаративни проблем оправдања, тј. приказивање предиктивних предности индукције у односу на друге облике предсказивања о непознатим ентитетима, представљају видан напредак и својеврстан преображај самог проблема индукције.

У овим традиционалним приступима, почев од Хјумове формулације проблема, индукција се пречесто повезивала с појмом узрочности, па онда и с проблемом детерминизма, а разлог за то се може наћи у моменту да је детерминизам

регулативна претпоставка научног истраживања, тј. наука по дефиницији проучава претежно закономерне процесе. Но, да ли је и у којем степену неки феномен детерминистичког карактера, управо се и установљава индуктивним расуђивањем, па је умногоме тривијално наглашавати успешност индукције кад је реч о таквим феноменима – наиме, кључно је питање на које се феномене уопште може применити одређено индуктивно закључивање, или (као што је то дошло до изражаја у дебати између Хјуела и Мила о одређењу индукције) на основу које се руководне хипотезе врши уопштавање. Битна компонента индуктивног закључка, поред његовог садржаја, јесте и прецизно одређивање класе на коју се односи, односно то колико далеко се проширује уопштавање до којег се доспело испитивањем ограниченог броја случајева.

Информационо оправдање индукције, које би се дало сугерисати на основу изложених расматрања, састојало би се у томе да је у погледу основних обележја информационог садржаја (опсега, једноставности, поузданости итд.) индуктивни закључак најпогоднији облик логичке систематизације сведочанстава, који има и предиктивни или проширујући смисао – алтернативни методи или уопште не зависе од прикупљене емпиријске евиденције, него се заснивају на некој операцији чија се рационалност не може сагледати, или ту евиденцију сажимају на начин који пружа мање потенцијалних информација од индуктивне конклузије (нпр. навођење свих расположивих података неким произвољним или ирелевантним редоследом, тј. уз одсуство класификације према значајним обележјима, што је поузданије од индуктивног закључка, али не проширује знање, тј. ништа не говори о непознатим случајевима исте или неке сличне класе). Подаци организовани помоћу неких закономерности свакако пружају садржајнију, квалитетнију информацију него скептичко уздржавање од било каквог очекивања или пројекције, иако та информација по самој дефиницији

амплијативних облика закључивања никад не може достићи извесност.

Овакво оправдање би, као и прагматистичко, указивало на сврсисходност одређених специфичних правила заснованих на индуктивним резонима, штавише, управо би упућивало на обликовање што истанчанијих хеуристичких стратегија, које максимално искоришћавају или експликују информацију садржану у корпусу прикупљених сведочанстава. Оно свакако узима у обзир незаобилазну улогу коју индукција игра у процесу научног истраживања, њену незаменљивост другим методима, као и неопходност да се индуктивни поступци уоквире структурним хипотезама. Но, овакав приступ би се више односио на оправдавање специфичних индуктивних закључака него индукције у целини, јер је јасно да зависно од параметара (индуктивне базе) од којих се полази у закључивању индукција може водити и неоснованим закључцима, тј. прешироким уопштавањима или оскудно мотивисаним спекулацијама, али је у стању да пружи и врло суптилна предвиђања, у случајевима када се при закључивању користе све *background* информације и уважавају сви аспекти испитиваних појава који су од значаја за извођење конклузије. Чини се да су управо с оваквим оправдањем (које може обухватати и индуктивистичке и прагматистичке елементе) у складу и Карнапов захтев потпуне евиденције и Хемпелов налог максималне специфичности, јер информационо оправдање упућује на уобличавање што потпуније и детаљније основе за извођење закључка, али и на извесну меру "конзервативности" у доношењу закључака, у смислу уздржавања од неоснованих генерализација, за које се у расположивим сведочанствима не би дала наћи задовољавајућа емпиријска основа.

Наравно, овакво решење проблема индукције је неутрално с обзиром на дилему реализам-антиреализам, као и у односу на разне постулате чија је сврха била да се обезбеди

поузданост индукције – униформност природе или одвојивост узрочних низова овде се не претпостављају као принципи који се односе на својства саме емпиријске реалности, него као регулативне методолошке конвенције или императиви, који препоручују форму индуктивних закључака. Ове конвенције, наравно, нису ни потпуно арбитрарне нити оваплоћују неке датости ума (иако ово не значи да можда немају извесну биолошку основу), него су квази--аналитичког карактера, јер изражавају нужне (премда не и довољне) услове да одређено индуктивно закључивање буде плаузибилно. И искуство и рационална расматрања упућују да се сви успешни индуктивни закључци дају усагласити с овим постулатима (па они имплицитно дефинишу индуктивну рационалност), али не и да се закључци усклађени с њима неумитно показују као веродостојни (јер момент рационалне заснованости не импликује фактичку истинитост индукције). Такве конвенције или максиме више сугеришу начине за увећавање информативности закључака него што имају оправдавајућу или утемељујућу функцију (уосталом, могло би се аргументисати како је и немогуће на јединствен начин оправдати све разнородне индуктивне стратегије, због њихове инхерентне разнородности).

Као што запажа и Џонатан Коен (Cohen 1970: 185), погрешно је, као што се то стандардно чинило, претпостављати да су једини облици оправдања оваљањивање (validation) и виндикација, па он сугерише, уместо нуђења нових одговора на старо питање, формулисање нових питања, те предлаже не оправдање, него одобрење (ratification) индукције по аналогији с неким својствима дедуктивног закључивања. Ово индукцију сврстава у једну ширу категорију разборитог расуђивања, које сигурно не може досегнути извесност и поузданост дедукције, али испољава одређене сличности с њом, па то пружа основ за процену његове рационалности. Таква стратегија уједно избегава наметање дедуктивних стандарда индукцији, пошто уважава логичку особеност ових не-дедуктивних, не-демонстративних облика закључивања.

Мотивација за индуктивно закључивање по вероватноћи лежи у његовој незамењивости у научној пракси, али и у биолошкој предиспозицији да се из малих узорака изводе сразмерно далекосежни закључци. Управо због ове природне тежње још и у најрудиментарнијим облицима људског мишљења да се правилности налазе тамо где чак и најповршније испитивање показује да се оне не могу установити, неопходно је налагати максималну специфичност, како у погледу својст(а)ва која се генерализују и класе на коју се закључак односи, тако и у погледу макар и оријентационог одмеравања вероватности закључка. Генерално оправдање индукције би само замагљивало ове задатке, па је зато продуктивније усмерити се ка формулисању специфичних индуктивних процедура и њиховој примени на конкретне индуктивне закључке. Никакво уопштено начело (попут униформности природе или ограничене разноврсности) не може пружити оправдање за појединачне индуктивне закључке, али таква начела могу послужити као основ за формулисање специфичнијих правила, тј. као претпоставке под којима би специфична правила давала максимално информативне или поуздане закључке у датим конкретним контекстима.

Како су указивали Салмон (Salmon 1961: 245ff.) и многи други, постоје различите индуктивне стратегије или правила, а међу њима се такође може вршити вредновање, тј. дâ се оценити која би правила била најцелисходнија у појединим ситуацијама. Користећи критерије конвергенције и лингвистичке инваријантности, он показује да је за сваку сврху изводиво издвојити неко правило или правила која ваља фаворизовати у односу на друга, јер је већа вероватноћа да при плаузибилним претпоставкама пруже бољу статистичку процену, која има веће изгледе на успех. Премда се ова-

ква вредновања заснивају на математичким расматрањима у теорији вероватноће, ако домен о којем је реч испуњава услове за примену рачуна вероватноће, пробабилистичке процедуре су, упоредно посматрано, најплаузибилније.

Дакле, овакав, информациони облик оправдања не претендује да пружи јединствено оправдање за све облике индуктивног закључивања помоћу позивања на неку њихову заједничку структуру, јер такво оправдање није ни потребно ни могуће. Налажење врховних начела свих индукција до сада се увек показивало као неуспешно, односно свако такво начело се испостављало као неодређено или осујетљиво. Уосталом, као што показују и класична оправдања индукције, она су увек зависила и од самог одређења индукције као облика закључивања, али и од тога на коју је врсту индукције првенствено било усмерено – тако су прагматичка и индуктивистичка оправдања била углавном оријентисана на квантитативну, а дедуктивистичка на каузалну или абдуктивну индукцију. То упућује да се проблем оправдања индукције мора посматрати у контексту њеног односа према другим, сродним или супротстављеним, методолошким категоријама, као што су дедукција, узрочност, аналогија, интуиција, плаузибилно расуђивање и слични, те онда њену рационалност ваља тражити у повезивању њене употребе и овог ширег спектра методолошких оруђа. Утолико је класични проблем логичког оправдања индукције сразмерно изгубио на важности последњих деценија, заједно с узмицањем индуктивизма и премештањем нагласка с поузданости на хеуристичке предности научних метода, уступајући место испитивању улоге индукције при формулисању и избору научних теорија.

ЛИТЕРАТУРА

Аранђеловић, Јован, *Улоѓа индукције у научном истраживању*, Научна књига, Београд, 1967.

Barker, Stephen F., *Induction and Hypothesis*, Cornell University Press, Ithaca, 1957.

Берберовић, Јелена *Филозофија и свијеш науке*, Свјетлост, Сарајево, 1991, стр. 103-127.

Black, Max, "The Justification of Induction", in: Black, *Language and Philosophy*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1949.

Black, Max, "'Pragmatic' Justifications of Induction" & "The Inductive Support of Inductive Rules", in: Black, *Problems of Analysis*, Cornell University Press, New York, 1954.

Braithwaite, Richard Bevan, *Scientific Explanation*, Cambridge University Press, 1953.

Broad, Charlie Dunbar, *Induction, Probability, and Causation*, D. Reidel, Dordrecht, 1968.

Cargile, James, "The Problem of Induction", *Philosophy*, Vol. 73, No. 284, April 1998, pp. 247-275.

Cohen, L. Jonathan, *The Implications of Induction*, Methuen & Co. Ltd., London, 1970.

Merleau-Ponty, Maurice, "Рационална подлога знанствене индукције" (одломак из књиге *La Science de l'homme et la phénoménologie*, Gallimard, Paris, 1953), у: Руди Супек, *Занаш социолоѓа – сшрукшурална анализа*, Школска књига, Аграм, 1983, стр. 98-101.

Milton, I. R., "Индукција пре Хумеа", *Домеши*, Фиуме, год. 22, бр. 11, 1989, стр. 781-796.

Мићуновић, Драгољуб, *Лоѓика и социолоѓија*, Филозофско друштво Србије, Београд, 1972.

Наука и филозофија, I-II, зборници радова, ИДН, Београд, 1961/62. (студије Бранка Павловића, Јована Аранђеловића, Александра Крона, Драгољуба Мићуновића)

Popper, Karl R., *Objective Knowledge*. An Evolutionary Approach, Clarendon Press, Oxford, 1972.

Prior, A. N., *Историја логике*, Напријед, Аграм, 1975. (додатак: Макс Блек, "Индукција")

Reichenbach, Hans, *Experience and Prediction*, The University of Chicago Press, Chicago, 1938.

Reichenbach, Hans, *The Theory of Probability*, The University of California Press, Berkeley, 1949.

Russell, Bertrand, *Људско знање*, Нолит, Београд, 1962.

Salmon, Wesley, "Vindication of Induction", in: Herbert Feigl & Grover Maxwell (eds.), *Current Issues in the Philosophy of Science*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1961, pp. 245-257.

Salmon, Wesley C., "Justification of Inductive Rules of Inference", in: Imre Lakatos (ed.), *The Problem of Inductive Logic*, North-Holland Publ. Co., Amsterdam 1968.

Секулић, Драгана, *Оправдање индукције*, Analytica Adriatica, Fiume, 1995.

Strawson, Peter Frederic, "The 'Justification' of Induction", in: Strawson, *Introduction to Logical Theory*, Methuen, London, 1967.

Toulmin, Stephen Edelston, *The Uses of Argument*, At the University Press, Cambridge, 1958.

Wittgenstein, Ludwig, *О извесности*, Братство-јединство, Нови Сад, 1988.

von Wright, Georg Henrick, *The Logical Problem of Induction*, The Macmillan Co. & Blackwell, Oxford, ^{2}1957.

Љиљана Добросављевић-Грујић

ВЕЛИКА ОТКРИЋА У ФИЗИЦИ XX ВЕКА: ЖЕНСКИ ДОПРИНОС

Историја физике XX века је историја низа значајних открића која су не само изменила човекову слику света на микроскопском нивоу, већ и његов свакодневни живот. Век атомске енергије је то постао благодарећи у великој мери и женама, ма колико то парадоксално звучало кад се зна да је крајем XIX и добрим делом XX века дискриминација према женама у науци била веома присутна – наука није била поље рада које им је било приступачно. Па ипак, неке од њих су заслужне за највећа открића у физици атома и њихових језгара. Откриће природне радиоактивности нераздвојно је везано за име Марије Кири, као што је откриће вештачке радиоактивности везано за име њене ћерке Ирене Жолио-Кири; обе су добитнице Нобелове награде. Теорију атомске фисије – цепања атомског језгра, која лежи у основи примене атомске (тачније речено, нуклеарне) енергије дала је Лиза Мајтнер. Велики допринос нуклеарној физици дале су Марија Геперт Мајер (такође добитница Нобелове награде) својом теоријом нуклеарних "љуски" и Чиен-Шианг Ву експерименталном потврдом неодржања парности код бета-распада. За примену физичких метода у биологији и медицини заслужне су Розалинд Франклин и Розалин Јелоу.

До краја XIX века, представа о атому као недељивој целини је давала задовољавајуће објашњење глобалних особина материје у физици и хемији. Ништа се није знало ни о

димензијама атома, ни о његовој природи. Одједном, низ великих открића даје могућност да се упознају карактеристике тих елементарних зрнаца: 1895. у Вирцбургу, у Немачкој, Вилхелм Рентген проналази тзв. X зраке; 1896, у Паризу, Анри Бекерел открива радиоактивност уранијума; 1897, у Кембрицу, Џозеф Џон Томсон утврђује постојање електрона; између јула и децембра 1898, у Паризу, Марија и Пјер Кири изолују два нова радиоактивна елемента, полонијум и радијум.

Све је почело Рентгеновим проучавањем катодних зрака (данас се зна да су то електрони) при пражњену у вакуумским цевима при високом напону. Ови зраци изазивају луминесценцију стаклених зидова цеви; међутим, Рентген је приметио да и кад се цев пажљиво обложи танким црним картоном, фотоосетљиви екран недалеко од цеви постаје луминесцентан, и то само док је цев под напоном. Закључио је да постоје невидљиви зраци, који излазе из цеви, простиру се праволинијски, јонизују ваздух, и продиру кроз знатне дебљине материје, утолико лакше уколико је густина материје мања. Чувена је једна од првих Рентгенових фотографија X зрацима – рука његове жене, где се јасно виде кости, као и бурма. За ово откриће Рентген је добио прву Нобелову награду за физику, 1901. године.

Почетком 1896, у Академији наука у Паризу, Анри Поенкаре излаже Рентгеново откриће, износећи идеју да тајанствени X зраци имају везе са луминесценцијом стаклене цеви из које излазе. То је дало идеју већ познатом стручњаку за луминеценцију Анри Бекерелу да потражи неке луминесцентне супстанце које би емитовале X зраке. Покушава са солима уранијума, које ставља на добро умотану црним папиром фотографску плочу, и затим излаже сунцу. Право изненађење је било, међутим , кад је оставивши цео уређај у фијоци током неколико облачних дана, без излагања сунцу, констатовао јако изражену силуету на плочи. Касније, констатовао је да и неке друге соли уранијума, које нису биле фосфоресцентне, такође емитују зраке који пролазе кроз танке металне препреке, и делују на фотографску плочу. Закључак је био неизбежан, да ово зрачење потиче од самог уранијума; изгледало је да се не смањује са временом. Мислећи да је исцрпао овај предмет истраживања, Бекерел напушта ове експерименте, све до открића полонијума и радијума од стране Марије и Пјера Кири, 1898.

Пјер Кири је већ био славан по својим радовима о пиезоелектрицитету, на симетрији кристала и у магнетизму, кад је срео Марију Склодовску, младу Пољкињу, која је управо дипломирала на Сорбони физику и математику. Између њих се развија симпатија, која убрзо прераста у љубав, крунисану браком 1985. У септембру 1987, по рођењу њихове ћерке Ирене, Марија тражи тему за израду докторске дисертације; по савету свога мужа, она је изабрала да проучава Бекерелове "уранијумске зраке". Директор париске Градске високе школе за индустријску физику и хемију, где Пјер ради као професор физике, дозвољава Марији да користи један трошни магацин као лабораторију. Марија почиње испитивањем уранијума, његових минерала, као што су пехбленда и халколит, и успева да покаже активност торијума. Кључ успеха је био у томе што је применила један нов метод; уместо да користи фотографске плоче, она је мерила слабе струје које су пролазиле кроз ваздух под дејством уранијумског зрачења ; мерећи проводљивост ваздуха одређивала је интензитет зрачења. То је било могуће, јер је користила пиезоелектрични електрометар, који је Пјер петнаестак година раније пронашао, заједно са својим старијим братом Жаком Кири.

Само име радиоактивност потиче од Марије: она је тако назвала способност неких тешких елемената да спонтано емитују зрачење-радијацију. Убрзо је дошла до два важна закључка:

I. Активност зависи само од количине уранијума (или торијума), а не од једињења у којем се тај елеменат налази: радијација не потиче од интеракције атома или молекула. Радијација је атомска особина, и потиче из самог атома. Ово, можда најважније откриће Марије Кири, имало је пресудан значај за проучавање структуре атома и даљи развој физике.

II. Ако је ово тачно, онда налаз да је активност минерала уранијума већа него код самог уранијума, може да значи само да ови минерали садрже мали износ неке друге супстанце, активније него уранијум!

Узбуђен овим открићима, Пјер напушта своја истраживања и придружује се Марији у потрази за непознатом супстанцом. Следи исцрпљујући посао на сепарацији, која је вршена хемијским методама, али уз мерење радиоактивности сваког издвојеног производа. Тако се, по свом зрачењу, манифестовао тражени радиоелеменат и пут којим је даље требало ићи. Тај поступак није био нимало једноставан, јер је тражени хемијски елеменат у пехбленди био присутан још у мањој мери него што се претпостављало, мање од милионитог дела. Потребне су им биле тоне минерала уранијума, које набављају из једног рудника у Аустрији. Полазећи од пехбленде два и по пута активније од уранијума, они успевају да издвоје супстанцу чија је активност 400 пута већа. У част Маријине домовине, овај елеменат је у јулу 1898. назван полонијум. Већ у децембру исте године дошли су до још сензационалнијег открића: пронашли су у пехбленди још један нови радоиактивми елемент, 900 пута активнији од уранијума, који је добио име радијум.

За свој рад на проучавању природне радиоактивности Марија Кири је добила две Нобелове награде: 1903, заједно са својим мужем и Анри Бекерелом добила је Нобелову награду за физику, а 1911. постала је и добитница Нобелове

награде за хемију. Она не само да је била прва жена нобеловка, већ и двострука добитница, што је и до данас права реткост.

Само још један физичар, Џон Бардин, два пута је добио Нобелову награду из природних наука.

Загонетна природа и порекло овог зрачења су убрзо привукли пажњу физичара других земаља. У Кембрицу, Ернест Радерфорд већ 1899. долази до закључка да радиоактивни зраци имају бар две компоненте, једну која се лако апсорбује, и коју је назвао алфа зраци, другу, веома продорну, названу бета зраци. Данас се зна да су алфа зраци уствари језгра хелијума, а бета зраци су електрони велике енергије. 1900. у Паризу Пол Вилар је показао да у зрачењу радијума постоји и трећа врста зрака, чија је физичка природа иста као код X зрака – то су електромагнетни таласи још мање таласне дужине. За рад на радиоактивности Радерфорд је 1908. добио Нобелову награду за хемију; користећи алфа честице за бомбардовање танког листа злата, дошао је до закључка о постојању атомког језгра.

Године 1913. његов асистент Хенри Мосли показује експериментално да број електрона у атому, једнак броју позитивних наелектрисања у језгру, представља атомски број у периодном систему елемената. Исте године дански физичар Нилс Бор показује да је језгро седиште радиоактивности, док електронски омотач одређује хемијске реакције. Долазе бурне године развоја квантне механике, која је, заједно са теоријом релативитета Алберта Ајнштајна, довела до разумевања природе радиоактивности.

Откриће природне радиоактивности је имало огроман значај и за медицинске примене. Још од 1905. почело је лечење канцерогених обољења зрачењем, а по оснивању Института за Радијум 1911, у чему је Марија Кири имала пресудну улогу, основано је поред одељења за проучавање радиоактивности и одељење за медицинску примену. Париз је по-

стао светски центар, "Мека радиотерапије". Рад једне жене је спасао многе друге жене, лечењем рака дојке или материце.

Ново поглавље у историји науке, обележено доприносом жена, почиње тридесетих година, када је трка за разумевањем унутрашње структуре атома била још драматичнија него почетком века: физика се развијала галопом. Важно оруђе у истраживању су биле управо алфа честице: још 1919. Радерфорд је показао, бомбардујући језгра азота алфа честицама, да се из њих могу отргнути протони, честице позитивног наелектрисања и око 2000 пута теже од електрона. То је била прва вештачка дезинтеграција атомског језгра. У Берлину, већ афирмисана жена-научница Лиза Мајтнер ради, са сарадницима, на проучавању природе бета зрачења. У Паризу, ћерка Марије Кири, Ирена, наставља њен рад. Од малена окренута науци, Ирена од 1921. почиње свој научни рад у Институту за радијум, који је основала њена мајка.

На реду је друга генерација из породице Кири: као и њена мајка, и Ирена је имала срећу да нађе животног сапутника са којим ће делити радост и муку истраживања. Од пролећа 1928, брачни пар Ирена и Фредерик Жолио-Кири (који из поштовања према породици Кири придодаје њено презиме своме) врше експерименте заједно. Овај пут није био увек лак – њихова истраживања не доводе увек до успеха, али крче пут другим истраживачима, док се не дође до истине. Тако је било са експериментима које су Ирена и Фредерик започели 1931.

Користећи своје јаке изворе алфа зрака за бомбардовање лаких елемента, као што су на пр. берилијум или бор, запазили су један чудан ефекат. Добијено је веома продорно зрачење, за које су мислили да представља гама зраке велике енергије. Међутим, то није била тачна интерпретација: 1932. у Кембрицу Радерфордов студент Џејмс Чедвик понавља ове експерименте и закључује да се не ради о гама зрацима, већ о емисији ненаелектрисаних честица масе приближно

исте као маса протона. Тако је пронађен неутрон. До те године физичари су мислили да се језгро атома састоји од протона и електрона, који су евентуално груписани у алфа честице. Овај проналазак је омогућио правилну интерпретацију многих експеримента: утврђено је да се језгро састоји из протона и неутрона. Ирена и Фредерик ипак нису обесхрабрени тиме што им је за длаку промакла и права интерпретација. Они настављају експерименте и констатују да је емисија неутрона праћена емисијом електрона велике енергије. Међутим, ове честице су се понашале као да су позитивно наелектрисане. Позитивни електрони (позитрони) су откривени у космичком зрачењу од стране америчког научника К. Андерсона. Ирена и Фредерик онда реинтерпретирају своје резултате, схватајући да се ради о позитронима. Поред емисије протона до које може доћи при бомбардовању алуминијума алфа честицама, који прелази у изотоп силицијума, трансмутација се може одиграти тако да се уместо протона емитују неутрон и позитрон, при чему резидуално језгро остаје исто. Те године, у октобру 1933, одржава се чувени Солвејски конгрес из физике у Бриселу. Резултати младог брачног пара су примљени са неповерењем, чак им ни Лиза Мајтнер не верује. Једино је Нилс Бор схватао да су њихови резултати веома важни. Лиза Мајтнер им је касније послала извињење, пошто је поновила њихове експерименте, тако да Ирена и Фредерик настављају своја истраживања покушавајући да одреде минималну енергију алфа честица при којој се емитују позитрони.

Године 1934. дошло је до круцијалног експеримента, исто тако важног као откриће радијума четрдесет година раније. Мерећи зрачење Гајгер-Милеровим бројачом, Ирена и Фредерик су констатовали да бројач откуцава и после удаљавања извора, тј емисија позитрона се наставља. Тако је откривена вештачка радиоактивност. Закључак који се наметао био је да се неутрон и позитрон не емитују у исто

време, већ у две сукцесивне етапе. Одвија се нуклеарна реакција (алфа, n) – језгро-мета апсорбује алфа честицу и емитује неутрон. При томе се формира најпре од алуминијума једно језгро дотад непознате врсте, фосфор 30, радиоактивни изотоп стабилног језгра фосфора 31. Затим се тај вештачки произведен фосфор 30 трансформише спонтано, емисијом позитрона, у силицијум 30. Касније је показано да се истовремено емитује и једна честица занемарљиве масе, тзв. Паулијев неутрино.

Марија Кири је имала срећу да буде сведок ових истраживања. Фредерик Жолио је много касније причао да никад неће заборавити израз огромне радости који се појавио на Маријином лицу када су јој Ирена и он показали у малој ампули први вештачки радиоелеменат. Узела је у своје руке, са прстима већ нагриженим од радиоактивног зрачења, ту малу ампулу и сама проверила како Гајгер Милеров бројач откуцава. То јој је, без сумње, била последња велика сатисфакција у животу, јер је неколико месеци касније умрла од леукемије.

Импликације овог открића су огромне. Отвориле су се могућности да се вештачки произведени радиоелементи искористе за праћење хемијских промена и физиолошких процеса. Те су примене постале веома успешне: детектована је апсорпција радио-јода у тироидној жлезди, док је радио-фосфор коришћен (у форми фосфата) да се прати метаболизам у организму. Са тачке гледишта физике, продукција ових нестабилних атомских језгара је омогућила опсервацију промена у атому код цепања језгара. То је био важан корак ка решењу проблема како да се искористи енергија атома, јер је каснији метод Енрика Фермија, који је уместо алфа честица за бомбардовање користио неутроне (што је довело до фисије уранијума), био уствари екстензија метода који су Кири-Жолио применили за добијање вештачких радиоелемената.

За синтезу нових радиоелемената Ирена и Фредерик Жолио-Кири су 1935. добили Нобелову награду за хемију.

Ирена је, после своје мајке, била друга жена добитница ове најпрестижније награде у хемији.

Поред радиоактивности, друго велико откриће у физици XX века је била фисија – цепање атомског језгра. У историјату овог открића значајна су имена три жене: Иде Нодак, Ирене Жолио-Кири, као и Лизе Мајтнер, једне од најславнијих физичарки уопште, која је, заједно са својим сестрићем Отом Фришом, дала прво теоријско објашњење нуклеарне фисије. За ово велико откриће је сигурно заслужила Нобелову награду, коју је, међутим, добио 1944. само њен колега – мушкарац Ото Хан.

Од 1934. године наилази један од најузбудљивијих периода у историји не само нуклеарне физике, него и човечанства, период који је довео до примене атомске енергије. Поред Берлинске групе, Ферми са сарадницима у Риму интензивно проучава продукте бомбардовања неутронима. Интеракцијом урана са неутронима пронађени су бета-емитери, који, према експерименталним чињеницама, нису могли бити са редним бројем између 82 и 92. Закључак је био да су произведени тзв. трансуранski елементи, са редним бројем преко 92. Различитог мишљења је била једна жена – немачка научница Ида Нодак, која је сматрала да бомбардовањем тешких језгара неутронима, распад језгра производи неколико тешких фрагмената, који су познати елементи, али не у близини озраченог елемента. Ова сугестија није имала неку теоријску основу и није била прихваћена, већ се даље кренуло у потрагу за трансуранским елементима. У Паризу, Ирена Кири са сарадницима такође врши сличне експерименте. Као резултат интеракције неутрона са уранијумом, она заједно са својим сарадником Павлом Савићем у периоду 1937-1938. налази више радиоактивних елемената, од којих је посебно интересантан, као могући трансуранski елеменат, радиоелеменат са периодом распада 3,5 часова, који су они назвали R 3,5 h. Паралелно, у Берлину, Лиза Мајтнер,

Хан и Штрасман развијају нову методу хемијске сепарације "трансуранских" елемената. У вези елемента R 3,5 h, увели су хипотезу да се ради о мешавини радијума, актинијума и торијума. Међутим, резултати хемијске анализе су указивали да изотопи радијума имају својства баријума – као хемичари, они су закључили да би требало променити симболе Ra, Ac, Th, у симболе лакших елемената Ba, La, Ce. Као физичари, они се нису могли одлучити на такав скок, који је био у контрадикцији са дотадашњим резултатима нуклеарне физике. У Берлину нису имали много поверења у резултате Париске групе – елеменат R 3,5 h су, подсмешљиво, назвали "Curiosum".

Доласком Хитлера на власт, Лиза Мајтнер је као аустријска Јеврејка имала много проблема, а после анексије Аустрије бива принуђена да емигрира у иностранство.

Иако далеко од своје лабораторије, у Стокхолму, она и даље одржава интензивну преписку са Ханом и Штрасманом; она је та која је указивала, када су нашли оно што су сматрали радијумом, да се резултати морају пажљиво преиспитати. Хан и Штрасман настављају деликатна испитивања, и констатују међу изотопима насталим бомбардовањем урана неутронима несумњиво присутство баријума. Међутим, они нису могли да прихвате једино могуће објашњење, за које је Лиза већ била спремна – да је дошло до цепања атомског језгра на мање фрагменте. Заједно са својим сестрићем Отом Робертом Фришом, Лиза Мајтнер даје 1938. прво теоријско објашњење оног што се данас зове нуклеарна фисија, базирано на моделу капљице.

Наилази период Другог светског рата, за чији је исход могло бити пресудно у којој земљи ће прво бити пронађено ново оружје велике разорне моћи, базирано на феномену фисије. На пројекту атомске бомбе ужурбано раде немачки научници, али и велика група америчких научника, којима се придружују европски научници јеврејског порекла, при-

нуђени да пред Хитлером емигрирају у Америку. Ту се јавља име још једне жене-научнице, која ће касније постати славна и добити Нобелову награду за физику – име Марије Геперт Мајер. Немачког порекла, Марија је удајом за хемичара Џозефа Мајера дошла у Америку. Жртва закона против непотизма, она је следила свог мужа са универзитета на универзитет, радећи без плате, све док Други светски рат није изменио њихове животе.

И Џозеф и Марија су позвани да учествују у неким аспектима Манхетн Пројекта, који је касније довео до прве нуклеарне ланчане реакције (1942.) и атомске бомбе. Марија прихвата, и по први пут, без емоционалне и научне подршке мужа, ради сама, у оквиру једне групе која проучава сепарацију уранијума. Марија је касније говорила да јој је то искуство помогло да добије самопоуздање и постане самостална у истраживању.

После рата, на Универзитету у Чикагу се наставила продуктивна сарадња физичара, математичара и инжењера, започета на Менхатн Пројекту. 1946. је отворен Институт за нуклеарне науке, који је окупљао низ славних имена: ту су били Енрико Ферми, Едвард Телер, Џејмс Франк и други. Обоје Мајеровох су такође позвани да им се придруже. Марија ни на Универзитету у Чикагу није добила плату, опет због закона против непотизма. У статусу професора, ради без плате скоро петнаест година. Међутим, као теоретичарка, ради у Аргонској националној лабораторији, где је плаћена за пола радног времена. Ту се први пут озбиљније среће са проблемима нуклеарне физике, радећи са колегама који су на том пољу били активни већ дуже времена. Радећи заједно са Телером на теорији о пореклу елемента, Марија открива феномен који се данас назива "магични бројеви" – известан број неутрона или протона (2, 8, 10, 20, 50 или 82) даје језгру необичну стабилност. Нова у овој области, она је пришла објашњењу без предрасуда које су владале, и на тај на-

чин успела да објасни постојање "магичних бројева". Наиме, наоружана знањем квантне механике, она је кроз анализу нуклеарне везивне енергије, енергије распада и заступљености стабилних изотопа, покушавала да нађе објашњење на језику нуклеарних нивоа енергије. Међутим, то није успевало све до једног разговора са Е. Фермијем 1949, после којег је схватила да ако се укључи спин-орбит интеракција код нуклеона, релативне енергије нуклеарних стања могу бити довољно модификоване да се промене бројеви попуњености затворених "љуски". Поред магичних бројева, ово је објаснило и низ других налаза о језгру.

Сличан нуклеарни модел је откривен симултано у једној групи у Немачкој, под вођством Ханса Јенсена. Марија је касније развила и усавршила ту теорију, што је кулминирало у објављивању књиге коју је заједно са Јенсеном написала. То је била *Елементрана теорија нуклеарних љуски*. За овај рад је добила, заједно са Х. Јенсеном и Е. П. Вигнером, Нобелову награду за физику 1963. У међувремену, прво плаћено радно место добила је у Калифорнији тек 1959. године. Ова научница представља драстичан пример дискриминације према женама, јер је радила у физици око тридесет година без плаћеног радног места са пуном платом.

У другој половини двадесетог века положај жена у науци је знатно бољи. Пример научнице која, додуше, није добила Нобелову награду, али је ипак дала велики допринос физици је Чиен Шиунг Ву. Ова америчка научница кинеског порекла славна је по томе што је дала први експериментални доказ да се принцип парности не одржава у субатомским слабим интеракцијама. 1956, амерички физичари (опет кинеског порекла) Ћунг-Дао Ли и Чен-Нинг Јанг са Института за више студије у Принстону у држави Њујорк теоријски су предвидели да парност није очувана у тзв. слабим нуклеарним интеракцијама. У природи постоје (колико се данас зна) четири типа интеракција: јака, слаба, електромагнетна

и гравитациона интеракција. Јаке нуклеарне интеракције су интеракције између хадрона (напр. нуклеона), а слабе играју улогу код радиоактивног бета распада. Важан корак ка разумевању нуклеарних сила било је експериментално откриће да у бета распаду нема одржања парности: 1957. госпођа Ву је са сарадницима из Националног бироа за стандарде потврдила хипотезу Ли и Јанга.

Неодржање парности значи да симетрија лево-десно, односно огледалска симетрија бива нарушена. У експерименту који је изведен, скуп језгара је тако припремљен да сва језгра имају спин усмерен у истом правцу (то је могуће на ниским температурама стављањем у магнетно поље). Посматрајмо једно језгро, где је при бета распаду електрон емитован у смеру супротном од спина. У огледалу, слика овог језгра би имала непромењен правац емисије електрона, док спин добија супротан смер, због супротне тзв. хиралности (тј. смера ротације око своје осе). Парност би била очувана ако би у експерименту обе ситуације биле подједнако заступљене, тј. ако би број електрона емитованих у оба смера, паралелно спину и супротно од спина, био исти. Експериментални резултати са кобалтом 60 су показали, међутим, да је више електрона емитовано у смеру супротном од спина, тј, да је парност нарушена. Ово нарушавање симетрије је имало велики значај у даљем развоју теорије.

Други важан допринос разумевању бета распада била је експериментална потврда теорије Ричарда П. Фејнмена и Марej Гел-Мана, који су 1958. изнели претпоставку да су тзв. векторске струје у овом процесу очуване. Госпођа Ву је ту претпоставку потврдила заједно са сарадницима са Колумбија Универзитета 1963. Касније је испитивала структуру хемоглобина.

Година 1975. била је значајна за госпођу Ву. Те године је добила Награду жене године, коју је доделило Удружење

америчких жена и Националну медаљу за науку. Исте године је постала и председник Америчког физичког друштва.

На крају, споменимо неке научнице значајне по својим доприносима у другим областима. То су пре свега Розалинд Франклин и Розалин Јелоу.

Физико-хемичарка Розалинд Франклин је битно допринела открићу молекуларне структуре дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК), која се налази у хромозомима који служе да кодирају генетску информацију. Од 1951. она ради у Биофизичкој лабораторији на Кинг колеџу у Лондону, где почиње да примењује методе дифракције Х-зрака за проучавање ДНК. Године 1953. Франсис Крик и Џејмс Вотсон публикују у часопису *Nature* чланак са структуром ДНК у облику двоструке хеликоиде, за шта заједно са Морисом Вилкинсом добијају 1962. Нобелову награду за физиологију и медицину. Али Розалинд је изостављена. И то не само због тога што није више жива – умрла је веома млада, у 38. години. Њене мушке колеге намерно умањују њену улогу. Вотсон покреће читаву кампању где, служећи се сексистичким формулацијама, пориче сваки допринос Розалинд њиховим резултатима. У својој биографији Крик надугачко говори о свом пријатељству са Вилкинсом, док Розалиндин рад само спомиње кроз једну реченицу: " Што се тиче Р. Франклин, она је направила веома лепе клишее ДНК добијене Х-зрацима" – као да је била само техничко лице. Уствари, по доласку у Кинг колеџ, Розалинд заједно са Вилкинсом конципира специјални уређај за експериментално проучавање ДНК. Паралелно, у Кембрицу, Крик и Вотсон раде теоријски и долазе до закључака које њихове Лондонске колеге оповргавају. Најзад, 1953, пошто је Вотсон без њеног знања видео клишее са Х-зрацима који је Розалинд направила, схвативши да се ради о хеликоиди, два истраживача из Кембрица долазе до коначног резултата. Данас се зна да је Розалинд знатно допринела утврђивању хеликоидалне структуре и

одређивању густине ДНК, као и другим важним аспектима овог и сличних истраживања.

Розалин Јелоу је добила за свој рад, међутим, највеће могуће признање: она дели са Ендрју Шалијем и Роџером Гијменом Нобелову награду за физиологију и медицину.

Ова америчка физичарка се специјализује за медицинску физику, и од 1950. до 1970. ради као физичарка у одељењу за радиоизотопе Болнице ветерана у Бронксу. Она је развила технику праћења радиоизотопа кроз организам, комбиновану са имунологијом.

Ово се показало као веома осетљив и једноставан метод за мерење веома малих концентрација биолошких и фармацеутских супстанци у крви и другим течностима у телу.

Овај метод је први примењен за мерење концентрације инсулина у крви код дијабетичара, али је убрзо нашао и друге многобројне примене. 1976. Розалин Јелоу је постала прва жена која је добила престижну Алберт Ласкерову награду за основна истраживања у медицини, а затим 1977. и Нобелову награду.

Овде су набројани само неки – они највећи – доприноси жена у физици двадесетог века.

Закључак је неизбежан: тамо где су имале услова, жене су допринеле највећим открићима у овом периоду. Па ипак, само су две добитнице Нобелове награде за физику: Марија Кири и Марија Геперт Мајер. Женâ још увек нема много у самом врху науке – оне тек треба да пробију "стаклени плафон" и да се изборе за своје право место. Надајмо се да ће у двадесет првом веку оне то и учинити, на добробит жена, али исто тако и на добробит науке.

Радомир Ђорђевић

ФИЛОЗОФИЈА ЛОГИЧКОГ ЕМПИРИЗМА: РУДОЛФ КАРНАП

Анализа појмова науке показала је да се сви ти појмови, без обзира да ли они, према уобичајеној класификацији, припадају природним наукама, психологији или друштвеним наукама, враћају на заједничку основу. Они се могу свести на изворне појмове који се односе на "дато", на садржај непосредног искуства. За почетак сви појмови који припадају нечијем личном искуству, тј. они који се односе на психолошке догађаје субјекта који сазнаје, могу се повезати са датим. Сви физички појмови могу се свести на појмове који су у вези са личним искуством, јер се сваки физички догађај у принципу може потврдити опажањима. Сви појмови у вези са другим духовима, то јест, појмови који се односе на психолошке процесе субјекта који нису ја, начињени су од физичких појмова. Најзад, појмови друштвених наука своде се на појмове управо поменутих врста. На тај начин, настаје генеалошко дрво појмова у коме сваки појам у принципу мора наћи своје место према начину на који је изведен из других појмова и у крајњој линији из датог. Теорија конституције (the constitution theory), тј. теорија о изградњи система свих научних појмова на заједничкој основи, даље показује да се на одговарајући начин сваки научни исказ може поново превести у исказ о датом ("методолошки позитивизам").

Рудолф Карнап

Рудолф Карнап је један од најпознатијих мислилаца који су својим покушајима да створе целовитије концепције теоријских основа науке, обележили даљи развој филозофије науке на специфичан начин. Написао је велики број радова, дела која показују различите правце његових трагања и сло-

жену еволуцију[1]. Једно од тих дела има по мом суду посебан значај, то је дело *Философске основе физике,* пре свега због тога што у њему налазимо неку врсту синтезе свих његових трагања. Иако се он насловом овог дела ограничава на физику, може се слободно рећи да је реч о филозофским основама науке уопште, јер се у њему разматрају основне општенаучне категорије. Уосталом поднаслов тог дела је *Увод у филозофију науке*. У том делу као да се крунишу магистрални напори Карнапа да ослободи филозофију метафизичких "окова" и да ту дисциплину заснује као научну дисциплину, колико је то могуће. Идеал о некој *научној* филозофији није наравно нов, њиме су били преокупирани не само Карнап и други припадници *Бечког круга* него и припадници *Берлинског круга* – њихови савременици. А значајних иницијатива или идеја у вези са таквим замислима о заснивању филозофије било је и раније.

Домен и круг проблема филозофије науке одређује се, као што је познато, доста различито и то чак и у оквирима једне исте филозофске школе или оријентације, већ према основним, исходишним начелима или премисама од којих полазе различити аутори[2]. Због тога је важно да се, макар укратко, дају нека разјашњења или прецизирања да би се избегли неспоразуми. Разјашњења су важна не само кад је реч

[1] Дело Рудолфа Карнапа је обимно, утицај његових идеја је велики. О томе сведочи и зборник приређен у његову част из Шилпове едиције *"Библиотека живих филозофа"*. У тој књизи налазимо најпре Карнапову аутобиографију, затим изабране текстове који репрезентују основне Карнапове ставове, потом текстове бројних истакнутих филозофа науке посвећених Карнапу, текстове у којима се приказује утицај и одјек Карнапових ставова, и што је посебно важно за даља изучавања Карнапа, библиографију радова овог филозофа као и библиографију радова о њему. Упор. *The Philosofy of Rudolf Carnap*, edited by Paul Artthur Schilpp, London, Cambridge University Press, 1963; The Library of Living Philosophers, Vol. XI. Од новијих радова о Карнапу видети значајно дело Kurt Hübner *Kritik der wissenschaftlichen Vernunft*, Freiburg-München, Verlag Karl Alber 1978, руски превод, Москва, 1994.године са важном уводном студијом В.С.Стојпина.

о теоријској страни проблема који су из домена те дисциплине него и онда када се одлучује о месту тих проблема, називу дисциплине – предмета у настави на универзитетима, на факултетима природних наука али исто тако и на другим факултетима. Одлуке о томе свакако треба да проистекну из успешног разабирања у, без сумње, сложене проблеме чије место треба да се одреди прецизније у систему филозофских и научних дисциплина. Наставни планови би у том случају били нека одсликавања стања у развоју филозофије и науке, органике њиховог развоја. У којој мери је то одсликавање на делу у нашој средини и у ком правцу треба даље трагати –

Фрагменти из Карнаповог опуса објављени су код нас у: Данило Пејовић *Савремена филозофија Запада*, Филозофска хрестоматија, књ. 9 Матица Хрватска, 1967., видети треће издање, Загреб, 1982., стр. 163-175, и чланак приређивача о Рудолфу Карнапу, стр. 17-31; *Савремена филозофија*, уред. Б. Шешић и А. Стојковић, друго издање, "Рад", Београд, 1975, 353-364; *Филозофија науке*, приредио Невен Сесардић, Нолит, б.г. 163-200; *Филозофија науке у првој половини XX века*, хрестоматија текстова, приредио Станиша Новаковић, Београд, 1997. стр 43-45, 52, 100-102, 128-129; Рудолф Карнап *Превладавање метафизике логичком анализом језика*, у књизи: *Чему још филозофија*, избор радова Јосип Бркић, изд. Знаци, вел. едиција, друго допуњено издање, Загреб, 1982, 249-272; Рудолф Карнап *Филозофија и логичка синтакса*, прев. са енглеског Светлана Зечевић «Јасен» Никшић, 1999. О Карнаповом животу и раду писао је Ј.Аранђеловић, видети Ј.Т. Аранђеловић *Логички емпиризам Рудолфа Карнапа, Савремене филозофске теме*, изд. Српско филозофско друштво, уредник Б.Шешић, Београд, 1963., стр.5-48. Неке идеје Карнапа критички су разматрали Михаило Марковић и Станиша Новаковић у својим радовима. Видети Михаило Марковић *Формализам у савременој грађанској логици*, Култура, Београд, 1957; Станиша Новаковић *Проблем разграничења науке и метафизике у савременој емпиристичкој филозофији,* ИДН, Београд, 1965, стр.53-72; Станиша Новаковић *Проблем метафизике у савременој аналитичкој филозофији*, ИДН, Београд, 1967 (докторска дисертација); Радомир Ђорђевић *Филозофија науке Рудолфа Карнапа*, X конгрес физичара Југославије, Зборник радова, књ.II, 1057-1059, Врњачка Бања, 2000. године.

[2] Станиша Новаковић *Филозофија науке у првој половини XX века*, зборник текстова приредио и уводну студију написао Станиша Новаковић, Институт за филозофију Филозофског факултета у Београду, Београд, 1997 постхумно издање; А.Ј.Ејер *Филозофија у двадесетом веку*, Свјетлост, Сарајево, 1990., у овој прегледној студији Ејер приказује Карнапове и друге концепције, физикализам итд. у контексту филозофије прве половине 20. столећа.

то би могло да буде предмет једног посебног саветовања уколико не желимо да се препуштамо случају или да импровизујемо. Извесни основни проблеми из домена филозофије науке били су предмет разматрања још у списима древних грчких филозофа, пре свега Платона и Аристотела. Касније кроз столећа расправе се шире и продубљују са конституисањем и наглим развојем појединих природних и друштвених наука. И поред те дуге традиције о филозофији науке као некој посебној филозофској дисциплини или области говори се углавном негде од средине прошлог столећа када су се науке развиле до те мере да је било важно да се граде шире теоријске основе система знања уопште. Утемељивачи те дисциплине или боље рећи тог правца трагања су били Хјуел (Whewell, 1794-1866), Мил (John St. Mill,1806-1873), Болцано (Bolzano,1781-1848), Мах (Mach,1838-1916), Дијем (Duhem,1861-1916), Поенкаре (Poincaré, 1854-1912), Болцман (Boltzmann, 1844-1906), Хелмхолц (Helmholtz, 1821-1984) и неки други; сваки од ових мислилаца настојао је из неке посебне перспективе да одговори на питања која су се већ озбиљно постављала. Нови замах у трагањима за темељима науке, природом научног знања, логичким основама, принципима и методама науке уследио је негде од двадесетих и тридесетих година двадесетог века а средишта његова били су већ поменути *Бечки* и *Берлински* круг филозофа и научника. Разуме се било је и других аутора из тог периода који су дали значајне доприносе које не треба пренебрегавати, а то се понекад чини у прегледној литератури англо-саксонских земаља. После II светског рата "домовина" филозофије науке је англосаксонски свет, Енглеска, САД. Тамо је највише центара, најбржи развој науке и технологије који "храни" теорију и филозофију науке (овај израз припада Томасу Куну), највише публикација, дела. Прилози француских, немачких и других аутора европских земаља су некако у сенци а о доприносима руских филозофа и научника да и не говоримо. На ваљано историографско "правосуђе" тј. на вредновање доприноса према њиховом стварном значењу, нивоу, утицају, чекаће се, како изгледа још јер су и списи прегледног карактера, посебно приручници[3], оптерећени различитим предрасудама, ограничењима.

Пре него што укратко потсетим на основне податке из живота и рада Рудолфа Карнапа важно је да укажем макар само прелиминарно на домен и перспективе филозофије и логике науке – дисциплине или области где је Карнап и дао најзначајније доприносе, доприносе који су доиста обележили филозофску мисао 20-тог столећа на посебан начин. Развој наука довео је до сазнања и искустава која су изискивала одговарајуће шире, систематске и генералне интерпретације и осмишљавања. Резултати наука све мање су били једнозначни, све више су се ширили расправе о њиховом могућем значењу и смислу, ступњева интерпретације било је све више и више. Научници који "производе" знања, наравно сами дају одређена тумачења тих резултата. Али виши нивои интерпретација или генералне синтезе нису биле увек њихов "посао", или они нису често доспевали до тих нивоа једноставно због тога што је свет појединачних феномена такав да је апсорбовао готово све њихове снаге; неки су тек назирали или назначавали онтолошке, гносеолошке или аксиолошке основе својих резултата. Најмање је било оних који су доспевали до напред поменутих генералних синтеза. У такве спадају Болцман, Мах, Дијем итд. ако је реч о онима с краја 19. и почетка 20. века, или Ајнштајн (Einstein, 1879-1955), Бор (Bohr 1885-1962), да споменем само њих као репрезентанте двеју парадигми физике у 20. веку. Филозофи науке, започињу, рекло би се, онде где се завршавају најуспешнији

[3] Један од примера таквих приручника је *Оксфордски филозофски речник* Сајмона Блекбурна који је објављен и код нас, изд. Светови, Нови Сад, 1999. На жалост приређивач није скренуо пажњу нашим читаоцима на бројне недостатке и једностраности у овом приручнику.

напори с једне стране историчара науке а с друге стране научника-истраживача, специјализованих у одређеним ужим областима. Постоји и овде нека "логика" поделе рада која је условљена или одређена извесним обележјима стваралачке вокације. Једни су више окренути конкретним појавама и процесима и остају на некој феноменологији (у смислу у коме се овај израз користи у теоријској физици, не у смислу филозофских доктрина као што су Хусерлова или концепције његових следбеника, такође не у смислу феноменолошког учења математичара Михаила Петровића), други су више склони синтетичким захватима. Већ из ових констатација може се закључити подоста о сложености и разноврсности истраживачких програма у области теорије и филозофије науке.

Рудолф Карнап (Carnap) родио се 1891. године у Ронсдорфу на северозападу Немачке. У својој аутобиографији он је писао да му је отац пореклом из сиромашне породице ткача а мајка, кћи угледног педагошког писца и наставника; родитељи су му били дубоко религиозни. Као ученика класичне гимназије највише су га привлачили предмети математика и латински језик. Од 1910. до 1914. године студирао је у Јени и Фрајбургу. Тада је био преокупиран изучавањем филозофије и математике али се касније окренуо више физици па је касније започео рад на докторској дисертацији из области понашања електрона али је одустао од тог рада. За време студија у Јени био је међу ретким слушаоцима Готлоба Фрегеа који је тада предавао математику на женском универзитету. Мада Фреге у то доба ни међу математичарима ни међу филозофима није био познат, он је на одређен начин потстакао младог Карнапа, који је касније увидео до краја значај Фрегових истраживања и за филозофију. Бавећи се проблемима природних наука он се ослобађао религиозности коју је примио у породици увиђајући да се религијска осећања не могу довести у склад са резултатима науке као

што је то теорија еволуције или принцип детерминизма у физици. По избијању I светског рата он је мобилисан и налазио се највећим делом на фронту; тек крајем рата као физичар ради у једном институту. Описујући те године у својој аутобиографији он карактерише своја уверења с краја рата као социјалистичка; сматрао је да су социјалистичке партије понајвише задржале интернационалистички и антиратни став. 1922. године Карнап је објавио прво филозофско дело, докторску дисертацију *Прилог учењу о простору* (Der Raum: Ein Beitrag zur Wissenschaftslehre). У то доба Карнап се упознаје са неким Расловим списима, са делом Расла и Вајтхеда *Принципиа Математица*. Од Раслових списа највећи утицај на Карнапа имао је спис *Наше знање спољашњег света*, својим "логичко-аналитичким методом филозофије". Закључне мисли из тог списа којим је Расл иницирао заправо један програм формулисане су овако: "Проучавање логике постаје централно испитивање у филозофији... Сво претпостављено знање у традиционалним системима мора се очистити и неопходно је да почне изнова". Касније је у својој интелектуалној аутобиографији поводом наведених редова из Расловог списа Карнап писао: " Ја сам се осећао као да је тај позив упућен мени лично. Делати у том духу био би убудуће мој задатак!" Ослањајући се на гледишта Витгенштајна и Расла, Карнап је предмет филозофије видео у анализи структуре природно-научног знања из које би требало да произађе прецизирање значења основних појмова науке помоћу апарата математичке логике. У време када изучава списе Расела Карнап припрема и једно дело, неку врсту уџбеника из области симболичке логике, тај спис је завршен 1924. године (R.Carnap *Abriss der Logistik*). Тим списом надао се да ће показати у приступачнијој форми применљивост те дисциплине у анализи појмова и конструкција формалних, дедуктивних система – приступачнијој у односу на ону која је дата у Расловом и Вајтхедовом делу *Principia Mathematica*.

Уз Морица Шлика Карнап је био један од водећих мислилаца *Бечкоī круīа* у периоду од 1926. до 1931. године када је живео и радио у Бечу, потом у Прагу, на немачком универзитету од 1931. године до 1935. године. 1936. године позван је у САД да држи предавања где се после тога и настанио стално, после аншлуса Аустрије. Живео је у Чикагу до 1952. године, након тога у Калифорнији, где је и умро 1970. године. Био је члан Америчке академије наука, члан Британског краљевског друштва, члан Асоцијације за симболичку логику и Америчке асоцијације за филозофију науке. Написао је велики број дела која показују не само кругове проблема којима се бавио него и сложену еволуцију његових схватања. Приказујући еволуцију Карнапових схватања писци обично разликују три фазе: 1. фаза, до почетка тридесетих година када овај филозоф активно учествује у раду *Бечкоī круīа* филозофа и научника. Тај круг је био доста значајан, тамо среће осим физичара Шлика, и математичара Хана, физичара Филипа Франка који је активно суделовао у тој средини иако је предавао у Прагу, где је наследио Ајнштајна на катедри физике на немачком универзитету, историчара Кауфмана, социолога Нојрата итд. У том периоду Карнап је иницирао доста радикалне концепције као што је то *физикализам*[4], одбацујући улогу филозофије у стварању целовитијег погледа на свет. 2. фаза у којој износи тезу о томе да је логика науке анализа синтаксичке везе међу ставовима, појмовима, теоријама, када одбацује могућност научног разматрања питања која се односе на природу реалних објеката и њихових односа према ставовима језика науке; тада развија теорију логичке синтаксе језика науке, гради језик широког рачуна предиката, апарат за логичку анализу језика. 3. фаза је после 1936. године када се бави стварањем "унификованоī језика науке", када долази до закључка о недовољности чисто синтаксичког прилаза, и о неопходности да се узме у обзир и семантика, да се разматра однос између језика и објеката на које се тај језик односи. На основу своје семантичке теорије он ствара индуктивну логику као логику вероватноће, развија формализовану теорију индуктивних закључака, теорију семантичких информација. Писао је тада радове о семантичкој интерпретацији и квантификацији модалне логике. Неки његови резултати коришћени су касније у кибернетици. Током последњих година свог рада одбацио је низ идеја из своје прве фазе, више је инсистирао на ставу о постојању "непосматраних материјалних објеката" као основи за изградњу одговарајућих логичких система.

[4] О концепцији физикализма и Карнаповим ставовима у вези са физикализмом видети Невен Сесардић *Физикализам*, уредник Д.Бошковић, ИЦС, Београд, 1984, библиографија стр.154-171; О филозофији неопозитивизма, и посебно о Карнапу видети Волфганг Штегмилер *Главне струје савремене филозофије*, Историјско-критички увод, "Нолит" Београд, 1962, 270-371; Радомир Ђорђевић *Филозофија науке Филипа Франка*, X конгрес физичара Југославије, књ. II, 1061-1063, Врњачка Бања 2000.; Радомир Ђорђевић *Филозофија физике Ханса Рајхенбаха*, Зборник радова са републичког семинара о настави физике, Друштво физичара Србије, Аранђеловац, 2001., 146-149.

Од двадесетих година Карнап је у разноврсним комуникацијама не само са члановима *Бечкоī круīа* него и са неким од припадника *Берлинскоī круīа*. Марта 1923. године на једном научном скупу упознаје се са Хансом Рајхенбахом главним претставником *Берлинскоī круīа* са којим одржава везе све до краја живота Рајхенбаха, 1953. године. Повезивале су их заједничке преокупације у вези са истраживањима основних теоријских и методолошких проблема физике, али исто тако и истраживања у области логике и теорије сазнања. То је време бурних расправа о филозофским претпоставкама и основама Ајнштајнове теорије релативности, дискусије о томе воде се, може се рећи, у свим европским центрима и попримају и идеолошки карактер, чак и у краљевини Југославији, где је у знак подршке противницима те теорије дошао и сам Јоханес Штарк, добитник Нобелове награде који је као и други добитник Нобелове награде физичар Филип Ленард, одушевљено подржавао нацисте. Карнап је на позив

из Варшаве посетио тај значајан центар, одржао предавања и са припадницима тзв. варшавске школе логичара (понекад се назива варшавско-лавовска школа-Лавов, данашњи Љвов припадао је Пољској од њеног издвајања из руске империје 1918. до 1939. године, до почетка II светског рата, када је ушао у састав СССР, данас у Украини). Неколико недеља 1934. године провео је у Енглеској где се сусрео и расправљао са Раселом, Вуџером, Ејером, Брајтвејтом и другима. А у Америци где су му пружили посебну помоћ Чарлс Морис и Вилард Квајн он је током наредних година раширио везе учествујући и на бројним филозофским и научним скуповима. Тамо наставља сарадњу и са онима који су били принуђени да емигрирају из Немачке и Аустрије због претњи нациста, пре свега са Рајхенбахом, Филипом Франком и бројним другим. Од веома значајних веза треба још поменути оне из времена његовог рада у Институту за истраживачке студије у Принстону од 1952. године до 1954. године са математичарем и филозофом Џоном Кеменијем, са којим је заједнички разматрао проблеме индуктивне логике и проблеме вероватноће за језик са неколико предиката. У том периоду Карнап је имао и важне сусрете са Албертом Ајнштајном који је тамо живео такође као емигрант, Геделом и другима.

У овом кратком осврту није могуће ни набројити све Карнапове радове и дела, нити све значајне резултате због тога ћу навести само неке спискове који означавају етапе или фазе у његовом развоју, оне у којима су садржане његове најзначајније концепције. Осим напред поменутих у такве спискове спадају свакако: *Логичка изградња света*, Берлин, 1928. У том делу Карнап настоји да знања о објектима и њиховим релацијама, појмове природних и друштвених наука одреди помоћу "елементарних искустава", појмове емпиријских наука сведе на елементарна, основна емпиријска искуства, користећи се том приликом и апаратом симболичке логике. У

делу *Основи логике и математике* (објављеном у Међународној енциклопедији уједињене науке, 1939. вол. I, бр.3) разматрао је однос између синтаксе и семантике. У књизи *Увод у семантику*, Кембриџ, САД, 1942. године изложио је теорију истине и логичке дедукције. Дела *Формализација логике*, Кембриџ, САД, 1943. и *Значење и нужност*, 1947. године показују промене у правцу превазилажења скептичког става у погледу вредности семантичког метода у филозофији. Следеће у низу главних дела је дело *Логичке основе вероватноће*, Чикаго, 1950. године, и књига *Континуум индуктивних логика*, Чикаго, 1952. године, ова друга није довршена и са претходном је требала да чини целину књиге замишљене под насловом *Вероватноћа и индукција*. Затим следи дело *Логичка синтакса језика*, Лондон, 1954. године, у којој заступа тезу о оштрој разлици између аналитичких и синтетичких ставова.

На почетку овог осврта поменуо сам да посебно место међу Карнаповим делима заузима дело *Филозофске основе физике*, објављено већ пред крај његовог живота јер у њему налазимо неку врсту резимеа најзначајнијих схватања у облику неке целине, мање или више заокружене, након сложене еволуције. У прилици као што је ова могућ је само краћи преглед основних ставова из дела у коме је размотрен доста широк круг проблема. У том погледу – погледу ширине проблематике – Карнап се може поредити са оним ауторима који не сужавају значајно, не редукују тако изразито предмет те дисциплине што сигурно не би био случај да је то дело из његовог раног периода када су идеје о великој реформи филозофије и радикалном раскиду са метафизиком биле основне и код овог филозофа као и код других припадника *Бечког круга*.

Филозофија физике и филозофија науке Карнапа може да се упозна у основним цртама према одговорима које је овај филозоф дао на старо и увек у понечему ново питање:

шта је предмет физике и науке уопште, каква је функција науке –описивање феномена или изналажење објашњења неке реалности, ентитета изван нас, о коме могу да се изричу одговарајуће претпоставке. Карнап се наслања на ранију феноменолошку традицију коју је највише оличавао Мах а донекле и Дијем. Питање неке физичке реалности је за њега псеудопитање. Задатак физике је описивање терминима, исказима који су заправо предмет истраживања, главно је извесно "очишћење" језика, које открива псеудопроблеме, који доводе до већине спорова у науци. У тим тезама има извесне оправданости када је реч о потреби систематске анализе језика науке, што је за неопозитивисте било главно, али остајање само на томе је водило редукцији проблема философије и науке уопште, ограничавало је видике и није нипошто било подстицајно у даљим истраживањима. Анализе језика о којима је овде реч на један или други начин доводе нас у ситуацију када се ипак увиђа нужност одређених најопштијих претпоставки философско-метафизичког карактера. Другим речима теорије и концепције физике нису у потпуности аутономне[5], све оне изискују у последњој инстанци неко философско-метафизичко утемељење уколико тежимо да мислимо консеквентно и синтетички. Сасвим је друга ситуација ако смо у неком посебном домену, где се више бавимо техничким проблемима науке, без потребе за вишим нивоима интерпретације. Тако се уверавамо да између философије и физике и науке уопште не само да постоје везе него су оне врло различитог карактера а на то указује на одређен начин и историјски развој философије и науке, као уосталом рекло би се и свакодневна истраживања и пракса у науци. Макс Борн је с правом указивао на слабост тезе о непостоја-

[5] Радомир Ђорђевић *Принципи Дијемове епистемологије*, Дијалектика, XX, 3-4, 1985, 173-180; Пјер Дијем *Циљ и структура физичке теорије*, прев. с француског Милош Ђурђевић, предговор Звонко Марић, изд. књижарница Зорана Стојановића, Сремски Карловци, Нови Сад, 2003.

њу везе између философије и физике инсистирајући на важности философских интерпретација знања физике.[6]

Већ на почетку својих излагања у делу *Философске основе физике*, Карнап се осврће на своје полемике са Хансом Дришом на философском конгресу у Прагу 1934. године о појму ентелехије тражећи од опонента да разјасни могући физички смисао те загонетне силе, (ту није реч о силама као што су, гравитација, магнетизам, напомиње Карнап). Када разматра проблем мерења и квалитативног језика Карнап такође заузима знатно умереније становиште спорећи са радикалним операционалистима. О тој умерености па и извесним променама у ставовима можемо судити из следећих редова: " Већина судова науке (ставова) су синтетичког карактера јер садрже нешто више него што је значење које се приписује њиховим терминима. Они нам (ти ставови –Р.Ђ.) нешто говоре о природи света" .

У делу *Философске основе физике* Карнап се не залаже више за онај некадашњи "програм-максимум"– изградње језика којим би се превладао обичан језик, за програм формализације знања, језик физике остаје по његовом мишљењу и даље углавном природни, квалитативни језик. Иако позитивистички програм апсолутне формализације знања а то је био и Карнапов сан није реализован он је ипак био у извесној мери значајан за развој појединих специјалних дисциплина. Ставови Карнапа о емпиријској основи или пореклу језика науке такође бацају светло на промене у његовој позицији у односу на раније фазе. Бавећи се разматрањем експерименталног метода он говори о операцијама које су усмерене, према нечему споља, што је интерсубјективно и на крају представљају критеријум избора међу различитим те-

[6] Макс Борн *My Life and view*, Introduction by I.B Cohen, Charls Scribners Sons, New York, 1968; Радомир Ђорђевић *Борнова философска хватања*, Зборник предавања са Републичког семинара о настави физике, Друштво физичара Србије,Врњачка Бања, 2002., 77-80.

оријским моделима у физици. Ту је претпостављена нека стварност, различита од света осета, опажаја. Али у разматрању тих проблема Карнап не превлађује извесне противречности. То се показује најјасније у његовим гледањима на старе и увек на неки начин нове проблеме у вези са узрочношћу и детерминизмом. Гледишта о томе и у другим случајевима обележавају општи карактер, бар кад је реч о филозофској основи тих концепција. Карнап је у разјашњавању смисла и значења споменутих категорија увелико остао при старим тезама карактеристичним и за друге неопозитивисте – да се о реалности не може говорити јер је реч о метафизичком проблему, о одређености или детерминизму такође, јер је по његовом мишљењу наука с краја 19. и у првим деценијама 20. века изашла из оквира лапласовског детерминизма, па ипак, на многим местима у Карнаповим излагањима у овој књизи налазимо имплицитно премисе о реалности с оне стране осета и опажаја.

О категорији узрочности којој је посвећено посебно поглавље Карнап пише поред осталог: "Појам узрочности је један од основних проблема у савременој филозофији науке, он је привлачио пажњу различитих филозофа почевши од античке Грчке па све до наших дана. Раније је тај појам припадао делу науке који се називао филозофија природе. Та област обухватала је не само емпиријско истраживање природе него и филозофску анализу тог сазнања. Сада је све јасније, очевидније да је истраживање природе задатак научника-емпиричара, а не задатак филозофа као таквог".

"Наравно – наставља Карнап – филозоф може бити истовремено и научник. Али у том случају он треба да схвати фундаменталну разлику између две врсте проблема које он може да истражује. Ако он поставља таква питања као што су: како су се формирали кратери на месецу? Или, постоје ли галаксије створене од антиматерије?, онда он поставља питање за астронома и физичара. С друге стране ако се

његов проблем не односи на природу света него на фундаменталне појмове науке, онда се он бави проблемом филозофије науке, то је проблем из домена филозофије науке". Ово није једино место из излагања Карнапа у делу *Филозофске основе физике*, које је индикативно за његову позицију уопште па и за противречности које он није могао да избегне до краја. Ма како делили домене и специјалности за ове или оне стручњаке остају проблеми и то они основни који их на крају крајева доводе у одговарајуће везе. Природа појмова у физици, макар се и достигао идеал о коришћењу најмањег броја тих појмова не може се успешно разјашњавати ако се не уведу неке метанаучне претпоставке, оне онтолошког карактера које онда на одређен начин леже и у основи одговарајуће гносеологије, логике па и методологије науке – ако тежимо да мислимо конзеквентно, синтетички, ако следимо и неки логос истраживачке праксе која нас стално враћа на поједина од тих исходишних начела. Тако однос филозофије и науке или однос филозофије и физике посебно, онако како га представља Карнап на наведеном месту али и у неким другим одељцима књига није прихватљив. Овде ваља потсетити да је управо тих година Ајнштајн у бројним фрагментима, дискусијама, разјашњавањима у кореспонденцији са разним опонентима итд. превладавајући различите утицаје – а ти утицаји су се некако брзо смењивали – доспевао до неких самосталних решења, истина не без извесних недоследности – која су пружала далеко сигурнију основу и отварала знатно веће перспективе, и имала одређен хеуристички карактер. А поједине његове гносеолошке идеје пре свега оне о великој улози тзв. естралогичких облика сазнавања – интуиције – о којој је иначе доста писао, у даљим расправама нашле су своју одговарајућу афирмацију.

Ова скица Карнапових основних ставова у делу *Филозофске основе физике* иако изведена најкраће могла би се допуњавати прегледом Карнапових одредби неких основних

категорија као што су категорије *закон, нужност* – за ову последњу он је иначе мислио да губи значај у ери квантне механике итд – али се из приказа већ поменутих његових основних ставова може видети јасно општи карактер његове концепције, која је знатно умеренија него што је било у претходним списима.

Александар Липковски

О ПРИМЕНИ МАТЕМАТИЧКИХ МЕТОДА У ИСТОРИЈИ И ХРОНОЛОГИЈИ

Природне науке, посебно физика, не могу без математике. Степен применљивости математике у њима је такав да је нобеловац Јуджин Вигнер у једном тренутку ускликнуо[1]:

"Математички језик је изузетно добро применљив за формулисање физичких закона. То је чудесни дар, који не разумемо и не заслужујемо. Остаје нам само да на њему захваљујемо судбини и да се надамо да ћемо и у будућим истраживањима моћи да га и даље користимо. Сматрамо да ће област његове применљивости стално да расте, доносећи нам не само радост већ и нове главобоље."

И заиста, област применљивости математике стално расте и доноси многима главобоље. Прво је дошла теорија катастрофа француског математичара Рене Тома која је покушала да објасни скоковите промене које настају приликом мале промене управљачких параметара. Она је дала објашњења и неких биолошких или социолошких појава, као што је нагли раст популације скакаваца или настанак побуна у затворима.

Историјска наука је дуго била поштеђена примене математике. Почетком деведесетих година двадесетог века руски математичар Фоменко је истражујући старе историјске текстове дошао до необичне теорије о потреби темељите промене хронологије историјских догађаја. Он је у хронологију увео нове, дотад некоришћене математичке методе и објавио прву књигу под насловом "Методе статистичке анализе наративних текстова и примене у хронологији" (9) НХ-II(1)-1. Због догађаја тих година, сецесионистичког и грађанског

рата у Југославији и санкција које су уследиле, књига је доспела у Београд са закашњењем. Године 1993/94 за време боравка у Москви аутор овог чланка је имао прилику да се са Фоменком лично упозна, више пута састане и дискутује о тој теорији. Први кратак приказ књиге појавио се у "Галаксији" из пера Милана Божића[2]. Најзад, српска читалачка публика је добила прилику да се упозна са Фоменковим радом године 1997, када је изашла књига под насловом "Статистичка хронологија – У ком смо веку?" у издању Математичког института САНУ и Досијеа и у преводу Драгана Благојевића и аутора овог чланка[3].

Анатолиј Тимофејевић Фоменко (р. 1945) је познати математичар, члан Руске академије наука и многих других академија, шеф Катедре за диференцијалну геометрију и примене Механичко-математичког факултета Московског државног универзитета (МГУ), аутор многих математичких књига и уџбеника, цењени предавач. Поред свега тога бави се сликарством и хронологијом. Током последњих десетак година формирао је читав тим сарадника који раде на развоју нових хронолошких теорија. Његов најзначајнији сарадник је Глеб Владимировић Носовски (р. 1958), виши научни сарадник на Катедри за диференцијалну геометрију и примене на МГУ. После прве књиге, изашла је читава серија књига Фоменка, Носовског и сарадника посвећених овим истраживањима. Серија данас носи заједнички назив "Нова хронологија", а комплетан списак наслова наведен је у литератури[9].

Задатак који је Фоменко себи поставио је критичка анализа хронологије догађаја у историјском периоду (последњих две или три хиљаде година), применом пре свега математичких, статистичких и астрономских метода, али и свих других расположивих средстава, укључујући геологију, технологију, картографију, упоредну лингвистику и многе друге. Фоменкова теорија коренито ревидира историју Европе

пре XIV века. Њена највећа врлина је што користи егзактне методе, што ће свако ко познаје снагу и строгост тих научних метода, умети да оцени.

Фоменко није први аутор који указује на проблеме у традиционалној хронологији. Поред познатих имена као што је Исак Њутн[4], који се у својим позним годинама бавио проблемима хронологије, то је почетком овог века веома аргументовано урадио руски научник Н. А. Морозов.

Уобичајене методе датирања у хронологији се углавном своде на две: упоредно тј. релативно датирање догађаја помоћу већ познатих, датираних догађаја и примену методе радиоактивног угљеника C^{14}. Свако ко логички мисли, видеће да се у упоредном датирању крије circulus vitiosus, "погрешни круг". С друге стране, многи налази показују да је метода радиоактивног угљеника прилично несигурна за релативно блиски историјски период који нас интересује. Постоје и друге методе датирања, као што је дендрохронолошка метода, али и њихова поузданост је релативна, и све се оне користе само као додатне методе у спрези са основним, упоредним датирањем. Како дакле егзактно датирати догађаје односно текстове који их описују? У даљем ћемо покушати да укратко прикажемо основне Фоменкове методе и њихове резултате.

Основна Фоменкова методолошка поставка је покушај објективног, непристрасног датирања. Наиме, он покушава да приликом одређивања времена настанка неког текста заборави на претходна датирања и да га датира потпуно независно од контекста у који је он смештен од стране традиционалне историјске науке. Историјски текстови и хронике имају свој развојни пут кроз векове. Током преписивања, преправљања и превођења настају разне интерпретације, грешке, померања личних и географских имена и сличне промене текстова. Данас их историјска наука ставља у чврсти оквир који допушта врло мало варијација. Основно је

питање могу ли се установити нове, објективне методе за датирање таквих текстова. Фоменко користи две такве егзактне методе: астрономску и статистичку. При томе је астрономска метода коришћена и пре Фоменка, али је он применом те методе добио неке неочекиване резултате. С друге стране, статистичке методе у хронологији до сада нису примењиване и то је велика новина Фоменковог приступа проблему.

МЕТОДА АСТРОНОМСКОГ ДАТИРАЊА

Историјски текстови често садрже детаљне описе разних астрономских догађаја: помрачења Сунца и Месеца, положаје планета у односу на сазвежђа Зодијака (хороскопе, које не треба мешати са данашњим схватањем ове речи), појављивање комета и др. Датуми који одговарају тим догађајима се могу израчунати, данас се то може урадити веома прецизно. Методу је први научно користио Јохан Кеплер за проверу датирања пелопонеских ратова на основу текста Тукидидове Историје пелопонеских ратова, у коме је описана тројка помрачења – Тукидидова тријада. Међутим, у новије време је примећено да су многа таква датирања натегнута, односно да се астрономски догађаји који су се десили тог датума не поклапају сасвим тачно са догађајима описаним у тексту. Тако, много је спорова било око поменутог Кеплеровог датирања. Дионисије Петавијус[1] је у XVI веку утврдио да се тријада десила 431, 424. и 413. године пре нове ере. То је Кеплер прорачунима потврдио, али су каснији прорачуни оповргли Кеплерове налазе. Историјска наука такве непрецизности приписује углавном ауторима изворних текстова, сматрајући да нису добро описали оно што виде. Фоменко напротив полази од претпоставке да су аутори одлично описали оно што виде и на основу тога покушава да датира астрономски догађај. При томе се не ограничава интервалом који оквирно предвиђа традиционална хронологија, већ тражи астрономско решење на *целом историјском интервалу*. На тај начин он налази скоро једнозначна решења за многе астрономске догађаје која се драматично разликују од традиционалних. На пример, Тукидидова помрачења имају, по Фоменку, два сасвим тачна астрономска решења. Једно смешта Пелопонеске ратове у 1039-1057, а друго чак у 1133-1151 годину (после рођења Христовог, наравно)! Још један пример примене астрономске методе по Фоменку је датирање зодијачких хороскопа који су нађени у храму у Дендерима и у другим египатским храмовима.

[1] Дионисије Петавијус (1583-1652), језуита, ученик оснивача хронологије Јозефа Скалигера

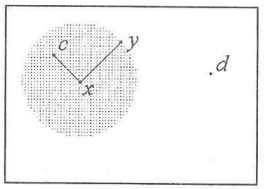
СТАТИСТИЧКЕ МЕТОДЕ: ПОРЕЂЕЊЕ ТЕКСТОВА

Статистички приступ старим текстовима такође је потекао од Морозова, а савремена рачунарска технологија је отворила неслућене могућности које је Фоменко искористио. Основна идеја је поређење разних рукописа, хроника, текстова анализом њихових *квантитативних* особина без улажења у садржај. Овде је Фоменко развио више статистичких метода, од којих ћемо две кратко приказати.

Прва метода је поређење два текста преко функција обима. За сваку хронику која описује низ догађаја по узастопним годинама можемо увести функцију обима, пребројавајући речи (или слова, странице или неку другу квантитативну карактеристику) утрошене на опис поједине године. На тај начин добијамо низ бројева који задаје функцију обима датог текста. Уместо да поредимо текстове, ми поредимо њихове функције обима. Математика познаје егзактне методе за поређење функција и мерење њихове близине, односно растојања у простору функција. Фоменко је на тај начин дошао до неочекиваних резултата. Он је открио парове тексто-

ва који описују сасвим различите догађаје, у традиционалној хронологији раздвојене у времену стотинама година и у простору хиљадама километара, а чије су функције обима необично блиске. Вероватноћа да је та блискост случајна, изузетно је мала и упоредива са вероватноћом да исти човек два пута узастопце добије главну награду у игри лото. Пример таквог пара текстова је Ливијева "Историја" и Грегоровијусова "Историја Рима у Средњем веку"[2].

Први корак у поређењу два текста је налажење одговарајућих функција обима, дакле функција које показују колики је обим текста посвећен појединим годинама. График тих функција има сувише назубљену структуру, па после малог "пеглања" применом стандардних метода математичке анализе, уочавамо тачке њихових локалних максимума. Они одговарају годинама које су у тексту описане најподробније. У реалним хроникама број локалних максимума после "пеглања" је од 10 до 15. Затим одређујемо целобројне низове $x=(x_1,...,x_n)$ и $y=(y_1,...,y_n)$ састављене од интервала између суседних максимума. Ови низови представљају тачке у еуклидском простору E^n, те можемо израчунати растојање $r=d(x,y)$ између њих. Посматрајмо скуп свих могућих таквих целобројних тачака d и нека је D укупан њихов број. Ако је C број оних тачака c које се налазе на растојању до x мањем од p, (математичари би рекли: у кугли полупречника p са центром у x) израчунавамо коефицијент вероватноће случајног поклапања година (ВСПГ)



$$\kappa_{\text{ВСПГ}} = C / D$$

То је проценат оних низова максимума који се међусобно разликују за мање од p, у односу на број свих могућих низова максимума. Текстови се сматрају различитим, ако је $\kappa_{\text{ВСПГ}} > 10^{-2}$ и сличним, ако је $\kappa_{\text{ВСПГ}} < 10^{-8}$. Ови

[2] Фердинанд Грегоровијус (1821-1891), немачки писац и историчар

бројеви су одређени експериментално на великом броју поуздано зависних и независних парова текстова, на којима је Фоменко уочио огромни јаз у вредности коефицијента $\kappa_{\text{ВСПГ}}$ код зависних и код независних парова. Наводимо неке од зависних парова историјских хроника које је открио Фоменко:

- Ливије и Сергејев: $\kappa_{\text{ВСПГ}} = 10^{-12}$
- Хроника Ливије+Сергејев и Грегоровијус (Историја средњовековног Рима): $\kappa_{\text{ВСПГ}} = 10^{-11}$

СТАТИСТИЧКЕ МЕТОДЕ: ПОРЕЂЕЊЕ ДИНАСТИЈА

Још једна статистичка метода је поређење династија. За разлику од уобичајеног значења речи "династија" као наследног низа владара, под династијом Фоменко подразумева низ од више узастопних владара у једној геополитичкој области, без обзира да ли се ради о наследној династији, фараонима, папама, или другој врсти владара. Дужина низа је 15 и изабрана је тако да једна династија у просеку покрива историјски период од око 300 година. Ако реалној историјској династији придружимо низ бројева који представљају дужине владавина појединих владара, добијамо тзв. бројчану династију. Ту постоји низ проблема техничке природе које је Фоменко решио мање или више успешно (на пример, крајеви владавине нису тачно утврђени, или више владара влада истовремено и сл.). Фоменко је рачунарски обрадио све могуће бројчане династије које је добио од реалних династија из великог броја хронолошких извора. Основни извор који је користио су Блерове хронолошке таблице. Распон у коме се посматрају династије био је од 4000. године пре Христа до 1800. године после рођења Христовог, а укупан број таквих династија је веома велики, реда величине један билион, односно 10^{12}. Као и код функција обима, математичким методама може се мерити растојање између бројчаних династија. Фоменко у том мору династија открива па-

рове блиских бројчаних династија чије су одговарајуће реалне династије у традиционалној хронологији раздвојене хиљадама километара и стотинама година. При томе је блискост толико велика, да је врло мало вероватно да је у питању случајност.

Нека је D укупан број посматраних династија. При томе се узимају у обзир и могуће грешке старих хроничара: спајање два узастопна владара и замена места два узастопна владара. Ако поредимо две бројчане династије тј. два целобројна низа $x=(x_1,...,x_{15})$ и $y=(y_1,...,y_{15})$, прво налазимо растојање $r=d(x,y)$ између њих у еуклидском простору E^{15}, а затим израчунавамо број C династија чије је растојање до x мање од p, као и коефицијент вероватноће случајног поклапања династија (ВСПД)

$$\kappa_{\text{ВСПД}} = C / D$$

То је проценат династија које се међусобно разликују за мање од p, у односу на број свих династија. Династије се сматрају различитим, ако је $\kappa_{\text{ВСПД}} > 10^{-3}$ и сличним, ако је $\kappa_{\text{ВСПД}} < 10^{-8}$. И ови су бројеви одређени експериментално, на великом броју поуздано зависних и независних парова династија, на којима је Фоменко такође уочио јаз у вредности коефицијента $\kappa_{\text{ВСПД}}$ код зависних и код независних парова. Наводимо неке од нађених неочекиваних паралела:

- Света римска империја немачке нације (Отон I, 962 – Конрад IV, 1254) и Друга римска империја (Луције Сула, 82 пне. – Септимије Север, 211): $\kappa_{\text{ВСПД}} < 10^{-12}$
- Света римска империја немачке нације (Хајнрих I Птичар 919 – Албрехт I 1308) и Јудејско царство (Стари Завет, Ровоам – Седекија): $\kappa_{\text{ВСПД}} < 10^{-12}$

После налажења појединих статистичких подударности текстова или династија, Фоменко је вршио детаљније поређење описа одговарајућих догађаја или биографија. Ту је

пронашао веома много паралелних места из биографија блиских династија, тзв. биографске паралелизме. Велики део књиге[3] посвећен је приказу управо ових паралелизама биографија одговарајућих владара.

РЕКОНСТРУКЦИЈА ХРОНОЛОГИЈЕ И ДАЉИ РАЗВОЈ МЕТОДА

Оно што највише фасцинира у Фоменковом раду није само и једино чињеница да је он у расположивом хронолошком материјалу нашао много паралелних места. Паралеле саме за себе не значе много: такве и сличне паралеле су биле познате и раније. Велики аргумент у корист Фоменкове теорије је што је он успео да све добијене паралеле синтетише у јединствену хронолошку схему која објашњава све одједном, при чему се у ту схему уклапају и статистичке и астрономске (не)правилности. У каснијим књигама[9], Фоменко и Носовски користе и друге методе за анализу хронологије. То су различите лингвистичке паралеле, анализе старих географских карата, гравира, староруских летописа, библијских текстова и друге разнолике методе. Занимљива је Фоменкова анализа градње великих египатских пирамида. Он са приличном сигурношћу тврди да пирамиде нису сазидане од клесаних камених блокова, већ од блокова који су у ствари изливени од једне врсте бетона. При томе, као математичар, Фоменко има осећај за исправност извођења закључака и доказа, особине које често недостају научницима из друштвених наука.

Опишимо укратко Фоменкову реконструкцију хронолошке схеме. Први поуздани историјски подаци који су до нас дошли су тек из XIV века. Практично, не постоје веродостојни подаци старији од X века. Како је до тога дошло? У старим хроникама, наиме, није постојала јединствена нумерација година. Године су најчешће одбројаване дужином владавине појединих владара. Тек је веома касно утврђена

јединствена временска скала, у византијским изворима од стварања света, или, још касније, од рођења Христова. Историја коју данас познајемо редигована је и написана у XVI веку од стране Јозефа Скалигера[3] и његовог ученика Дионисија Петавијуса, а затим мање или више некритички преписивана. При томе, све неканонске верзије историје (којих је ипак било, ако погледамо списе Мавра Орбинија, хронику попа Дукљанина и друге изворе) су, у складу са традицијом Католичке цркве, уништене или уклоњене или пак проглашене погрешним. По Фоменку је ова, званична хронологија у ствари настала спајањем основне (кратке) верзије хронологије са три њене копије, транслиране у времену уназад за око 1800, 1000 и 300 година са промењеним географским и личним именима. Основна верзија хронологије је много краћа, и садржи веродостојне податке тек од X-XI века. По тој хронологији древни Рим се дешавао пре древне Грчке, антички грчки догађаји су смештени у Средњи век, а традиционалног европског Средњег века није ни било. Света римска империја немачке нације се поклапа са класичном Римском империјом и са Старозаветним царствима...

Као што читалац може видети, Фоменкова хронолошка схема је толико револуционарна и тешко прихватљива, да је чак ни он сам не прихвата беспоговорно, већ се залаже да се око критичке анализе и заснивања хронологије окупи што већи број стручњака разних специјалности, како би разјаснили проблеме хронологије и изградили веродостојну хронологију историјских догађаја. Низ аутора наставља и даље развија Фоменкове идеје, публикујући радове и књиге. Поменимо само неке: бугарски математичар Јордан Табов[5], група немачких научника Хериберт Илиг, Гунар Хајнзон, Кристијан Блес, Ханс-Улрих Нимиц[6], Виеслав Кравцевич из Пацифичког института за математичке науке, чувени

[3] Јозеф Јустус де Скалигер (1540-1609), оснивач научне хронологије

шахиста Гари Каспаров, наш математичар и шахиста Радош Бакић и многи други. Постоје и интернет локације посвећене овој проблематици[7].

Аутор овог чланка се придружује Фоменковој иницијативи, посебно зато што на нашем простору постоји много археолошког, историјског и хронографског материјала који може да помогне у оваквим настојањима. Нажалост, досадашња искуства контакта са стручњацима из тих научних области нису охрабрујућа. Показало се да историчари не мисле да треба критички размишљати о основама хронологије, сматрајући да је дефинитивни костур хронологије једном за свагда утврђен и да су могуће једино ситније корекције. Као да није довољно искуство догађаја у двадесетом веку, у којима је видљиво остварена стара максима: историју пишу победници! Овај, у суштини догматски приступ избегава било какве озбиљније дискусије о проблему хронологије, а поједине видљиве контрадикторности своди на разне грешке аутора и преписивача оригиналних текстова. Истини за вољу, у Историјском часопису је, предусретљивошћу Славенка Терзића, тадашњег директора Историјског института САНУ, изашао ауторов приказ Фоменкове књиге[8]. Нешто је боља ситуација код археолога, који су и сами свесни многих проблема хронологије и који су отворенији за конструктивне дискусије и истраживања. Аутор се нада да ће и историчари и археолози, као и историчари уметности и многи други научници, имати слуха за озбиљност Фоменкових налаза. Време је да математика уђе и у науке које до сада нису користиле њене методе.

ЛИТЕРАТУРА

(1) E. Wigner: The unreasonable effectiveness in mathematics. Comm. Pure and Appl. Math., 1960, 13, 1-14

(2) М. Божић: Проблематичност старе учитељице. Галаксија, бр. 245, октобар 1994

(3) А.Т. Фоменко: Статистичка хронологија. Математички поглед на историју – у ком смо веку? Досије и Математички институт САНУ, Београд 1997 (српски превод књиге НХ-II(1))

(4) I. Newton: The chronology of ancient kingdoms amended. To which is prefix'd, a short chronicle from the first memory of things in Europe, to the conquest of Persia by Alexander the Great. London, J. Tonson, 1728

(5) Й. Табов: Падането на Стара България. Моранг, София, 1997

(6) H. Illig: Hat Karl der Große je gelebt? (Bauten, Funden und Schriften im Wiederstreit). Mantis Verlag, Gräfelfing, 1996

G. Heinsohn: Assyrerkönige gleich Perserherrscher! (Die Assyrienfunde bestätigen das Acähenidenreach). Mantis Verlag, Gräfelfing, 1996

C. Blöss, H.-U. Niemitz: C14-Crash (Das Ende der Illusion mit Radiokarbonmethode und Dendrochronologie datieren zu können). Mantis Verlag, Gräfelfing, 1997

G. Heinsohn, H. Illig: Wann lebten die Pharaonen? (Archäeologische und tecchnologische Grundlagen für eine Neuschreibung der Geschichte Ägyptens und der übrigen Welt). Mantis Verlag, Gräfelfing, 1997

(7) http://www.newchrono.ru

http://www.revisedhistory.org/forum

(8) А. Липковски: Статистичка хронологија А.Т. Фоменка. Историјски часопис (Historical Review), књ. XLV-XLVI (1998-1999), Београд, 2000, стр. 381-389

(9) Серија "Нова хронологија" (нумерација није дата хронолошки већ тематски, од стране А.Т. Фоменка):

НХ-I 1) АТ Фоменко: Критика традиционной хронологии античности и средневековья (Какой сейчас век?). Мех.-мат. Фак. МГУ, Москва, 1993
2) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Введение в новую хронологию (Какой сейчас век?). Крафт-Леан, Москва, 1999

НХ-II(1) 1) АТ Фоменко: Методы статистического анализа нарративных текстов и приложения к хронологии. МГУ, Москва, 1990
2) AT Fomenko: Empirico-statistical analysis of narrative material and its applications to historical dating. Vol. 1: The development of statistical tools. Vol. 2: The analysis of ancient and medieval records. Kluwer Academic Publishers, 1994

НХ-II(2) 1) АТ Фоменко: Глобальная хронология. Исследования по истории древнего мира и средних веков. Математические методы анализа источников. Мех.-мат. Фак. МГУ, Москва, 1993

НХ-III 1) AT Fomenko, VV Kalashnikov, GV Nosovsky: Geometrical and statistical methods of analysis of star configurations. Dating Ptolemy's Almagest, CRC-Press, 1993
2) ВВ Калашников, ГВ Носовский, АТ Фоменко: Датировка звездного каталога "Альмагеста". Статистический и геометрический анализ. Факториал, Москва, 1995
3) ВВ Калашников, ГВ Носовский, АТ Фоменко: Астрономический анализ хронологии. Альмагест. Зодиаки. НХ, Москва, 2000

НХ-IV 1) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Новая хронология и концепция древней истории Руси, Англии и Рима. Том 1,2. Изд. Уч.-науч. Центра довузовского образ. МГУ, Москва 1995 (друго, прерађено издање 1996)
2) АТ Фоменко: Новая хронология Греции. Античность в средневековье. Том 1,2. Изд. Уч.-науч. Центра довузовского образ. МГУ, Москва 1996
3) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Русь И Рим. Том 1,2. Олимп, Москва, 1996
4) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Новая хронология Руси. Факториал, Москва, 1997

НХ-V 1) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Империя. Факториал, Москва 1996

НХ-VI 1) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Математическая хронология библейских событий. Наука, Москва, 1997
2) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Библейская Русь. Том 1,2. Факториал, Москва, 1998
3) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Русь-Орда на страницах библейских книг. АНВИК, Москва, 1998

НХ-VII 1) ГВ Носовский, АТ Фоменко: Реконструкция всеобщей истории (Новая хронология. Книга 1). ФИД Деловой Экспресс, Москва, 2001

Илија Марић

НЕКЕ ПРЕТПОСТАВКЕ РАЗВОЈА НАУКЕ У ВИЗАНТИЈИ

Извештавајући о Dumbarton Oaks симпозијуму, одржаном 1961. године на тему историје византијске науке, угледни истраживач на овом подручју Милтон В. Анастос је писао: "Скромни резултати Византинаца у природним наукама остају као једна од мистерија грчког средњег века". Разуме се, Анастос није рекао ништа ново, ову констатацију историчари варирају још од Гибона. Поменута мистерија је наглашена следећим околностима: 1. Византија је око седам векова (од V до XII) била у релативно повољнијем положају у односу на Запад Европе – школски систем је функционисао у време када је на Западу једва одржавана елементарна писменост, Византинци су непрекидно поседовали изворне списе античких философа и научника и то на матерњем језику тако да нису зависили од превода. 2. Успех Византије на другим подручјима духовног стваралаштва – нпр. на подручју теологије или ликовних уметности – није запажен у наукама. Зашто су ове околности погодовале развоју једних, а не и других духовних дисциплина?

Имајући у виду, наставља Анастос, "велику важност античких грчких класика и њиховог значења за модерну културу, историчари налазе да је тешко објаснити зашто је ренесанса тако дуго одлагана. Како се могло десити, питали су многи, да византијски Грци нису били кадри да развију античко учење и да га употребе као основу за нова открића?" Овде се имплицитно претпоставља да се античко учење могло даље плодно развијати и да су се на тим темељима могла

прибављати нова открића. Надаље, има се у виду одређена интерпретација развоја науке на латинском Западу и појава ренесансе као припрема за конституисање модерне науке. Ове претпоставке са своје стране отварају низ нових питања и покушајмо стога да се нашем питању приближимо на други начин.

Када говоримо о науци у Византији, имамо у виду или оне науке које су се још у антици осамосталиле и даље развијале (математика, астрономија, оптика, хармоника) или оне које су се развијале у склопу филозофије (нпр., физика), или су пак настале у непосредном предвизантијском периоду и даље се развијале у Византији (хемија). Неки аутори, када говоре о византијској науци, имају у виду и умеће лечења (медицина, зубарство, ветерина, фармакологија) и технолошка (занатска) умећа, а томе додају и псеудо-науке (попут астрологије и алхемије). Други, опет, астрологију и алхемију виде као део традиције "ниже науке", док би преостале чиниле традицију "високе" науке.

Античка теоријска наука (*episteme*) била је одвојена од традиције технолошких, занатских умећа (*techne*). Као такве, науке су се развијале у склопу филозофије или у блиској вези са њом и биле су *слободне* од техничке применљивости, дакле вредне саме по себи, па ће се стога у средњем веку називати слободним наукама или слободним вештинама (*septem artes liberales*). Византија баштини антички школски систем, античко схватање науке и стога је "византијска наука у читавом периоду била тесно повезана са паганском филозофијом и метафизиком".

У освиту средњег века, под налетима варвара пада Западно римско царство и пропадају многи споменици античке културе, укључујући и научне и филозофске списе. Поновно усвајање научног и филозофског наслеђа антике претпоставља, прво, учење латинског и грчког језика од стране варвара, а потом *превођење* на латински језик изворних грч-

ких текстова и то у приликама када је мало ко на Западу знао грчки језик. Оваква ситуација на Западу, генерално узев, са ређим изузецима траје у дугом временском интервалу од V до XII века, због чега се то доба на Западу Европе понекад назива и мрачним средњим веком. У исто време, на Истоку се, поред развијених старих научних центара као што су Атина и Александрија, појављују и нови, међу којима је најзначајнији Константинопоље, престони град, на чијем универзитету се негују световне науке. Ови научни центри баштине читав корпус филозофских и научних текстова антике, и то на матерњем, грчком језику – дакле, без потребе превођења, као што смо већ приметили – заједно са техником школске обуке, преношења знања. Континуитет византијске државе обезбеђивао је уједно и континуитет школског система а тиме и обуке у наукама. У тих седам векова, од V до XII, када се на Западу боре са елементарним описмењавањем у манастирским школама, током којих је, рекли смо, Византија поседовала сва важнија научна достигнућа антике, у тих седам векова предности над Западом и несумњиве културне доминације у Европи, када је представљала културну велесилу тадашњег света, Византија, међутим, према Анастосу, није остварила неки виднији напредак у самим наукама.

Тако се десило да се Западна Европа – која је тек посредством Арапа у XII веку стекла шири увид у античку баштину, а у XIII веку је ову углавном превела на латински језик – самим тим изравнала са Византијом у научним знањима и изненађујуће брзо, тако рећи истовремено, стекла примат у наукама. И, као што је познато, потоњи развој науке текао је тако да су у тих неколико столећа позног средњег века створене претпоставке за конституисање модерне науке која је и настала на Западу Европе почетком модерног доба. Како разумети ову неуспешност Византије у наукама или, како рече Анастос, њене "скромне резултате"? Јован Мајендорф

подсећа да је одавно уочено како је један од главних недостатака Византије управо недостатак стваралаштва на подручју науке и технологије. Морамо имати у виду да су овакву оцену стања ствари Анастос и Мајендорф донели на основу сачуваних извора – многи нису ни сачувани – при чему знатан њихов део тек има да буде објављен како би и он постао доступан проучавању. Стога је реално очекивати извесне корекције у оценама, посебно када је реч о техници. Међутим, такође је за очекивати да будућа истраживања неће суштински променити наведену оцену. Под овом претпоставком подробније ћемо размотрити питање мистерије "скромних резултата" византијске науке.

Као и уопште када је реч о стваралаштву, и о стварању у оквиру науке тешко је говорити у равни узрочно-последичних односа јер то претпоставља да постоје неке изравне и нужне повезаности између претпостављених узрока и научног рада као ефекта. Али се без сумње разговор може водити у равни шире категорије услова који би ишли на руку унапређењу философије и науке или би пак деловали инхибиторно. То практично значи да ни у веома повољним околностима не мора нужно доћи до научног напретка, као што не значи ни да ће у веома неповољним околностима тај напредак сасвим изостати. Али се с добрим разлозима може претпоставити да ће повољније околности вероватније имати за резултат унапређење стваралаштва него неповољније. У том смислу би се одговору на постављено питање могло приступити тако што би се трагало за релевантним околностима у којима су се Византинци бавили науком и философијом и онда би се покушало проценити колико су те околности биле стимулативне или нестимулативне за развој поменутих духовних дисциплина.

Основна тешкоћа овог приступа јесте одређивање релевантних околности. Ова тешкоћа се може решавати на најмање два начина. Један је чисто спекулативни, где би се

претходно на основу једне философије историје показале одређене повезаности између мноштва фактичких услова, с једне, и научно-философских резултата, с друге стране, па би се онда, након таквог детектовања веза, приступило истраживању начина на који су те везе биле делотворне. При томе се уопште не би узимале у разматрање оне везе које су остале изван оптике такве спекулативне конструкције. Овде користим реч "конструкција" како бих подвукао могућу насилност оваквог приступа. Други начин био би чисто емпиријски. То значи да би се унапред претпоставило да је неки услов релевантан па би се онда приступило испитивању његовог утицаја на развој науке или философије. У овом приступу неизвестан је број релевантних услова јер је њихов избор у знатној мери произвољан, али се, за утеху, бар ниједан унапред не искључује неком априорном спекулативном схемом. С обзиром да се претходно нисмо определили за неку већ изграђену философију историје нити смо је пак сами развили за ову прилику, одлучујемо се за емпиријски приступ са свим његовим мањкавостима и произвољностима. Лако је могуће, при томе, да се без претходне развијеније теоријске концепције поједини услови не могу на први поглед ни уочити. Уз тај ризик, дакле, рачунамо да се и на овај начин може бар донекле расветлити постављено питање, ако се већ не може на њега и дефинитивно одговорити.

На основу емпиријског увида у друге сличне случајеве можемо претпоставити да су релевантни услови вишеструки и поделити их на унутрашње и спољашње. Под унутрашњим условима разумевамо могућности иманентног развијања и унапређивања наслеђене античке науке, а под спољашњим условима имамо у виду политичко-економско-историјске околности, затим однос Византинаца према околним варварским народима, па однос њихов према културној баштини, стање у школству и образовању као и духовни жи-

вот у Византији и његов утицај на научна истраживања итд. Размотримо најпре унутрашњи услов.

ЗАТВОРЕНОСТ АНТИЧКЕ НАУЧНЕ ТЕОРИЈЕ

Узмимо за пример темељну и парадигматичну физику која је у антици и средњем веку теоријски обухватала и она знања која ми данас убрајамо и у друге природне науке (хемија, биологија, метеорологија итд) па је у том смислу она на неки начин синонимна за природне науке. Физика се бавила кретањем земаљских ствари. Као што је у антици космос у целини схватан као коначан, тако је и Земља важила за коначну. Онда је и теорија, која је описивала такав космос, односно Земљу, била коначна и затворена. У том суштинском смислу је, на пример, Аристотелова физика била у себи довршена теорија. Она је изнашла основна начела кретања – то су позната четири узрока (форма, материја, ефицијентни и финални узрок) физикалног догађања, тј. промене или кретања, а у другој варијанти Аристотел наводи три таква узрока – и у том кључу је дала објашњење свих могућих процеса и стања ствари која су се могла уочити из перспективе овако схваћене физикалне теорије. Разуме се, нека објашњења су била унутрашње несагласна, на шта су указивали многи критичари и коментатори већ у антици а и касније (најистакнутији међу њима био је Јован Филопон из VI века). Дакле, тако изграђена теорија се начелно и није могла даље развијати јер је у суштини била довршена већ у Аристотелово време, а те унутрашње тешкоће, саме по себи, нису могле да укажу на неке нове путеве развоја. Стога је, вероватно, врхунац аристотеловске физике био управо онај када је александријски философ Филопон указао на све оне унутрашње тешкоће и противречности овако изграђене физике. Чини се, међутим, да је Филопон отишао и корак даље у том смислу што је, полазећи од свог хришћанског светоназора,

унео неке нове метафизичке претпоставке у аристотеловску физику, али потоња византијска физика није искористила ове могућности. Ово је могло бити у вези са једним особеним односом према научној баштини који бисмо могли окарактерисати као:

КОНЗЕРВАТИВАН ОДНОС ПРЕМА НАСЛЕЂУ

Као један од разлога за релативну јаловост византијске науке Милтон Анастос је видео у конзервативном, некритичком односу према властитој традицији. Наиме, како је то већ бивало у политици и у теологији, и у науци је ауторитет био нестимулативан а за Византинце су ауторитети били антички научници и философи, они који су чинили најбољи део традиције грчког народа. Стога је у Византији грчка традиција љубоморно, егоистички чувана и према њој су се, вели Анастос, Византинци односили са страхопоштовањем и некритички, догматски. Та велика научно-философска традиција преношена је преписивањем старих текстова и њиховим коментарисањем – пракса коментарисања класичних текстова започета је још у новоплатонизму, настављена је код Византинаца и Арапа да би се пренела и на латински Запад – па се у овим околностима и са оваквим односом Византинаца тешко могла очекивати критичка реч. Изузеци су текстови и коментари који су критички приступали наслеђу, а међу такве спада и онај већ помињани коментар Аристотелове физике од Јована Филопона. Најчешће су резултати античке науке преузимани и преношени без било какве провере, чак су дословно преписивани, није било устезања због плагирања. Слушаоци су на предавањима, рецимо, бележили речи свог учитеља, а после су објављивали тако настале текстове као властите коментаре и слично. Схватање оригиналности и интелектуалне својине у то време је било знатно другачије него што је то данас. У сваком случају, опонаша-

ње ранијих текстова ишло је до потпуне зависности и потчињавања ауторитету.

С друге стране, латински Запад је упознао грчке ауторе прво преко арапских превода и са арапским коментарима, а Арапи нису имали такав потчињени однос према грчким ауторитетима као Византинци, већ су античку науку преводили и тумачили из перспективе властите верске и мисаоне традиције. Па и латински хришћани су – у поређењу са Византинцима – заузимали известан критички став, посебно ако су резултати Старих били у нескладу са хришћанским веровањем. Познати православни теолог из XX века, Јован Мајендорф, упозорава да су у XIV веку запрепашћени Византинци открили како је "латински Запад, а посебно Италија, последње прибежиште истинског хеленизма", да су Латини темељно и критички истраживали Платона и Аристотела, да су они на грчки – а то значи на критички, философски – начин приступали учењу класика, што сами Византинци иначе нису чинили. Однос Византинаца, с једне, и Латина, с друге стране, према грчкој античкој баштини сликовито се може описасти као однос богатог наследника који ужива у богатству и лагано га троши не унапређујући га, што је у овом случају улога Византинаца, и скоројевића, тј. Запада, који се из петних жила труде да стекну богатство и при томе су присиљени да изналазе и нове путеве како би успели. То присуство велике класичне баштине, због ропског односа Византинаца према њему, није представљало само предност већ и становит недостатак. Свежа варварска крв западњака је ту баштину усвајала стваралачкије, без болећивости законитог наследника и ропског потчињавања властитој традицији.

Дакле, овакав конзервативан приступ класицима не обезбеђује излазак изван оквира наслеђених схватања. чак и она критичка читања, каква срећемо у Филопоновим коментарима Аристотелових природњачких списа, која иманентне

тешкоће ове философије природе доводе до крајњих напетости, још увек не успевају да сасвим искораче изван наслеђених оквира. За ово друго потребно је не само уочити унутрашње слабости важећих учења већ и изнаћи нове методолошке и теоријске претпоставке. Нешто од тога, рекли смо, сам Филопон је и урадио, али плодан развој његових идеја није уследио у Византији него прво међу Арапима а потом на Западу. Филопонове идеје се у Византији нису плодно развијале вероватно и стога што је Филопон био јеретик, монофизит, и као такав је био осуђен на једном сабору православне цркве, а уз то је живео у Александрији која је седамдесетак година након његове смрти доспела под власт Арапа. Оба наведена разлога могла су утицати да његови списи не буду толико познати у Византији. Филопонов утицај у Византији осетио се тек у XIV веку код Теодора Метохита и Теодира Мелитионита. Иначе, утицај његових идеја на Западу, посредован Арапима, био је такав да је познати историчар и философ науке Томас Кун увођење у XIV веку у физику филопоновског концепта *impetusa* назвао сменом парадигми, тј. научном револуцијом.

Наредна релевантна околност у вези је са претходном а то је:

ОХОЛОСТ И ПРЕЗРИВ СТАВ ПРЕМА ВАРВАРИМА

Византинци су према околним народима – варварима, како су их радије звали – гајили једно осећање надмоћи и више вредности. Они су са висине гледали на Арапе, Латине, Словене и друге. Међутим, Арапи, који су од VII до X века превели са сиријског или грчког на арапски главнину античких текстова, истовремено су успели да унапреде и извесна подручја науке, као што су математика, оптика, (ал)хемија, астрономија. Међутим, презрив став Византинаца према суседима спречавао их је да у знатнијој мери преводе на грчки

језик арапске списе која излажу та научна достигнућа. То ће се касније поновити и са латинским Западом који ће од XIII века па надаље бити у науци испред Византије: преводи латинских научних и философских текстова на грчки језик релативно су ретки. Колико је тај став другачији од става околних народа који грчку традицију преводе на властите језике (сиријски, јерменски, грузијски, арапски, коптски, латински, словенски).

У позном римском царству ретки су били преводи са латинског на грчки. Најзначајнији преводи у рановизантијском периоду тичу се права и јуриспруденције, односно Јустинијановог правног кодекса, затим неких хагиографских дела. Утицај латинске књижевности, поглавито теолошке (Аурелије Августин, Тома Аквински), значајан је тек у позној Византији XIV и XV века захваљујући преводилачком раду браће Кидон и Генадија II Схоларија, а тада су на грчки језик преведени и песник Овидије као и философ и ретор Кикерон (преводилац је Максим Плануд). Што се пак науке тиче, преведене су извесне астрономске таблице. Преводи са арапског и персијског поглавито су се тицали научних текстова, нарочито оних из астрономије а у мањој мери медицине и фармакологије. Такође су ретки и преводи са јерменског језика. Речју, велики пропуст начинили су Византинци својим ставом да се од варвара углавном нема шта научити. А за то време су варвари не само вредно учили од Грка па и Византинаца него су и знатно унапредили постојеће науке али о томе су Византинци мало шта знали.

Наравно, ово су све генерални ставови, грубља уопштавања, јер је увек било изузетака. Тако су, на пример, Грци одлазили код Арапа да уче медицину и слично. Ипак, опште настројење према варварима било је потцењивачко и супериорно, што је са своје стране условило необавештеност Византинаца о оним научним достигнућима која су остварили сами варвари.

ПОЛИТИЧКЕ И ЕКОНОМСКЕ ОКОЛНОСТИ

Можемо се сложити да је у раној Византији стање у наукама (математика, астрономија, физика, хемија...) обећавало плоднији развој. Сетимо се математичара (Пап, Прокло, Симпликије, Исак Аргир, Марин, Евтокије, Амоније, Филопон, Теон, Хипатија), оптичара (Теон, Домнин), астронома (Теон, Пап, Евтокије, Стефан из Александрије, Евтолик), физичара (Филопон, Сомпликије, Темистије, Олимпиодор). Академија у Атини је у IV и V веку доживела нови полет, Александрија је израсла још од хеленистичког времена у значајан научни центар, а отворен је и царски универзитет у Константинопољу – који је посвећен световним наукама, док су се теолошке проучавале на патријаршијској академији. Међутим, 529. године Јустинијан едиктом затвара философску Платонову академију у Атини, а 642. године Александрија, најзначајнији научни центар Византије, пада под власт Арапа. Од тада се научна истраживања одвијају практично само у једном центру, у Константинопољу.

Даља судбина науке у Византији, дакле, зависи од рада тог једног универзитетског центра. При томе морамо имати на уму да је на универзитету у Константинопољу уз тридесет катедри за реторику и граматику била само једна за философију. Сетимо се за тренутак како је, након пола миленијума, када је почело оснивање универзитета на латинском Западу, на просторима данашње Енглеске, Француске, Италије, Немачке, Шпаније, Чешке итд., настао и развијао се читав низ универзитетских центара са великим бројем професора. То су познати универзитети Оксфорд, Кембриц, Сорбона, Падова, Болоња, Келн и други. На Западу су се поједини универзитети истицали специјалистичким студијама (једни су се специјализовали за право, други за медицину, трећи за теологију). Међутим, на свим тим универзитетима настава се

одвијала на латинском језику, што је створило јединствени универзитетски простор са великим бројем универзитета, професора, истраживача, а то је опет обезбеђивало довољну критичну масу конкурената. У Византији је број универзитетских центара далеко мањи, у дугом периоду је практично само један па и тај је радио са прекидима. Број професора филозофије на највишој школи је само један па су могућности избора, специјализације, броја истраживача биле знатно мање него на Западу.

Научни развитак у Византији могао је бити ускраћен и стога што су бројни центри научне мисли остали изван граница Царства у рукама Арапа. Ханс Георг Бек каже: "Свет у коме се хеленизам могао развијати стално се смањивао, могућности размене од којих живи свет духа постајале су све ограниченије, слаби материјална основа на коју је образовани човек позне антике нужно био упућен већ на основу свог првобитног концепта о безбрижном посвећивању музама, а ускоро ће витални интереси преживљавања бити важнији од неговања образовних добара. Слој образованих постаје све мањи, а шири се резигнација, тај стари непријатељ интелектуалне радозналности". "Свест о образовању у једној таквој ситуацији нужно се повезује са свешћу о ексклузивитету, најпре у односу према спољном свету, насупрот 'варварском', новом окружењу, али ускоро неизбежно и према унутра, насупрот онима који су сматрали да се може преживети и без класичног образовања". Укратко, број места и број људи који су се бавили науком и филозофијом у Византији смањивао се како су спољашње политичке прилике доводиле до смањивања граница Царства, док је Западна Европа у доба своје високе и позне схоластике остајала јединствен научни простор са јединственим језиком и великим бројем универзитетских центара и релативно великим бројем филозофа и научника.

Византију су такође повремено потресали и верски, теолошки сукоби и полемике (монотелитска криза у VII веку, а потом иконоборачка криза у VIII веку, у XIV веку спор око исихазма). У XIII веку тај јединствени научни центар Византије, Константинопоље, пада у руке крсташа (IV крсташки поход) и престони град је опљачкан од латинских варвара који га делом из осећања културне инфериорности уништавају. Међутим, тада је огроман број грчких рукописа доспео на Запад. Као директна последица ове пљачке, у то доба пада и онај велики талас превођења оригиналних грчких рукописа на латински језик (међу преводиоцима се истиче Вилем из Мербекеа). Латини остају на власти у Константинопољу преко пола века, а нови научни центри се оснивају у унутрашњости (Никеја, Трапезунт, Солун, Мистра). У XIV и XV веку се надвила нова опасност од Турака који ће 1453. дефинитивно и освојити Константинопоље а тиме и саму Византију.

Овакве неповољне политичке прилике утицале су да се број високих школа на којима су изучаване науке и филозофија смањује, а и оне које су преостајале радиле су са прекидима. У том погледу се показује да је, упркос томе што је Византија у континуитету постојала током једног миленијума, бављење наукама и филозофијом у Источном царству имало свој дисконтинуитет и показује се да није било довољног броја филозофа и научника за концентрисанији и још плоднији рад.

ШКОЛСТВО И ОБРАЗОВАЊЕ

Занимљиво је поређење школства и образовања у Византији са оним на Западу. Главнина школа у Византији, а посебно оних највиших, јесу световне и у њима се изучавају филозофија и наука, али не и теологија. Изгледало би стога, на први поглед, да су тиме обезбеђени повољнији услови за развој

наука и философије него на Западу. Јер, на Западу су школе и образовне установе поникле из манастирских школа за елементарно описмењавање, потоњи универзитети на Западу су углавном основани у манастирима, а професори су монаси, људи потпуно посвећени духовном животу и интелектуалном стварању. Док се у Византији на високим школама теологија практично није изучавала, дотле су на Западу теолошке студије биле врхунац образовног процеса. Исти људи, монаси припадници различитих монашких редова, бавили су се уједно и теологијом и философијом и науком. Та монашка усредсређеност на интелектуални рад током читавог живота, систематско бављење теоријским радом у оквирима школске обуке, створило је оно што је познато као схоластика. Ми смо сада склони да термин схоластика везујемо за неки формализам, јалово цепидлачење, испразност, али ваља имати на уму да се у оквиру тако строге школске обуке на Западу изградио онај дух систематичног и строгог логичког извођења и доказивања, систематичног и строгог мишљења које је довело до минуциозне разраде аристотеловске логике и спекулативне граматике, до високе теоретизације теолошких проблема и знатног унапређења емпиријског метода, посебно од стране фрањевачких монаха у Оксфорду (Роберт Гросетест, Роџер Бекон, Дунс Скот, Виљем Окамски). Ничег сличног није било у Византији. У Византији нема схоластике нити толико масовне и организоване посвећености интелектуалном раду и истраживањима, нема те систематичности и монашке посвећености теорији. У једној цивилизацији која је била хришћанска, у којој је поглед на свет, основна идеологија била хришћанска, веома је важно какав је био однос монаха и цркве, духовникâ према науци. И овде се показује знатна разлика у односу на Запад. Носиоци теоријског и истраживачког рада на Западу били су монаси, људи Цркве, дакле најбројнија и уз то посвећеничка и званична идеолошка снага. То није био случај у Византији.

Западни универзитети су потпуно нова образовна институција, без аналогона у антици или пак на Истоку. Универзитет је слободна заједница студената и професора са њиховим привилегијама, установљеним програмима, звањима, дипломама – ништа од тога раније није било познато. Упоредо са црквеном и световном влашћу сада се, са универзитетима, појављује и трећа власт – власт интелектуалаца. Универзитетска заједница је образовала нови друштвени слој који чине разнородни социјални елементи. Наиме, посредством привилегија (јефтиније школарине и бесплатног школовања и хране) и деца сељака и занатлија могли су постати студенти, у том смислу су у почетку универзитети били народни, док касније универзитет задобија аристократске црте. Појавио се нови смисао појмова "племенитости" и "префињености" у смислу аристократије ума и понашања, суптилности душе и рафинмана укуса. Зато под схоластиком ваља разумети један учени организам који се систематски развија у школама (универзитетима) међу људима који увежбавају критичку употребу ума у смислу логичке дисциплине и проницљивости. У овом смислу у Византији није било схоластике, што је са становишта предуслова за развијање наука недостатак.

ДУХОВНИ ЖИВОТ

За разлику од Запада где су манастири играли улогу школа и у оквиру којих су настали универзитети, у Византији напротив манастири немају образовну функцију, ако не рачунамо описмењавање монаха. Наиме, због литургијских и уопште верских потреба монаси су морали бити писмени, али нису морали бити упућени у науке. Пошто је број монаха био знатан, онда се у том смислу може казати да је знатан број писмених људи у Византији отпадао на монахе. Али начин живота, уметност и школство нису на Истоку били под

онаквим утицајем монаха као што је то био случај на Западу. Ипак, манастири јесу имали своје место у култури и интелектуалном животу јер су ту постојале преписивачке радионице, скрипторијуми који су израђивали верске и световне списе. О томе говори податак да су у X и XI веку око половине преписивача у Царству били монаси. Касније је тај број опадао, тако да је у XIV веку спао на четвртину. Али су саме манастирске библиотеке углавном имале верске књиге, а ређе световне.

Византијске монахе није држало једно место, често су се селили, манастирске заједнице су биле релативно нестабилне и недуговечне. А претпоставка сваког темељнијег и трајнијег рада у заједници, посебно оној научној, подразумева извесну сталност и стабилност. Надаље, у византијским манастирима је недостајао један заједнички образовни ниво. Сама философија се овде не разумева као теоријски колико као практични начин живота. Наиме, међу православним хришћанима се уважавала реч апостола Павла да је људска мудрост (= философија) лудост пред Богом. На основу тога је сачињена разлика између "хришћанске" и паганске философије. Ова потоња се ослањала на аутономну употребу ума. Права хришћанска философија је поглавито практична и своди се на хришћански начин живота. Зато су хришћански философи у првом реду мученци и они који ревнују у молитви и подвижништву или који мистички созерцавају Бога. Тиме је права философија изједначена са правом теологијом. Ако пак хришћанска философија и решава теоријске проблеме, онда то не чини на начин паганске философије и употребе строгих логичких процедура него на начин истинских теолога, а то су једноставни рибари и други прости људи. Навођење њихових речи овде игра улогу аргумента. Уместо да неки став логички доказује, Византинац радије прибегава цитирању Библије, светих отаца. Због тога обиља цитирања у Византији има много антологија, флорилегијума, цветњака који садрже фрагменте текстова и изреке појединих аутора.

У Византији нема школе која би се могла назвати теолошким факултетом. Теолошко образовање је препуштено више кућном васпитању, самосталном читању Библије, светих отаца и учествовању у литургији. Православна телогија је у првом реду литургијска. Нема ту систематске и научно неговане теологије као на Западу где се користи философски метод. Ни византијска сума знања, попут познате Дамаскинове, нема ону обухватност, обим и структурисаност западних сума, као што је она Томе Аквинског. А разлог је тај што источне суме знања не настоје да, попут схоластичара на Западу, граде један систем који је целовит и логички уређен. Аргументација којом се служе на истоку више има снагу сведочења и зато се служи цитатима који су потпуно разнородни, еклектички, док је на Западу аргументација логичка и системска. Тако је на Западу негован један дух строгог логичког доказивања, што је било постигнуће схоластике и важан предуслов за рађање модерног научног духа. На Истоку пак не само да тај дух логичког доказивања није негован него су се људи од науке ретко настављали на своје претходнике па су најчешће кретали од почетка. То често значи да крајњи резултат не досеже претходни ниво. У вези са овим сталним почетком је и одсуство школа у Византији: не само да ту нема школа као места теолошког обучавања, него нема ни школа у смислу устаљеног начина решавања теолошких проблема. Ова својства као да су прешла у обичајност околних православних народа. Тако на пример, код Срба нема школа философије нити има праксе настављања на рад својих претходника, и српски философи стално почињу изнова, од самих себе.

Монаси су, генерално гледано, занемаривали световну науку, а често су били и непријатељски расположени према њој. Они су предност давали молитвеном, подвижничком

животу. Вероватно је то са становишта вере прави пут, али из перспективе развоја науке то је била неповољна пракса. Можда је на то мислио Јован Мајендорф када православцима пребацује да су неговали монофизитски однос према науци. Монофизити, наиме, акценат стављају на једну природу, ону божанску, а то значи да се земаљско знање, знање о земаљским стварима на начин аутономне филозофије и науке, као спољашње, сматра споредним и нижег реда. Штавише, бављење таквим знањем проглашава се за грех, јер се тиме промовише гордост људског ума. Отуда је могло доћи до сметњи ако би монаси, који су иначе имали доста слободног времена за интелектуални рад, бавили научним радом. На крају размотримо још једно питање:

ПИТАЊЕ РЕНЕСАНСЕ У ВИЗАНТИЈИ

Несумњив је допринос Византинаца ренесанси у Италији, али како стоји са ренесансом у Византији? Још је познати византолог, Аугустин Хајзенберг – отац физичара Вернера Хајзенберга – негирао постојање праве ренесансе у Византији (1926) потежући аргумент културног континуитета који је Византија имала током свог постојања: ренесанса или поновно рођење претпоставља прекид континуитета, нестанак са сцене за извесно време, известан јаз између онога што је некада постојало а што се сада поново рађа. У Византији, међутим, таквог јаза није било па ни поновног рођења антике није ни могло бити јер је ту антика непрестано, увек била присутна и веома поштована као властита традиција. Захваљујући томе је и сачувана античка баштина науке и филозофије и предата западној Европи где је и дошло до поновног рођења антике, односно до ренесансе.

Касније су неки аутори ишли у другу крајност па су говорили о низу ренесанси чиме је практично прекривена читава историја Византије као једна непрекидна ренесанса.

Ипак, ренесансу треба разликовати од пуког занимања за антику, било да је овај интерес сталан или само повремено оживљава. Руски византолог Александар Каждан мисли да се права ренесанса одликује извесним суштинским променама које далеко надилазе пуко опонашање античких узора. Те промене се тичу настајања посебне интелектуалне средине попут оне у Фиренци, затим радикалне промене у друштвеном положају уметника и научника и коначно довођење човека у средиште интересовања. Овде побројане промене нису се стекле у Византији па Каждан мисли да је за период XI и XII века, када се у Византији доиста јављају неке културне новине, примеренији назив "предренесанса", али да након тога нису следиле оне развијене ренесансне појаве као у Италији.

Дакле, пуко занимање за антику, чак и када је стално и појачано, не води самим тим до феномена ренесансе, пошто ренесанса претпоставља неке суштинске промене у култури и друштву. Другим речима, непрекидно поседовање списа античких аутора, њихово поновно издавање и коментарисање само по себи не значи и онај радикални помак који је припремио појаву нове науке. Морамо, међутим, имати на уму да модерна, нова наука није настала ни на средњовековном Западу као ни у Византији, већ на постренесансном, модерном Западу, само што је та појава нове науке припремана у средњем веку и ренесанси. А када је реч о специфичном уделу појединих средњовековних култура у тој припреми терена за модерну науку, стиче се утисак да је савремена историографија науке, која је поглавито западна, пренагласила улогу латинског Запада на рачун Византије и Арапа. Али чак и ако коригујемо ову пристрасност западаних историчара науке и признамо реалнији допринос Византије научној баштини, не може се избећи утисак да је тај допринос требало да буде знатно већи. У нашем излагању настојали смо да

изнесемо неке разлоге и околности због којих он ипак није био на висини оног што се могло очекивати.[1]

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверинцев, С., Медведев, И., *Преглед византијске филосо-фије*, "ПЛАТО", Београд, 1996.
2. Бек, Х-Г., *Византијски миленијум*, CLIO, Глас српски, Београд, Бања Лука, 1998.
3. Бреје, Л., *Византијска цивилизација*, Нолит, Београд, 1976.
4. Культура Византии, I-III, Москва, 1984-1991.
5. Мајендорф, Ј., *Византијско богословље*, "ПЛАТО", Београд, 2001.
6. Марић, И., *Философија на истоку Европе*, ПЛАТО, Београд, 2002.
7. *The Oxford Dictionary of Byzantium*, Oxford, 1991, Vol. 1-3.
8. Татакис, В., *Византијска философија*, Јасен, Никшић, 2002.
9. Jacques Le Goff, *Intelektualci u srednjem vijeku,* GZH, Zagreb, 1982.
10. *Dumbarton Oaks Papers*, 1961, 1962.

[1] Овај текст је послужио као основа за излагање на семинару за "Историјска и епистемолошка истраживања у природним наукама" у Институту за физику у Земуну 12. XI 1996. године. Текст је сада претрпео неке стилске промене, али након више од шест година нисмо били у могућности да прецизно идентификујемо праве изворе за поједина места која смо цитирали као и за неке интерпретације. Стога текст доносимо у облику есеја, а највероватнији попис извора на основу којих смо тада радили наводимо у овој напомени. Оне изворе који су у међувремену преведени на српски језик наводимо у српском преводу.

Жарко Мијајловић

СЕДАМ ВЕЛИКИХ МАТЕМАТИЧКИХ ПРОБЛЕМА ИЛИ О КЛЕЈОВОЈ НАГРАДИ

Недавно смо имали прилику да прочитамо у дневној штампи чланак под необичним насловом: *Седам милиона долара за седам најтежих проблема 20. столећа*. Проблеми о којима се писало су седам важних али још увек отворених, дакле недоказаних математичких хипотеза. Високе награде за њихово решење понудио је Клејов институт за математику[1] из Кембриџа (Cambridge) у држави Масачусетс, САД. Овај недавно основан, па отуда и мало познат институт заправо је задужбина америчког бизнисмена и богаташа Лендона Клеја (Landon T. Clay) из Бостона. У опису делатности ове институције, између осталог пише да је један од циљева да се увећа и рашири математичко знање, али и да се препознају и награде висока достигнућа у математичким истраживањима. Прву награду ове врсте Клејов институт доделио је 1999. Ендрју Вајлсу (Andrew Wiles), једном од најпознатијих савремених математичара, за доказ *Фермаове Последње теореме*. Овај чувени математички задатак стајао је нерешен 350 година. Поред тога, у славу новог миленијума и математике, маја месеца 2000. године CMI је установио миленијумску награду за решења седам класичних математичких проблема за које се сматра да су од велике важности и који одолевају коначном решењу дуги низ година. То су следећи проблеми:

[1] Clay Mathematics Institute – CMI, www.claymath.org.

– P *насупрот* NP (P *versus* NP).

– *Хоџова хипотеза.*

– *Поенкареова хипотеза.*

– *Риманова хипотеза.*

– *Јанг-Милсова теорија о природи решења Јанг-Милсове једначине.*

– *Навијер-Стоуксова једначина.*

– *Бирчова и Свинертон-Дијерова хипотеза.*

У свету је било, па и данас постоји прилично велики број награда за научна достигнућа у математици. На пример, Анри Поенкаре (Henri Poincaré), који је 1904. поставио трећи по реду проблем са ове листе, добио је награду шведског краља Оскара II за свој рад на решавању питања из теоријске механике, да ли је Сунчев систем стабилан. Данас је најпознатија награда за математичка достигнућа Филцова медаља која се додељује једном у четири године. Ипак, Клејова награда побудила је посебну пажњу у светској математичкој јавности али и у дневним листовима широм света. На пример, ова вест се налазила на првом месту на интернет адреси Америчког математичког друштва[2]. Постоји неколико разлога за овако велико занимање за ову награду и побројане математичке проблеме.

Прво, расписане награде имају необично високе новчане износе за ову врсту достигнућа у односу на досадашње награде, те би сваки евентуални лауреат аутоматски ушао у медијски фокус. Морамо ипак рећи да математичарима који раде на решавању поменутих проблема ове награде сигурно не представљају примарни циљ. Већ решење било којег од њих значило би славодобитнику награду немерљиву било којим новцем. Постављени проблеми су веома тешки и на

[2] www.ams.org.

њиховом разумевању и решавању радио је и ради велики број математичара. Многи од њих били су или јесу водећи математичари у свету и својим радовима они утиру пут ка њиховом решењу. Сами проблеми нису изоловани математички задаци, већ су то делови сложених математичких теорија од интереса и за друге науке, пре свега за физику, механику и рачунарске науке. У већини случајева решења претпостављају нове теоријске продоре, док нас искуство на сличним примерима учи да се у истом циљу често морају развити нове математичке теорије. Имајући све ово у виду, можемо само закључити да је потенцијалном ловцу на Клејову награду много лакше (и извесније) да свој милион заради на други начин. А уколико би сходно уложеним напорима на истом задатку награду делио са другима, евентуалном добитнику остала би тек која хиљада долара.

Друго, награде за научна достигнућа углавном се установљују за већ остварене научне резултате. Таква је, на пример, *Нобелова награда*. На жалост, она се не додељује и за математичка достигнућа. Истина, пар математичара спада у лауреате ове награде, али за постигнуте резултате у другим наукама. У ретке познатије примере награда расписаних за унапред изабране математичке проблеме је Волфскелова награда из 1908. за решење већ поменуте Фермаове Последње теореме. Елементарна формулација саме теореме, пристојан почетни износ, и услов да рад са решењем мора бити публикован, имали су за последицу поплаву погрешних и лоших радова на ову тему. Зато су после Првог светског рата Мордел и други специјалисти из теорије бројева оног времена са задовољством објавили да је инфлација свела износ награде практично на нулу. У случају проблема предвиђених за Клејову награду, овакву ситуацију не можемо очекивати. Наиме, за разлику од Фермаове Последње теореме, ови проблеми немају елементарну формулацију. Већ за прецизан исказ сваког од ових задатака потребан је доста

сложен математички формализам и познавање одређених математичких теорија. Самим тим искључен је наиван или елементаран приступ у њиховом решавању.

Треће, иза избора проблема за Клејову награду налазе се нека од најчувенијих имена савремене математике, било да су то чланови научног комитета Клејовог института (Andrew Wiles, на пример) или писци пригодних чланака о овим проблемима. Тако, писац чланка о првом проблему је Стефен Кук (Stephen Cook), творац теорије NP-сложености у оквиру које се формулише овај проблем. Писац чланка о Хоџовој хипотези је Пјер Делињ (Pierre Deligne). Ево шта о њему на једном месту каже Енрико Бомбјери (Enrico Bombieri), писац пригодног чланка о Римановој хипотези: *Делињов доказ коресподентне Риманове хипотезе за зета-функцију над варијететима коначних поља сигурно се може поставити у крунска достигнућа математике двадесетог века*. Имена писаца осталих пригодних чланака такође спадају у врх светске математике: Џон Милнор (John Milnor), Чарлс Феферман (Charles Fefferman) и већ поменути Ендрју Вајлс. У овим чланцима аутори су навели строге формулације проблема, дали кратак историјат напора у њиховом решавању, разна делимична решења и главне библиографске јединице од интереса за изучавање самих проблема. Оно што нас може радовати јесте да је цитирана и да се у пробраној библиографији везаних за Риманову хипотезу налази монографија нашег истакнутог математичара и редовног члана САНУ, професора Александра Ивића. Ради се о његовом делу *The Riemann Zeta-function – the theory of the Riemann Zeta-function with application*, (John Wiley & Son, New York, 1985).

Четврто, нису сви математички проблеми и хипотезе од подједнаке важности. Тако, неке су математичари покушавали да реше, нису умели, и даље не умеју. Опет, постоје веома стари проблеми који стоје отворени од античких времена, на пример хипотеза да савршених бројева има бесконачно много. Неки други проблеми су решени али без неких нарочитих последица. Наиме, појави се математичар који такав проблем реши веома довитљиво и оштроумно, али ту је и крај целе приче око тог математичког задатка. Решавањем математичких проблема неке друге врсте уведе се нови метод. Математичар који је решио тај задатак примети да се на сличан начин, истом методом може решити заправо читава класа математичких задатака. Мада се метода и даље побољшава и успешно примењује, ипак није до краја јасно о чему се ту ради. Наиме метода постоји, али нема одговарајуће математичке теорије. Проблеми ове врсте нарочито су присутни у елементарној теорији бројева и коначној комбинаторици. Најзад, наилазимо на проблеме чијим решавањем долазимо до потпуно нових идеја и математичких теорија, па и целих математичких дисциплина које по значају далеко превазилазе првобитни задатак. На пример, у потрази за формулама које описују решења алгебарских једначина, настала је једна од најлепших математичких теорија – теорија Галуа. У трагању за доказом Фермаове Последње теореме развила се теорија алгебарских прстена и идеала. У потрази за доказом Еуклидовог петог постулата из осталих аксиома еуклидске геометрије настала је геометрија Лобачевског, односно неуклидска геометрија. Неки од седам задатака номинованих за Клејову награду по свој прилици припадају овој категорији. Истина, то се може дефинитивно тврдити тек када се буде видело њихово решење, али већ досадашњи покушаји утврђивања њиховог статуса битно су развили математичке дисциплине у чијем су окриљу формулисани. Наравно, у значајним приликама ко год да је предлагао математичке проблеме увек је тежио да истакне проблеме последње врсте.

Најзад, споменимо да постоји један општи феномен присутан у поступку решавања задатака, и генералније у

проналазаштву. Наиме, као што се приписује еволуција и ентропија биолошким и физичким процесима, једнако може постојати еволуција и ентропија идеја које се појављују у развоју људске мисли. Ове идеје се могу јавити у људском уму у виду слика, симбола, праузора, па могу бити репрезентоване и у неком материјалном облику. Оне се могу појавити на више места у човечанству као међусобно независни проналасци. У математици најчувенији пример ове врсте сигурно су проналасци Исака Њутна (Isaac Newton) и Готфрида Лајбница (Wilhelm Gottfried Leibniz) у области математичке анализе. Када се таква синхронизација идеја појави код више људи, онда тај феномен називамо *Zeitgeist*-ом или духом времена. Најједноставније објашњење ове појаве било би да се одређена идеја јавља као последица развоја неке области и напора у решавању одређеног задатка већег броја људи. Дакле да праве независности заправо и нема. Споменимо и нека друга тумачења. Наиме неки сматрају да је органски развој људске расе неминован, па отуда неко ће пре или после доћи до одређеног открића. Други имају метафизички став, да потпуно нове идеје долазе људима под неким спољним утицајима. Другим речима, неки су присталице физичке еволуције, док други имају телеолошко схватање: да је све у природи сврсисходно уређено, дакле сваки развој остварује циљеве који су напред били одређени. Наведена тумачења, иначе *post factum* карактера, ништа не додају нити одузимају решењу одређеног проблема, па ефекат ових мишљења није од неког значаја.

Клејов избор проблем има узору у чувеном списку 23 проблема које је Давид Хилберт представио на Светском конгресу математичара у Паризу, 1900. За добар део Хилбертових проблема може се рећи да јесу обележили математику 20. века. Један поглед на Хилбертове проблеме и детаљан приказ четири са те листе може се наћи у књижици *Хилбертови проблеми и логика*, аутора Косте Дошена, Зорана

Марковића и аутора овог чланка. Клејови проблеми нису једини који су нашли узор у листи Хилбертових проблема. Споменимо овом прилком листу математичких изазова 21. века који је представио Felix Browder, председник Америчког математичког друштва, у априлском броју гласила тог друштва *Notices of the American Mathematical Society*, 2000. године. Тим поводом, под истим називом, почетком августа 2000. године, на познатом универзитету U.C.L.A. у Лос Анђелесу одржао се "Састанак бр. 956" на којем се окупило 30 заиста истакнутих математичара. Према називима предавања видимо да су се на том скупу дискутовале разнородне теме од интереса за савремену математику, од проблема заснивања до примена у физици и механици. Рефелексије на теме ове врсте имали смо прилике да чујемо на недавно одржаном Југословенском конгресу математичара (јануара 2001. године).

Покушајмо да укратко објаснимо детаљније ове проблеме.

Први проблем, *P насупрот NP*, по општем уверењу данас је најзначанији проблем теоријског рачунарства. Математичким језиком речено, он гласи: *Одредити да ли је сваки формални језик прихваћен неким недетерминистичким алгоритмом у полиномном времену такође прихваћен неким детерминистичким алгоритмом исто тако у полиномном времену*. Да би се овај проблем прецизније дефинисао, неопходан је неки формалан, односно математички модел рачунара. Од више апстрактних (математичких) модела рачунара најпознатији је систем Турингових машина. Овај систем формалне израчунљивости увео је Алан Туринг 1936, пре физичког настанка самог рачунара у данашњем смислу те речи. Заправо, без обзира што је концепт Турингове машине у основи веома једноставан, оне су дале основе и идеју за конструкцију савременог рачунара. Занимљиво је да су Турингове машине уведене у окрињу теорије формалне израчунљивости, математичке дисциплине која је настала ради

решавања, можемо рећи, фундаменталних питања математичке логике и заснивања математике. Наиме, најпре Гедел (Kurt Gödel), затим Черч (A. Church), Туринг, А. Марков и други не само да су прецизирали класу израчунљивих аритметичких функција, већ су и доказали њихове многобројне особине. На пример, доказ о егзистенцији универзалне Туринговe машине најавио је могућност изградње *универзалног* рачунара, односно рачунског средства које може извршавати произвољан алгоритамски задатак.

Наравно, и пре Гедела математичари су имали доста јасну представу о томе шта то значи да је неки математички задатак ефективно решив. У ту сврху, довољно је било да се наведе било какав ефективан поступак који, на пример, уз помоћ неких математичких формула у коначно много рачунских корака доводи до решења. Проблем је настајао када је требало утврдити да изабрани задатак *нема* ефективно решење. У том случају требало је доказати математичким средствима да одговарајући алгоритам *не постоји*, а то се није могло урадити без формалне (математичке) дефиниције алгоритма. Такав је случај, на пример, са Десетим Хилбертовим проблемом у којем се поставља проблем ефективне (алгоритамске) решивости Диофантовских једначина. С обзиром да овај проблем има негативно решење, он се није ни могао решити пре појаве нове дисциплине – теорије формалне израчунљивости и прецизирања појма алгоритма. То уосталом показује Матијасевичево решење овог проблема из 1970.

У то време настају и други продори у овој области, пре свега то је Куков доказ NP-потпуности *Проблема задовољивости* (исказних формула). Наиме, нису сви алгоритми подједнако ефикасни. Неки се могу извршити увек у полиномном времену, тј. у реалном, односно достижном времену без обзира на величину улазних параметара тог алгоритма. Типичан пример ове врсте је израчунавање вредности обичних

аритметичких израза. С друге стране, постоје задаци који се могу решити ефективно, али, засада, неефикасно, с обзиром да постојећи поступци за њихово решење претпостављају огроман број рачунских корака – експоненцијалан у односу на величину улазних података. Пример ове друге врсте, који је Кук уствари и расправљао, јесте проблем са једноставном формулацијом, да ли је дата формула исказног рачуна таутологија (Проблем задовољивости). И не само то, већ је тај проблем, као што је Кук показао, најсложенији у својој класи, тј. ефикасан алгоритам за решење тог задатка произвео би ефикасна решења за читаву класу других математичких задатака. Тако је настала теорија класификације алгоритама према њиховој сложености.

Важност проблема P насупрот NP проистиче с једне стране из успешности ове теорије и с друге стране из примена у криптографији. Наиме, велики број задатака, као што је проблем задовољивости исказних формула, везани су за практичне рачунске задатке у индустрији, од пројектовања рачунарских чипова, до пројектовања производње у одређеним индустријским гранама. Најлепше у целој ствари је да према Куковом резултату, ефикасан алгоритам за решење Проблема задовољивости аутоматски производи ефикасне алгоритме за решавање поменутих индустријских задатака. А хипотеза P насупрот NP која се често записује и као $P=NP$, тврди да постоји ефикасан алгоритам у поменутом смислу!

Погледајмо какве везе овај проблем има са криптографијом. У класичним криптографским поступцима порука се углавном криптује – штити зашумљавањем, тј. додавањем случајне, прецизније речено псеудослучајне компоненте. Декриптовање поруке врши се обрнутим поступком уз помоћ кључа (лозинке) који је у поседу легитимног примаоца поруке. Нападач који жели да овако криптовану поруку отвори, тј. неовлашћено декриптује, може покушати да пронађе кључ уз помоћ простог претраживања. На пример ако се ло-

зинка формира само помоћу великих слова енглеске абецеде и декадних цифара, онда је за формирање кључа на располагању укупно 36 знакова. Ако нападач зна да се лозинка састоји од тачно 6 слова, односно цифара, онда простор који нападач треба претражити има 36^6=2176782336 речи, а то је за савремене, па и персоналне рачунаре лако достижив број. Крајем седамдесетих године, тачније 1978, предложен је криптографски поступак на сасвим другим основама, тзв. RSA (према R.L. Rivest, A. Shamir, L. Adleman), као први криптографски систем са јавним кључем. Идеја криптовања у овом систему састоји се у томе да је поступак самог криптовања веома брз, док је функција декриптовања сложена, прецизније, без кључа веома неефикасна с обзиром на број потребних рачунских корака. Отуда је за потенцијалног нападача главни проблем да се порука не може отворити без кључа у *реалном* времену. У основи већине ових криптографских поступака лежи следећа једноставна чињеница. Веома брзо се могу помножити два проста цела броја, па и да један има 40 а други 60 цифара. И без рачунара, неки човек, вешти рачунџија тај задатак може обавити за сат времена, а рачунар за делић секунде. С друге стране, ако је пред нама цео број од сто цифара за који знамо да је производ тачно два нама непозната проста броја, једног од 60 и другог од 40 цифара, задатак да одредимо та два његова фактора је безнадежан без коришћења рачунара, а за савремене рачунаре уз познате алгоритме налази се на граници достижности. Управо зато овај проблем факторизације целих бројева јесте један од кључних проблема савремене криптографије и савремене теорије бројева. Зна се да *Проблем факторизације* припада NP класи. То значи да постојање ефикасног алгоритма који решава *Проблем задовољивости*, повлачи постојање ефикасног алгоритма за факторизацију целих бројева, дакле и за разбијање RSA и њему сличних криптографских система.

Целу ову причу компликују и неке друге актуелне чињенице. На пример, квантни рачунари дају потенцијалну могућност да се експоненцијално убрза израчунавање у односу на класичну Турингову машину. Овај рачунарски модел заснован је на идеји суперпозиције стања из квантне механике, па отуда и назив квантни рачунари. Даље, Шор (P. Shor) је показао 1997. да се уз помоћ неких алгоритама за квантне рачунаре факторизација целих бројева може извршити у полиномном времену, без обзира што није познат такав поступак за Турингове машине. Али физичари, бар према јавно доступним подацима, до данас нису успели да изграде квантни рачунар који може да манипулише са више од неколико битова. Даље, Милер (G.L. Miller) је већ 1976. показао како се уз помоћ *Проширене Риманове хипотезе* може дизајнирати тест прималности за целе бројеве који се извршава у полиномном времену. Задатак провере прималности[3] (да ли је дати цео број прост) је иначе задатак сродан Проблему факторизације и важан је део криптолошких система са јавним кључем. DES (Data Encryption System) је криптолошки алгоритам који је званично прихваћен од стране Америчке владе од 1975. као стандард у овој области. Недавно (1998) су направљене рачунске машине ("DES Cracker", Electronic Frontier Foundation) које могу разбити DES кодиране поруке за неколико десетина сати, дакле и оне које се јављају у приватној комуникацији преко интернета, електронском преносу новца, размени информација у рачунарским мрежама и на другим местима. Имајући у виду ове чињенице, уз препоруку Националног савета за научна истраживања, Америчка влада расписала је 1998. међународни конкурс за нови стандард у криптологији познат под радним називом AES (Ad-

[3] Индијски математичар Manindra Agrawal и његови студенти Neeraj Kayal и Nitin Saxena у раду *Primes is in P* објављен 2002. дали су безуслован тест прималности у полиномном времену. За овај рад, Agrawal је добио награду Clayovog института за 2002. годиму

vanced Encryption Standard). Тај конкурс завршио се јуна 2000 и од 2001. примењује се. Мада смо се овде детаљније осврнули само на један пример, има и других места, пре свега у рачунарској индустрији, где би било које решење проблема *P насупрот NP*, позитивно или негативно, кључно и прекретно утицало на даљи развој тих области.

Други проблем, *Хоџова хипотеза*, припада области алгебарске топологије и то питање је поставио Хоџ (W.V.D. Hodge) давне 1950. у раду *The topological invariants of algebraic varieties*. Прецизна дефиниција ове хипотезе претпоставља веома висок степен формализације језика топологије, алгебре и геометрије. Наиме, део математичких истраживања у Двадесетом веку односио се на испитивање облика компликованих геометријских објеката. Овде реч "геометријски" морамо узети условно, односно у далеко ширем смислу у односу на тродимензионални еуклидски простор који одговара интуитивној представи физичког простора. Димензије таквих простора могу бити произвољно велике, а скалари ("координате") могу бити комплексни бројеви. Геометријски објекти у овим просторима који би одговарали алгебарским површима (тј. површима чије су координате везане помоћу неких алгебарских једначина) у тродимензионалном еуклидском простору, овде се називају алгебарским варијететима. Један од основних задатака ове области је класификација, односно каталогизација таквих уопштених геометријских објеката. Главни метод у решавању овог задатка је да се одговарајућа фигура апроксимира помоћу једноставнијих геометријских објеката који могу имати мање димензије. С обзиром на висок степен генерализације, геометријско порекло процедуре је затамњено, имајући за последицу да за неке математичке објекте који се јављају током поступка *нема геометријске интерпретације*. Хоџова хипотеза тврди да за класу простора *пројективни алгебарски варијетети*, која се у овој области математике сматра посебно лепом и занимљивом, Хоџови циклуси, тј. објекти поменуте врсте који се јављају код ових варијетета, *имају* геометријску природу. За њих хипотеза тврди да су они геометријске (прецизније, рационално линеарне) комбинације геометријских делова познатих под називом *алгебарски циклуси*.

Трећи проблем, *Поенкареова хипотеза*, у основи се односи на једну доста очигледну тополошку особину сфере. Наиме, претпоставимо да имамо еластичну траку на сфери која садржи њен екватор. Даље, претпоставимо да трака клизи по сфери према њеном полу истовремено се скупљајући без кидања. Видимо да се трака на овај начин на крају скупила у једну тачку. Замислимо сада исти експеримент за торус, површ која настаје ротацијом кружнице око осе која не пресеца ту кружницу (дакле ђеврек има облик торуса). Ако је трака обмотана око тела торуса и да било како клизи по његовој површини, видимо да се трака не може скупити у тачку. Имајући у виду претходне особине сфере и торуса, кажемо да је сфера просто повезана површ док то торус није. Математичари увек воле да постављају обрнута питања. Наиме у овом случају питање је, ако нека површ јесте просто повезана, да ли је она у основи сфера (тј. хомеоморфна сфери). За обичну, дводимензионалну сферу, позитиван одговор дао је већ Поенкаре почетком двадесетог века (1904.). Тада је поставио питање да ли слично тврђење важи и за тродимензионалну сферу, тј. скуп тачака у четвородимензионалном простору које се налазе на јединичном растојању од центра – дате тачке у том простору. Показало се да је то питање екстремно тешко и ево одолева нападима великог броја истакнутих математичара. Овде морамо споменути један чудан феномен. Наиме, Поенкареов проблем има очигледну генерализацију на произвољне коначне димензије. Очекивало би се да је на то питање у случају виших димензија теже одговорити. Испоставило се да није тако. Наиме, 60-тих година, Stalling, Zeeman и Smale доказали су да је Поенкареова

хипотеза тачна за димензије сфере веће или једнаке од 5. Доказ за случај димензије једнак 5 био је посебно тежак. Тек двадесет година касније, осамдесетих, M.H. Freedman је доказао истинитост Поенкареове хипотезе и у случају четворо-димензионих сфера. Поенкареов проблем је типичан задатак теорије тополошких простора ниске димензије. У овом случају Поенкареов задатак само је део ширег програма, описа тродимензионалних површи у четворо-димензионом простору. Постоји претпоставка да се свака таква површ може добити на униформан начин од дводимензионих сфера и торуса, дакле геометријских објеката једноставне природе (Thurston-ова хипотеза).

Четврти проблем, *Риманова хипотеза*, према мишљењу многих математичара сматра се да је данас вероватно најважнији проблем чисте (теоријске) математике. Хипотеза се односи на *Риманову функцију* $\zeta(z)$ комплексне променљиве z, тачније на распоред њених нула. Хипотеза тврди да нетривијалне нуле ове функције леже на једној правој у комплексој равни, прецизније да је 1/2 реални део сваког таквог корена. Веома једноставан исказ који има веома важне последице, пре свега које се тичу простих бројева! Већ је велики швајцарски математичар Леонард Ојлер (L. Euler, већим делом живео је и стварао у Петрограду) средином 18. века успоставио везу између ове функције и особина простих бројева. Средином 19. века, пишући прве радове из аналитичке теорије бројева, Чебишев налази везу у облику једног интеграла између функције $\zeta(z)$ и функције дистрибуције простих бројева. Ипак, тек Риман у свом чувеном мемуару из 1859, истина под утицајем радова Ојлера и Чебишева, систематски изучава и развију теорију функције која носи име по њему. У истом раду поставља своју хипотезу. Од тог тренутка и за Риманову функцију и хипотезу постоји интензивно и живо занимање. И Хилбертова листа проблема садржи Риманову хипотезу. У *Осмом Хилбертовом проблему* који се односи на групу отворених питања из теорије бројева, на првом месту је проблем Риманове хипотезе. О важности Риманове хипотезе веома добро сведоче следеће речи једног од водећих математичара у овој области, Бомбјерија (E. Bombieri): "*Уколико Риманова хипотеза није тачна, онда би то за последицу имало конфузију и неред у расподели простих бројева*". Управо ова чињеница поставља Риманову хипотезу на прво место отворених проблема из теорије бројева.

Да се подсетимо, прости бројеви су они природни бројеви који се не могу представити као производи мањих природних бројева: 2, 3, 5, 7, 11, ... Ваљда је у вези са простим бројевима у математици постављено највише питања. Многа од њих још увек чекају одговор, мада део ових проблема потиче још из античких времена. Некада су прости бројеви имали само теоријски значај, данас имају, као што смо видели, непосредне и практичне примене, на пример у криптографији. За ове бројеве постоји занимање и ван математике, па и у уметности. На пример, у филму "Коцка" (*Cube*), који иначе има необичну сценографију смештену између Рубикове коцке и сунђера Серпинског (Sierpinski), прости бројеви су кључ преживљавања. Да би избегли смртоносне клопке, јунаци овог филма морају бити добре рачунџије, нарочито са простим бројевима. И то у првом делу филма морају добро познавати тест прималности, у другом делу (брзи) поступак факторизације бројева на просте факторе. Ипак, и поред свега, филм је намењен општој публици.

Риманова хипотеза није постала један од централних проблема чисте математике само због последица на законе дистрибуције простих бројева. Наиме Риманова зета функција није изолован математички објекат, већ је прототип једне целе класе функција, познатих под називом L-функције, које су опет везане за важне алгебарске (аутоморфне репрезентације) и аритметичке објекте (аритметички варијетети). У том смислу постоје разне генерализације и уопште-

ња и Риманове зета функције и Риманове хипотезе које су нашле своје примене у аритметици, алгебри и геометрији.

Без обзира што није доказана, постоји неколико разлога да се верује да је Риманова хипотеза истинита. Споменимо један, да је за првих милијарду и по нетривијалних корена Риманове зета-функције хипотеза проверена. У том смислу врше се и даље нумеричке провере ове хипотезе и неких других исказа у вези са њом. Занимљиво је да уколико Риманова хипотеза ипак није тачна, онда постоји могућност да се на овај, нумерички начин пронађе контрапример. Мада овај начин обарања, или доказа неке теореме у чистој математици није сасвим популаран, јер је такав резултат добијен "применом грубе нумеричке силе" и у крајњој линији не претпоставља неко дубоко знање релевантне теорије, ето потенцијалне могућности за неког срећног математичара, па и студента, да се прослави и заради милион долара. Наравно, ако је Риманова хипотеза тачна, овако се она не може доказати. На неки начин присуствујемо утакмици, с једне стране теоријског приступа и с друге стране нумеричког уз помоћ рачунара. Слична ситуација постојала је и у разрешењу истинитости Фермаове Последње теореме. Сетимо се да је у том случају супериорно победио теоријски приступ.

Читаоцу којег занима више детаља о Римановој зета функцији и хипотези, можемо препоручити да погледа књигу *Увод у Аналитичку теорију бројева*, А. Ивића, у издању Књижарнице Зорана Стојановића, Нови Сад 1996.

Пети проблем односи се на *Јанг-Милсову теорију*. Главно место у овој теорији има поље Јанг-Милса, познато и под називом калибрационо поље. Математичким језиком речено, ово поље је повезаност у главном раслојењу над (псеудо) Римановим вишеструкостима. Кривина тог поља задовољава услов хармоничности, који је у овом случају представљен Јанг-Милсовом диференцијалном једначином. Закони квантне механике имају ону улогу у свету елементарних честица коју имају Њутнови закони класичне механике у макроскопском свету. Јанг и Милс (C.N. Yang, R.L. Mills) открили су 1954. да квантна механика одсликава значајну везу између физике елементарних честица и математике геометријских објеката. Од тада се калибрациона поља користе у савременој физици за опис физичких поља која имају улогу носиоца узајамног дејства. Тако се, на пример, електромагнетно поље у електродинамици, поље векторских W-бозона – преносника слабог узајамног дејства Вајнберга-Салама, затим глуонско поље – преносника јаког узајамног дејства, па и гравитационо поље, могу описати помоћу Јанг-Милсових поља. Предвиђања базирана на Јанг-Милсовим једначинама верификована су у експериментима високе енергије у водећим физичким лабораторијама у свету, Stenfordu, CERN-у и другим местима. Ипак, нема познатих решења ових једначина која би истовременео била математички строга и описала масивне елементарне честице. Посебно, "mass gap" хипотеза коју физичари прихватају као такву и користе да би објаснили "невидљивост" кваркова, нема задовољавајућу математичку потврду. У циљу решавања овог проблема, према мишљењу водећих научника у овој области, биће неопходне нове идеје и у физици и у математици.

Шести проблем односи се на *Навијер-Стоуксову једначину*, основну диференцијалну једначину која описује проток флуида. Водени таласи које производи брод приликом пловидбе, турбулентне ваздушне струје које за собом оставља млазни авион приликом лета и проток ужарених гасова кроз млазницу ракетног мотора јесу примери протока флуида. Механичари, математичари и инжињери сматрају да се поменуте врсте физичког кретања могу описати помоћу решења Навијер-Стоуксове једначине. Ове једначине представљају основу хидродинамике и засноване су на Њутновом закону који каже да је сила једнака производу масе и убрзања. У овом случају Њутнов закон је примењен на флуид на

који делује и нека спољна сила, као и силе коју настају услед притиска и трења. Први облик ове једначине добио је Навијер (Navier) још давне 1827, а једначину су дорађивали Поасон (S.D. Poisson), Сен Венан (Saint-Venant) и Стоукс (G.G. Stokes), све током прве половине 19. века. Без обзира што је на решавању ових једначина радио велики број научника и откривена су нека парцијална решења и постоје нумеричке методе за њено решавање, ипак је остао велики број отворених проблема и хипотеза које се тичу решења ових једначина. На пример нема строге математичке анализе решења ових једначина за граничне услове, а главни проблем у овој области је питање да ли постоји глатко, физички прихватљиво решење Навијер-Стоуксове једначине. С обзиром на споменуте практичне примене, сваки продор у овој теорији је веома значајан.

Седми и последњи проблем је *Бирчова и Свинертон-Дијерова хипотеза* (B. Birch, H. Swinnerton-Dyer). Овај проблем припада алгебарској теорији бројева, математичкој области која се бави алгебарским али и геометријским својствима целобројних, односно рационалних решења алгебарских једнача. Решавањем алгебарских једначина у целобројном домену бавили су се већ старогрчки математичари и овакве једначине познате су под именом *диофантовске једначине*. На пример, Еуклид је нашао опште решење – Питагорине тројке, у којем три цела броја представљају дужине страница правоуглог троугла, дакле задовољавају Питагорину теорему. То је заправо први случај, и према Вајлсовој теореми једини који има решења у Фермаовој Последњој теореми. У историји математике појавио се велики број једначина ове врсте, али није било униформне методе за њихово решавање. Такве методе и не може бити према Матијасевичевом решењу Десетог Хилбертовог проблема. Ипак, за неке специјалне случајеве, односно довољно важне класе оваквих једначина може се рећи нешто више. Посебно се то односи на

тзв. елиптичке криве које се представљају једноставном алгебарском једначином. Скупови тачака са рационалним координатама на овим кривама имају веома занимљиве алгебарске особине представљене у придруженим елиптичким групама, које се с друге стране описују геометријским конструкцијама. Управо се на ове структуре односи Бирчова и Свинертон-Дијерова хипотеза, односно да је величина ове групе директно везана за вредности придружене Риманове функције. Једноставни трагови овог проблема могу се наћи већ у арапским манускриптима из 10. века, док модерна теорија почиње са једним радом Поенкареа из 1901. Ипак, ова област није у потпуности у домену теоријске математике. На основама ове теорије засноване су напредне савремене криптолошке методе, а данас најбржи познати алгоритам факторизације целих бројева који се односи на проблем о којем смо говорили у првом Клејовом проблему, заснован је управо на теорији елиптичких кривих. Дакле, круг који чине ових седам проблема, овде се затворио.

Из овог кратког описа могли смо наслутити да седам представљених проблема не само да нису изоловани математички задаци, већ су у већој или мањој мери међусобно повезани. Наравно, увек се може расправљати да ли је овакав, или неки други избор прави или најбољи. У том смислу овај избор проблема можемо схватити и као упутство неких од водећих светских математичара којим би математичким дисциплинама требало посветити нарочиту пажњу на прагу долазећег миленијума. Аутор овог чланка радо би видео решења још неких дуго отворених и чини се занимљивих задатака. Један проблем је из области трансцеденталне теорије бројева и односи се на најчувеније математичке константе, трансцедентне бројеве π (однос обима и пречника у кругу) и e (основа природног логаритма). Отворено је питање да ли су ти бројеви алгебарски независни, другим речима хипотеза је да не постоји нетривијалан полином од две променљиве

са целобројним коефицијентима којег би симултано задовољавали ова два броја. Зашто баш овај проблем? Број π потиче из античких времена и у вези је са једним од најпознатијих Делских проблема, проблемом квадратуре круга, и ван математике опште прихваћеним синонимом за појам *нерешиво*. Број e потиче из 18. века (L. Ojler) и јавља се у огромном броју математичких формула са директним применама од биологије до физике. У другој половини 19. века доказано је да су оба ова броја трансцедентна (e – Ch. Hermite, π – F. Lindemann) и тиме је уједно доказано да је проблем квадратуре круга заиста нерешив. Од тада овај проблем стоји отворен. Други проблем односи се на један задатак из теорије бројева нашег светски познатог математичара Ђуре Курепе (1907--1993), познат под називом $!n$ – *хипотеза*. Овај задатак са једноставном формулацијом[4] је нерешен већ тридесет година, мада се њиме бавио доста велики број наших и страних математичара. Овај проблем, једини од стране наших математичара, укључујући и математичаре претходне Југославије, налази се у књизи најважнијих отворених проблема из теорије бројева, под бројем B44 у књизи Ричарда Гаја (Richard Guy), *Unsolved Problems in Number Theory*.

Расписивање високе награде за математичке проблеме, и интересовање широке публике за овај догађај и саме проблеме указује и на неке друге аспекте о данашњем положају математике као савремене али и као класичне научне дисциплине. Оно што привлачи и лаике да помало завире у њу није само мистика математичког језика, магија математичких формула или парадокс трансцедентног и бесконачног, који нигде није тако присутан као овде. Поред важних научних садржаја и великих достигнућа, оно што ипак привлачи општу публику и поред одређене дозе анимозности, или боље

[4] Ako je $n>1$ цео број, тада је 2 највећи заједнички делилац бројева $n!=1\cdot2\cdot3\cdot\ldots\cdot n$ и $!n=1+1!+2!+\ldots+(n-1)!$.

речено страхопоштовања према математици, јесте естетска вредност. Не мислим само на духовна и естетска задовољства која она може пружити специјалистима, већ, на пример, на визуелне форме које су истовремено последица и презентација одређених математичких садржаја. Овај вид доприноса математике данас је нарочито раширен и популаран пре свега захваљујући развоју компјутерске технологије. А када је реч о науци и њеним применама, можемо сматрати да се великим делом остварио Лајбницов сан о универзалном језику науке. Математике је постала тај језик и њен развој у претходна два века бриљантно је допринео прогресу модерних природних наука, технологији и пракси.

ЛИТЕРАТУРА

Следећи радови објављени су на WEB страни Америчког математичког друштва:

1. The P versus NP Problem, Stephen Cook.
2. The Hodge cowecture, P. Deligne.
3. The Poincare Cowecture, John Milnor.
4. Problems of the Millenium: the Riemann Hypothesis, E. Bombieri.
5. Existence & Smoothness of the Navier-Stokes eqation, Charles L. Fefferman
6. The Birch and Swinnerton-Dyer Cowecture, A. Wiles.

Стојан Обрадовић

ОСНОВНИ ЕПИСТЕМОЛОШКИ ПРОБЛЕМИ АКСИОМАТСКО-ДЕДУКТИВНОГ МОДЕЛА ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ

УВОД

Један од карактеристичних начина представљања физичке теорије је и аксиоматско-дедуктивни. Њиме се изражавају саме основе теорије, њена структура и садржај. Аксиоматско-дедуктивни метод краћим путем води ка суштини сваке теорије, омогућује њену тачнију формулацију, дубље и потпуније тумачење. Аксиоматски метод излаже физичку теорију у целини, њене основе, структуру и садржај. Његове основне одлике су систематичност и строгост. С логичког гледишта, свака теорија по дефиницији представља хипотетичко-дедуктивни систем који полази од одређеног скупа хипотеза и развија се дедуктивним путем. У античким текстовима полазне хипотезе су називане постулатима или понекад аксиомима, при чему се безразложно додавало, да је аксиом истина очигледна сама по себи. Развој дедуктивних теорија условио је и еволуцију појма ***аксиом***. Све веће уопштавање појма ***аксиом*** има за последицу релативно једноставније заснивање физичке теорије. Аксиоматско-дедуктивни модел структуре физичке теорије помаже у разјашњењу њене логичко-математичке структуре, као и њене емпиријске потврђености или непотврђености. Истовремено, дати приступ истиче проблем избора основних термина теорије, проблем избора аксиома теорије и њихове природе, статус и врсту правила кореспонденције, избор модела теорије, однос теоријског и емпиријског језика.

СТАНДАРДНО (ОРТОДОКСНО) СХВАТАЊЕ СТРУКТУРЕ НАУЧНЕ ТЕОРИЈЕ

Стандардно (ортодоксно) схватање структуре научне теорије, које су у различитим варијантама заступали Карнап (R. Carnap) [3], Франк (P. Frank) [3], Хемпел (C. G. Hempel) [3] и други, развијено је под снажним утицајем схватања Кембела (N. R. Campbell) [4] о теорији у физици. Он је сматрао да теорија представља повезани систем ставова или исказа подељених у две групе. Првој групи припадају "хипотезе" теорије, а другој "вокабулар" за хипотезе [4]. Хипотеза представља важно средство научног сазнања, услов открића нових научних чињеница и закона. Она настаје као резултат сазнајне делатности на одређеној етапи научног истраживања, и односи се на претпостављено, проблематично, вероватно знање.

У формалној логици се хипотеза често дефинише као претпоставка о узроку одређених изучаваних појава. Понекад се термин "хипотеза" употребљава у широком смислу, у смислу било које научне претпоставке, ако је она предмет будућег потврђивања. Ромајс (G. Rommeis) [5] хипотезом назива "свако научно тврђење ... које није нашло потврду у пракси, у експериментима ...". За Поенкареа (H. Poincaré) [6] свака генерализација је хипотеза. Хиљкевич (А. П. Хилкевич) [7] сматра да је хипотеза научна претпоставка, која носи у себи ново знање. Хипотезе се могу одредити и као скуп исказа чији један подскуп чине аксиоми. Аксиоми се прихватају без доказивања. Из аксиома се дедуктивним путем унутар језика на коме су изражене, законима стандардне логике изводе теореме теорије. Оне се сматрају искуствено проверљивим хипотезама.

Вокабулар научне теорије чине искази помоћу којих се теоријски изрази повезују са исказима чија се истинитосна вредност може емпиријски одредити. У емпиријским наука-

ма изрази теоријског језика аксиоматско-дедуктивног система морају имати интерпретацију у односу на емпиријску основу. Они морају бити повезани са емпиријским језиком или језиком опсервација у предметној области на коју се теорија односи. Повезивање хипотеза и теоријских израза са искуственом основом и емпиријским изразима остварује се правилима кореспонденције или, како се у литератури истиче, координативним дефиницијама, операционалним дефиницијама, семантичким правилима, епистемолошким корелацијама или правилима интерпретације. Значење емпиријских израза је одређено операционално. То подразумева навођење операција и правила мерења, посматрања и експерименталних манипулација којима се одређују границе употребе тих израза. Представници ортодоксног становишта сматрају да је емпиријски језик потпуно разумљив јер се односи на непосредно чулно искуство, док су теоријски изрази и језик делимично разумљиви помоћу аксиома, правила кореспонденције и операционалних дефиниција. Значење теоријских израза произлази из емпиријских, опсервационих израза.

Поред хипотеза и вокабулара, трећу основну компоненту у структури научне теорије чине модели. Модели карактеришу темељне идеје теорије и могу се разматрати као форма развоја науке. Или, по мишљењу неких физичара, коначно не разрађене теорије могуће је разматрати као моделе будућих завршених теорија. Разлика између теорије и модела проистиче из њихове функције у процесу сазнања.

Хемпелова (C. G. Hempel) [3] интерпретација стандардне концепције структуре научне теорије садржи две врсте исказа, унутрашње принципе и везане принципе. Унутрашњи принципи служе за карактерисање теоријског оквира, за спецификацију базичних ентитета и процеса које постулира теорија и теоријских закона. Везани принципи указују на који је начин теоријски оквир повезан са претходно разма-

траним феноменима чијем је објашњењу теорија намењена. Формулација унутрашњих принципа се врши скупом теоријских термина који нису употребљени у ранијим описима и генерализацијама емпиријских феномена, које дата теорија треба да објасни, већ су посебно уведени за карактеризацију теоријског оквира и његових закона. Везани принципи садрже и теоријске термине и термине о феноменима које теорија треба да објасни. Ти термини постоје пре увођења теорије и њихову употребу одређују принципи који су, у суштини, независни од теорије. Њих Хемпел (C. G. Hempel) [3] назива пред-теоријски или претходни термини, у односу на теорију о којој је реч.

Теорија се може схематски представити као уређени пар скупова реченица T= (C, R), где је C скуп формула рачуна, R скуп правила кореспонденције.

Нејгел (E. Nagel) [8] у структури научне теорије разликује следеће основне компоненте:

1. Апстрактни рачун, који представља логички скелет система објашњења и који "имплицитно дефинише" основне појмове система.

2. Скуп правила, која апстрактном рачуну приписују известан емпиријски садржај тиме што га повезују са посматрањем и експериментом.

3. Интерпретацију или модел апстрактног рачуна, који га повезује са познатим појмовима или представама.

Наведене компоненте теорије ретко су изражене у научној пракси и не одговарају стварним ступњевима у конструкцији теоријских објашњења. Такође, изложени поредак не одражава временски редослед стварања теорије.

Настанак једне научне теорије, посебно физичке, често се иницира искуством или извесним карактеристикама запаженим у другим теоријама. Формулација теорије врши се повезивањем различитих мање или више представљивих појмова са не-логичким изразима који се у тим теоријама

јављају, односно, са "дескриптивним" или "предметним" терминима, који не припадају вокабулару формалне логике, већ су специфични за неки посебан предмет. У изграђеном дедуктивном систему основне претпоставке теорије представљају само апстрактну релациону структуру. Основне претпоставке теорије представљају скуп апстрактних или неинтерпретираних постулата чији саставни не-логички термини немају никакво значење изузев оног које стичу на основу њиховог места у постулатима. Тиме су основни термини теорије "експлицитно дефинисани" њеним постулатима. Уколико су основни теоријски термини само имплицитно дефинисани постулатима теорије, тада ти постулати не тврде ништа, пошто су исказне форме а не искази. Из њих се потом могу извести, дедуктивним путем, друге исказне форме. На тај начин формалну структуру једне развијене научне теорије чини апстрактни рачун.

У физици је први пут била систематски употребљена метода увођења термина помоћу постулата, без потпуне интерпретације, у класичној механици 18. века, а јасније уобличена у 19. веку, у Фарадејевој (M. Faraday) теорији електромагнетног поља и Мексвеловој (J. C. Maxwell) кинетичкој теорији гасова. Највећа и најплоднија примена је остварена у теорији релативности и квантној теорији.

Сврха једне физичке теорије, поред осталог, јесте објашњење експерименталних закона. Због тога није довољно да неки термини буду само имплицитно дефинисани. Примена теорије као инструмента објашњавања и предвиђања захтева њено повезивање са опажљивим чињеницама. Уколико не постоји ништа што показује како су имплицитно дефинисани термини теорије повезани са појмовима који се јављају у експерименталним законима, тада не постоје критеријуми на основу којих се теорија прихвата или одбацује. Таква повезаност се остварује, као што је већ истакнуто, правилима кореспонденције. Међутим, теоријски појмови,

који се употребљавају у савременој науци, не могу се експлицитно дефинисати помоћу експерименталних појмова и правила кореспонденције. Теоријски појмови су само имплицитно дефинисани постулатима теорије. Због тога постоји неограничени број експерименталних појмова за које постоји логичка могућност да одговарају одређеном теоријском појму. Теоријски појмови су често повезани, правилима кореспонденције, са више експерименталних појмова. Одсуство јединствене кореспонденције између теоријских и експерименталних појмова условљава да су њихове узајамне везе неодређене и непрецизне а правила кореспонденције обично нису експлицитно дефинисана. То је последица и чињенице да експериментални појмови нису са тако високим степеном прецизности одређени као теоријски појмови. Формална структура правила кореспонденције, такође, није јединствена. Правила кореспонденције могу да изражавају:

– потребан и довољан услов за описивање експерименталне ситуације теоријским језиком; облик правила је онда: "*x* је Т ако и само ако *y* је Е", при чему је Т теоријски а Е експериментални предикат.

– само довољан услов за примену теоријског појма; облик правила је онда: "Ако *y* је Е, онда *x* је Т".

– само потребан услов за примену теоријског појма; облик правила је онда: "Ако *x* је Т, онда *y* је Е".

Правила кореспонденције могу имати и друге сложеније облике, тј. могу истовремено повезивати више теоријских појмова са одређеним скупом експерименталних појмова. Уколико напредак експерименталних резултата то захтева, могуће је и увођење нових правила кореспонденције за појмове за које она раније нису постојала. Она могу бити формулисана као правила закључивања или као постулати, а могу имати и облик статистичких закона. Појам Ψ функције

у квантној механици могао би се можда сматрати примером пробабилистичких правила кореспонденције, сматра Карнап (R. Carnap) [3]. Статистичка правила кореспонденције до сада су мало проучавана.

Под моделом Нејгел (E. Nagel) [8] подразумева и интерпретацију теорије. Уколико је сваки израз, који се употребљава у описивању модела у извесном значењу смисаон, тада је теорија, која има модел, потпуно интерпретирана. Једна теорија може имати више различитих интерпретација у различитим моделима, а модели се могу разликовати по садржају и основним структурним одликама.

ПРИРОДА АКСИОМА ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ

Као зачетник дедуктивне методе сматра се Талес из Милета, иако је његов метод у неким случајевима био аксиоматски а у другим емпиријски. За разлику од Вавилонаца и Египћана, који су се задовољавали само формулацијом тврђења које је произлазило из непосредног искуства, Талес је тражио да се оно и докаже. Његов доказ се није темељио на строгим логичким принципима. У њему је било упућивања на очигледност осета и трагове конкретног посматрања [9].

У својој геометрији, постављајући њене основе, Еуклид је правио оштру разлику између аксиома и постулата. За њега су аксиоми били сами по себи јасне и опште истине за свако истраживање. Постулати су мање очигледни и односе се само на предмет о коме је реч. Еуклидова геометрија није била формална логика. Његови аксиоми, постулати и дефиниције сугерисани су обичним опажајем.

На пример, први Еуклидов постулат геометрије гласи: Нека се претпостави да се може повући од сваке тачке ка свакој другој тачки права линија. Или Еуклидов аксиом: Они који су једнаки истом – једнаки су међусобно.

У савременој науци изградња дедуктивне теорије се врши на основу следећих принципа:

1. Одређени скуп израза теорије употребљава се без објашњења њиховог значења. Ти изрази теорије се називају основни (недефинисани или примитивни) термини.

2. Одређени скуп тврђења теорије употребљава се без утврђивања њихове ваљаности, тј. сматрају се истинитим. Тврђења из ове групе називају се аксиоми.

Помоћу наведених принципа избегава се *circulus vitiosus*.

У дедуктивном моделу теорије, утврђивање истинитости теорема могуће је представити, по Лакатошевом (I. Lakatos) [10] моделу, као на приложеној схеми 1.

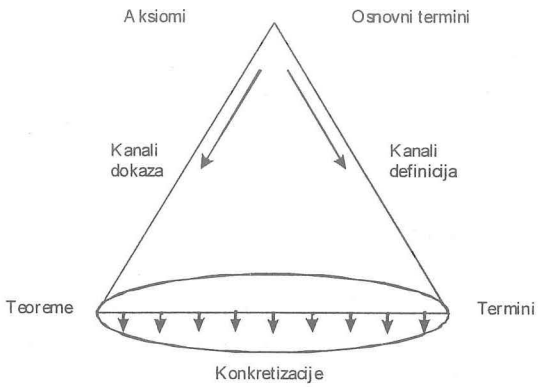


Схема 1. Пирамида знања по Лакатошевом (I. Lakatos) моделу

Научно знање организовано у једну дедуктивну теорију, може се представити у облику пирамиде, која се назива пирамидом знања те теорије. На врху пирамиде се налазе основни појмови и аксиоми теорије, а испод њих су остали дефинисани термини и теореме теорије. Дефинисани термини су повезани са основним терминима каналима дефиниција. Приликом уграђивања значења у основне термине, оно ће

потећи каналима дефиниција и испунити све термине теорије. Слично важи и за теореме теорије. Наиме, оне су са аксиомима повезане каналима доказа или дедуктивним каналима. Због тога што се већина дедуктивних теорија користи законима стандардне логике, усађивањем истине у њихове аксиоме, она ће потећи дедуктивним каналима наниже и испунити све теореме теорије. Наведени ток се назива директан пренос истине. Уколико дође до уграђивања неистине у аксиоме, не мора доћи ни до каквог тока дедуктивним каналима, јер се из лажне претпоставке може извући било какав закључак. Стога се може рећи да не постоји директан пренос неистине. Усађивањем неистине у теореме на дну пирамиде, она се према закону контрапозиције дедуктивним каналима пење ка врху, ка аксиомима, чиме се остварује повратни пренос неистине, који се још назива оповргавање и побијање. Сам ланац научног истраживања дедуктивних теорија може се представити у облику: апстракција-дедукција-конкретизација, чиме се одређена теорија коначно оправдава њеним применама.

У савременој аксиоматици, међу аксиомима и постулатима не прави се разлика. Постулат представља одређени исказ који се договорно прихвата без доказа. Он није нужно сам по себи очигледан.

У изграђеном дедуктивном систему, према Нејгеловом (E. Nagel) [8] схватању, основне претпоставке теорије представљају само апстрактну релациону структуру. Уколико су основни теоријски термини само имплицитно дефинисани постулатима теорије, ти постулати не тврде ништа, пошто су исказне форме а не искази. Из њих се дедуктивним путем могу извести друге исказне форме.

Попер (K. R. Popper) [11] сматра да се аксиоми физичке теорије могу посматрати као конвенције или као емпиријске или научне хипотезе.

Уколико се аксиоми посматрају као конвенције, онда они ограничавају употребу или значење основних идеја (или примитивних термина или појмова) које уводе. Аксиоми се описују као имплицитне дефиниције оних идеја које саме уводе. Дато гледиште је могуће разјаснити на примеру аналогије између аксиоматског система и једног система једначина. Нека имамо исказну функцију "x+y=12". Дата исказна функција се претвара у исказ када "празнине" x и y узму извесне вредности. Исказ који том приликом настане биће или истинит или погрешан у зависности које вредности (или комбинације вредности) узимају x и y. Уколико вредности x и y исказну функцију претварају у истинит исказ, тада та исказна функција постаје исказна једначина. Ако се недефинисане основне идеје или примитивни термини теорије могу узети као "празнине", одређени систем аксиома се може третирати као систем исказних функција. Уколико се на места празнина ставе само такви системи или комбинације вредности, које исказне функције претварају у истинит исказ, тада систем аксиома постаје систем исказних једначина.

Систем аксиома може бити интерпретиран и као систем емпиријских или научних хипотеза, уколико се примитивни термини који се јављају у аксиоматском систему, не узимају као имплицитно дефинисани, већ као "екстра-логичке константе". Такви појмови, попут "права линија" или "тачка", који се јављају у сваком систему геометријских аксиома, могу се интерпретирати као "зрак светлости" и "укрштање светлосних зрака". Тада искази система аксиома постају синтетички искази тј. искази о емпиријским објектима. Основна тешкоћа овог приступа је у чињеници да појмови који се морају употребити у аксиоматском систему треба да буду универзални појмови која се не могу дефинисати преко директних емпиријских асоцијација. Ако се ти појмови могу дефинисати то се мора учинити експлицитно, помоћу других универзалних појмова. У противном морају се прихватити као

недефинисани. У изградњи система аксиома нека универзална имена (појмови) морају остати недефинисани и увек употребити у неемпиријском смислу (као да су имплицитно дефинисани). А тиме се неизбежно губи емпиријски карактер система аксиома. Превазилажење овог проблема може се остварити употребом експлицитних дефиниција помоћу којих се појмовима једног система аксиома даје значење изразима неког система нижег нивоа универзалности.

Развој физике условио је да појам ***аксиом*** добије дубљи и фундаменталнији смисао. Тако Холтон (G. Holton) [12], у анализи Ајнштајновог (A. Einstein) [13] модела изградње научне теорије, аксиоме теорије дефинише као њене фундаменталне принципе. На пример, принцип релативности је Ајнштајн (A. Einstein) [12] довео у ранг постулата.

Даљи корак у уопштавању појма ***аксиом*** учинио је Бунге (M. Bunge) [14]. Он истиче да аксиоматизација садржаја одређене области знања подразумева излагање његових основних идеја неким уређеним начином, тј. у складу са принципима изградње дедуктивних теорија. Термин "идеја" обухвата и појмове и тврђења. Аксиоматизација теорије означава састављање уређеног списка основних појмова и основних тврђења теорије, тако да се сви остали њени појмови и тврђења могу извести из њених основних идеја. Основна идеја је она која служи за изградњу даљих идеја помоћу чисто логичких или математичких средстава. То може бити или појам или тврђење. Дефинисањем аксиома као одређених идеја губи се њихово раније опште прихваћено својство опште истинитости и самоочигледности. На пример, такав је пројективни постулат квантне нерелативистичке теорије.

Тврђења која следе из система аксиома се подвргавају одређеној теоријској и експерименталној провери. Тај процес може довести до одређених корекција аксиома или чак њиховог одбацивања [15].

Статус примарних појмова и аксиома није апсолутан већ зависи од контекста. Зато се каже: "Појам (или аксиом) А је основни у теорији Т".

Наведени ставови показују све веће уопштавање појма *аксиом*. То има за последицу релативно једноставније заснивање физичке теорије. У аксиоматско-дедуктивној структури теорије примарно је извођење последица или теорема теорије и трагање за њиховим прототиповима у објективној реалности.

Осим Еуклида у геометрији [14], Спинозе (B. Spinoza) у етици [14] и Њутна (I. Newton) у механици [14], многи други су покушавали да своје теорије формулишу аксиоматски. У почетном периоду савремене аксиоматике, значајна је аксиоматска преформулација основа геометрије, коју је извршио Хилберт (D. Hilbert) [16] 1899. године. Хилберт (D. Hilbert) [16] је дошао до сазнања да не постоји коначан систем аксиома. Увек су у принципу могући дубљи и строжији нивои аксиоматизације. Такође, 1924. године Каратеодори (C. Carathéodory) [17] и Рајхенбах (H. Reichenbach) [18] су предложили аксиоматизацију специјалне теорије релативности. Та аксиоматизација није успела због тога што нису узели у обзир и Мексвелову (J. C. Maxwell) теорију електромагнетног поља, без које специјална теорија релативности нема прави смисао.

Прву успешну аксиоматизацију у класичној механици материјалне тачке извршио је МекКинси (J.C.C. McKinsey) [19]. У њој су први пут оптимално повезани и окарактерисани почетни појмови, фомулисани неопходни аксиоми, који су били тестирани на непротивречност и независност.

Физичка теорија представља сложен систем. Њене основне компоненте су емпиријска, формална (логика, математика), философска (семантика, метафизика), протофизичка (основе теорије система, теорија простора и времена, теорија физичке вероватноће итд.). Компоненте физичке теорије условљавају и одређене карактеристике њеног система аксиома. Аксиоми треба да одређују математички статус сваког основног појма, да скицирају његов физички садржај и да доводе у корелацију сваки основни појам са другим појмовима, да би се могли објаснити основни аспекти физичког система на који се теорија односи. Због тога сваки добро изграђен систем аксиома физичке теорије треба да садржи формалне (математичке) аксиоме, семантичке (смислене) аксиоме и физичке аксиоме, који чине језгро сваке физичке теорије. Међу аксиомима нема оних који непосредно повезују физичко значење аксиоматских тврђења са експериментом, односно, са емпиријском компонентом. Основни разлози су следећи. Са експериемнтом су обично непосредно повезане теореме а не аксиоми. Планирање и интерпретација одређеног експеримента укључује не само теорију повезану са експериментом, већ и одређени број помоћних теорија, које се односе на различите аспекте експерименталне апаратуре. Циљ експеримента је превасходно представљање података у облику погодном за проверу теорије, њену примену и постављање нових питања.

Формални аксиоми се тичу форме основних појмова, док семантички изражавају њихова значења. Физички аксиоми говоре о самим физичким системима и најважнији од њих су оријентисани на репрезентацију физичких закона. На пример, формални аксиом је: M^3 је тродимензиона диференцијабилна многострукост. Семантички аксиом је: M^3 представља обичан простор. Физички аксиоми изражавају физичке законе у форми одговарајућих једначина.

Уколико се жели извршити аксиоматизација физичке теорије која је изграђена и довољно јасно формулисана, систем аксиома треба да садржи формалне, семантичке и физичке аксиоме. Такав систем аксиома одликује:

1. ФОРМАЛНА НЕПРОТИВРЕЧНОСТ АКСИОМА. – Уколико није испуњен наведени захтев, из система аксиома ће сле-

дити било које могуће тврђење. Овај услов представља најважнији захтев рационалности и зато треба да га задовољава свака теорија.

2. ДЕДУКТИВНА ПОТПУНОСТ АКСИОМА. – Систем аксиома треба да садржи као аксиоме или да добија као теореме сва позната тврђења о законима из области коју треба да обухвати дата теорија. Ова одлика обезбеђује максимални степен истинитости. Уколико неки систем аксиома не обухвата неко тврђење о закону у датој области, тада га треба или допунити датим тврђењем као још једним од аксиома или појачати неки од постојећих аксиома тако да се дато тврђење добија као њихова последица.

3. ПОТПУНОСТ ПРИМАРНИХ ПОЈМОВА. – Аксиоми, поред физичких претпоставки, треба да представљају потребне и довољне услове, за сваки од базних, неодређених појмова дате теорије, да би ови појмови имали и математички и физички смисао.

4. НЕЗАВИСНОСТ ПРИМАРНИХ ПОЈМОВА. – Основни појмови неког система аксиома треба да буду независни. Тиме се избегава *circulus vitiosus* и бесконачни регрес у одређењу појмова, односно, дефинисање појма помоћу њега самог.

5. НЕЗАВИСНОСТ АКСИОМА. – Различити аксиоми теорије не треба да се изводе једни из других. Тиме се обезбеђује могућност измене и преуређивања теорије у процесу развитка знања. На тај начин, аксиоми из којих следе погрешна тврђења могу се издвојити и одстранити. Независност аксиома доприноси прогресу у развитку теорије.

У вези са тим, Гедел (K. Gödel) [20] је још крајем тридесетих година 20. века објавио резултате својих истраживања. Његова теорема о непотпуности гласи: "Ако је формална теорија T, укључујући аритметику целих бројева, непротивречна, тада је она непотпуна". Геделова (K. Gödel) теорема тврди да ниједан систем математичких или логичких аксиома не дозвољава обухватање свих истина које се у њему са-

држе. У сваком аксиоматском систему постоје тврђења, која није могуће ни доказати ни оповргнути у оквирима датог система. Истинитост таквих тврђења може бити установљена само помоћу неформалних расуђивања. Уколико би се та тврђења прикључила полазном систему аксиома, сагласно Геделовој (K. Gödel) теореми, проширени систем аксиома садржаће такође нова тврђења која није могуће ни доказати ни оповргнути. Њиховим даљим узимањем за допунске аксиоме процес сукцесивног проширивања почетног формалног система аксиома могуће би било продужити у бесконачност. Геделова (K. Gödel) теорема је показала да аксиоматизација има своје границе.

НЕКИ ПРИНЦИПИ ИЗГРАДЊЕ СИСТЕМА АКСИОМА ФИЗИКЕ ТЕОРИЈЕ

Изградња физичке теорије представља сложен процес. На почетку се изграђују основни елементи одговарајуће физичке слике света, после чега настаје могућност изградње физичке теорије. У почетној фази се врши издвајање основних чињеница на којима се теоријско истраживање може засновати. Одређују се фундаментални принципи или аксиоми који представљају основу физичке теорије. У избору и формулацији аксиома значајну улогу има и интуиција научника као конструктивни процес. Она у науци, заједно са аналогијом и индукцијом, има хеуристичку улогу.

Настанак физичке теорије иницирају научне чињенице које се не могу уклопити у постојеће теоријске системе [21]. Физичка теорија настаје из скупа експерименталних и теоријских чињеница. Изградњом нове физичке теорије хаотична разноврсност експерименталних и теоријских чињеница се доводи на основе структуре мишљења која указује на њихове везе и поредак у одговарајућој структури.

Свој модел изградње научне теорије Ајнштајн (A. Einstein) је најсажетије и најјасније изложио у писму Морису Соловину (M. Solovine) 1952. године [22]. Према Ајнштајновом (A. Einstein) [13] моделу процес изградње научне теорије се може представити као на схеми 2.

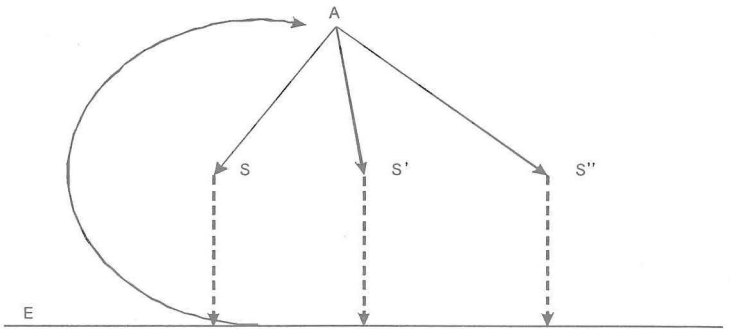


Схема 2. Изградња физичке теорије по Ајнштајновом (A. Einstein) [13] моделу. A је систем аксиома, S су тврђења произашла из система аксиома, а E је укупност непосредног искуства, чулни подаци итд.

Аксиоми A су психолошки засновани на E. По Ајнштајну (A. Einstein) [23], нема логичког пута који води од E ка A. Постоји само интиутивна (психолошка) веза која се константно обнавља. Лук на схеми 2 представља стваралачки пут ка систему аксиома. На почетку он је заснован само на проби, на основу нагађања, претпоставки, надахнућа, наговештаја или предосећања. У овој фази долази до изражаја, пре свега индивидуални процес изградње или иновације, који још увек није откривен и доступан за изучавање другима. У њему истраживач концентрише огромну енергију у жељи за сазнањем у сусрету са хаотичним E. Као што, у принципу, на нивоу E постоји бесконачно много тачака, тако и на врху,

у принципу, постоји бесконачно много могућих аксиома или система аксиома. Као оријентир одређења коначног броја аксиома и њиховог избора служе ограничења која одређују рад сваког научника који се бави фундаменталним проблемима, ограничења условљена склоностима, предубеђењима, претпоставкама.

У трагању за системом аксиома физичке теорије одређену улогу има и интуиција научника. Она се у науци, заједно са аналогијом и индукцијом, разматра као хеуристичко средство, као оријентир и ослонац расуђивања. У науци нема интуиције без логике, јер се интиутивно формулисана хипотеза ослања на њену рационалну разраду и после тога на проверу обичним методама. Ниједна интуиција неће бити плодотворна без рационалне или емпиријске процедуре. Она је плодотворна у том степену у коме је прецизирана и прерађена разумом. Мостепаненко (A. M. Mostepanenko) [24] истиче да се на почетку, на основу емпиријске базе и одговарајућих философских идеја, изграђују основни елементи физичке слике света, а затим настаје могућност изградње физичке теорије. Основни интиутивни процес се односи на изградњу физичке слике света. На пример, Галилеј (G. Galilei) је поставио основе механичке слике света, а потом је Њутн (I. Newton) изградио прву физичку теорију – механику.

У физици посебно долазе до изражаја следећи облици интуиције:

1. Креативна имагинација, која представља конструктивни процес; помоћу ње настају нови објекти мишљења (нови појмови, нове хипотезе, нове теорије, ...) из потпуно неприпремљеног, сировог материјала.

2. Убрзано закључивање или усмерени прелаз од једног тврђења ка другом.

3. Фронезис или практична мудрост као додатак индукцији и аналогији аргумената; она подразумева брзу и практичну оцену важности значења проблема, вероватност теорије, применљивост или поузданост метода или корисност дејства [25].

Извесност успешног скока од Е ка А, по Холтону (G. Holton) [12], може се повећати коришћењем "тема". Односно, на одређеној етапи научног мишљења може се схватити и препознати као неопходно постојање и коришћење таквих непроверених, нефалсификованих и непроизвољно изграђених појмова, чију класу он означава термином "тема". Тако се модификована схема 2 може представити на следећи начин:

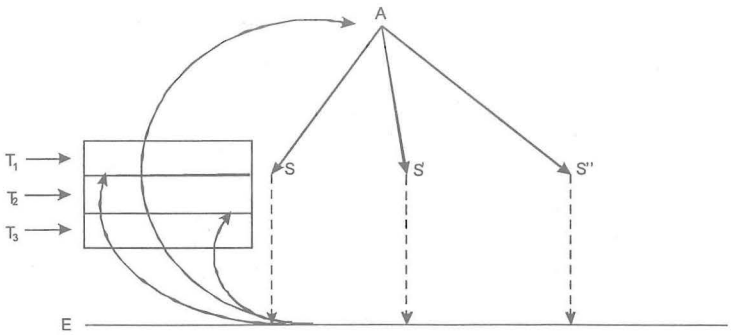


Схема 3. Улога "тема" у изградњи система аксиома физичке теорије.

На схеми 3 је приказан неки скуп могућих скокова од Е ка А, али само један од њих, или неколико, пролази филтер, који представља тему које се придржава научник и коју он укључује у свој истраживачки процес. После 1900. године, у периоду изградње и развоја квантне теорије, главна тема је постала дискретност, иако је и даље коегзистирала алтерна-

тивна тематска оријентација (непрекидност) остварена у таласној теорији електромагнетизма или у Шредингеровој (E. Schrödinger) теорији.

При избору и формулацији аксиома на нивоу Е потребно је уочити и издвојити сва најопштија тврђења и чињенице, посебно оне које представљају решења или резултате важних типичних проблема. Распоредити их по степену општости почињући, ако такве постоје, са онима које не карактеришу никакве појединачне моделе. У овој фази посебно долази до изражаја креативна имагинација, као конструктивни процес. Она је у одређеној мери зависна од комплекса одговарајућих информација, физичких теорија, захтева тренутка и чак опште интелектуалне атмосфере. Као пример може се навести обједињавање таласних и квантних елемената у Шредингеровој (E. Schrödinger) једначини. Такође, Бунге (M. Bunge) [14] истиче да се постулирају оне формуле за које се претпоставља да се не могу извести у оквирима дате физичке теорије. За те формуле се претпоставља да ће у некој апроксимацији бити истините. Као пример може се навести Шредингерова (E. Schrödinger) једначина. Издвојени систем аксиома се подвргава одређеној тематској анализи. Систем аксиома треба да припада одређеном тематском оквиру. Он треба да испуњава и захтев максималне формалне једноставности, у смислу минималног могућег броја аксиома. На пример, основу специјалне теорије релативности чине два постулата, а опште теорије релативности три. Уколико предложени систем аксиома садржи неку очигледно погрешну последицу неопходно је идентификовати изворе и извршити потребне корекције. У овом процесу присутно је и убрзано закључивање као један од облика научне интуиције. Оно се врши на основу свеукупних информација, критеријума и циљева. За избор и прихватање система аксиома физичке теорије посебно су значајне процедуре процене и провере, теоријске и експерименталне. Једна од форми про-

цедура провере је дедуктивно извођење тврђења из система аксиома, тј. прогноза и последица и њихова експериментална провера. Ако је систем аксиома А исправан, треба да следи S, S', S'', ... Односно, из принципа релативности и принципа константности брзине светлости узетих за систем аксиома специјалне теорије релативности треба да следе трансформације координата и времена, релативност истовремености, контракција дужине, дилатација времена итд. Потом је неопходно тврђења С упоређивати са Е, односно, проверавати експериментом. Позитиван исход таквих провера (на пример, потврда дилатације времена код μ-мезона) чини предложени систем аксиома А вероватнијим и поузданијим. Даљи раст и развој теорије може довести и до корекција или одстрањивања неког од аксиома. На пример, Ајнштајнов (A. Einstein) прелазак од првог принципа специјалне теорије релативности, који тврди да сви закони природе треба да буду коваријантни у односу на Лоренцове (H. A. Lorentz) трансформације, на први принцип опште теорије релативности, према коме сви закони природе треба да буду коваријантно формулисани у односу на произвољни референтни систем. Тиме је Ајнштајн (A. Einstein) отклонио узрок свог незадовољства првобитном верзијом теорије релативности јер се она односила само на инерцијалне системе референце. Наведени пример, такође, показује значај и улогу фронезиса као додатка индукцији и аналогији аргумената. Он долази до изражаја у дугом креативном раду на сложеним проблемима, у широким областима истраживања. Тада научник постепено стиче способност правилног избора проблема, праваца истраживања, метода, правилног избора хипотеза и аксиома [26].

ПРИРОДА ФИЗИЧКИХ ПОЈМОВА

Истраживање природе физичких појмова захтева утврђивање односа теоријског садржаја према скупу емпиријских чи-

њеница, односно, утврђивање односа емпирије и разума као суштинских компоненти сазнања. У процесу развоја филозофске мисли кроз векове једно од главних питања било је какво сазнање може пружити чисто мишљење независно од чулних утисака? Има ли таквог сазнања? Ако нема, у каквом односу стоји сазнање према сировом материјалу који пружају чулни утисци?

У античкој Грчкој, на пример, створена је Еуклидова геометрија, чија су тврђења са таквом оштрином произлазила једна из других, да је сваки од доказаних ставова био ван сваке сумње.

Као творац модерне физике и науке уопште, Галилеј (G. Galilei) [1] је сматрао да се, само логичким мишљењем, не може остварити никакво знање о свету искуства. Сво знање о стварности произлази из искуства и у њега утиче. Чисто логички стечени ставови, у односу на реалност, потпуно су празни. И Њутн (I. Newton) [1] је веровао да се основни појмови и основни закони његовог система могу извести из искуства. Већина физичара 18. и 19. века је веровала, захваљујући великом практичном успеху Њутнове (I. Newton) физике, да основни појмови и основни закони физике нису, у логичком смислу, слободне творевине људског духа, већ да се логичким путем, апстракцијом изводе из експеримената.

За Болцмана (L. Boltzmann) [2] чулно сазнање представља основу сваког научног сазнања. Научно сазнање настаје као резултат чулних перцепција и формално-логичке дедукције. Чулно и разумно, као ступњеви научног сазнања, чине јединствену и складну целину, јер предсказивање мора бити проверено експериментом [27].

Ако је искуство почетак и крај свеукупног сазнања поставља се питање улоге разума у науци.

Ајнштајн (A. Einstein) [1] сматра да појмови који се појављују у нашем мишљењу и језичким исказима представљају слободне творевине мишљења и да се не могу индук-

тивно добити из чулних доживљаја. Да мишљење не би постало метафизичко, неопходно је да довољан број ставова појмовног система буде пуздано повезан са чулним доживљајима. У теоријској физици разум даје изградњу система, а емпиријски садржаји и њихови узајамни односи представљају коначне ставове теорије. Ајнштајн (A. Einstein) [1] верује, на основу дотадашњих искустава, да је природа реализација математички најједноставнијег што се може замислити. Математичким конструкцијама могу се наћи они појмови и законска повезаност између њих који пружају кључ за разумевање природних појава. Употребљиви математички појмови се могу кроз искуство приближно поставити, али се из њега не могу никако извести. Искуство представља и даље једини критеријум употребљивости математичких конструкција у физици, али истински стваралачки принцип лежи у математици. Ајнштајн (A. Einstein) [1] сматра да је могуће схватање стварности чистим мишљењем.

ЗАКЉУЧАК

Основни епистемолошки проблеми у структури физичке теорије аксиоматско-дедуктивног модела су:

1. Неједнозначни карактер појма аксиом

Аксиом је: истина очигледна сама по себи; јасна и општа истина; тврђење; исказ; исказна форма; исказна функција; исказна једначина; емпиријска или научна хипотеза; фундаментални принцип теорије; одређена "идеја".

2. Врста и карактеристике система аксиома при аксиоматизацији изграђених и јасно формулисаних физичких теорија

Систем аксиома треба да садржи формалне, семантичке и физичке аксиоме. Систем аксиома треба да одликује: формална непротивречност аксиома; дедуктивна потпуност ак-

сиома; потпуност примарних појмова; независност примарних појмова; независност аксиома. Статус примарних појмова и аксиома није апсолутан и њихов број није коначан. Увек су у принципу могући дубљи и строжи нивои аксиоматизације. Геделова (K. Gödel) [20] теорема је показала да аксиоматизација има своје границе.

3. Избор и формулација аксиома у почетној фази заснивања физичке теорије

У почетној фази заснивања и развоја физичке теорије изграђују се основни елементи одговарајуће физичке слике света и врши издвајање основних чињеница на којима се теоријско истраживање може засновати. При избору и формулацији аксиома теорије превасходно се полази од најопштијих тврђења и чињеница, посебно оних које представљају решења или резултате важних типичних проблема. Посебно су значајна она тврђења и научне чињенице (ако такве постоје) који не карактеришу никакве појединачне моделе. Као аксиоми се постулирају и оне формуле за које се претпоставља да се не могу извести у оквирима дате физичке теорије. За те формуле се претпоставља да ће у некој апроксимацији бити истините. Предложени систем аксиома треба да припада одређеном тематском оквиру и да испуњава захтев максималне формалне једноставноси, у смислу минималног могућег броја аксиома. Прихватање предложеног система аксиома физичке теорије уско је повезано са исходом теоријских и експерименталних процедура провере.

4. Природа физичких појмова

Природа физичких појмова произлази из односа емпирије и разума као суштинских компоненти сазнања. Већина физичара 18. и 19. века је веровала да основни појмови и основни закони физике нису слободне творевине људског духа, већ да се логичким путем, апстракцијом изводе из експеримената. За Болцмана (L. Boltzmann) [2] чулно сазнање представ-

ља основу сваког научног сазнања. Научно сазнање настаје као резултат чулних перцепција и формално-логичке дедукције. Чулно и разумно, као ступњеви научног сазнања, чине јединствену и складну целину. Ајнштајн (A. Einstein) [1] сматра да појмови представљају слободне творевине мишљења и да се не могу индуктивно добити из чулних доживљаја. У теоријској физици разум даје изградњу система, а емпиријски садржаји и њихови узајамни односи представљају коначне ставове теорије. Употребљиви математички појмови се могу кроз искуство приближно поставити, али се из њега не могу никако извести. Улога разума, као компоненте сазнања, у савременој концепцији физике све више расте у односу на чулно сазнање.

5. Делимична интерпретација теоријског језика

Аксиоматско-дедуктивни модел физичке теорије поседује делимичну, индиректну, придружену интерпретацију за теоријски језик, која се остварује правилима кореспонденције. Не постоји могућност интерпретације свих теоријских термина, иако су правила кореспонденције прилагођавана потребама развоја физичких теорија, све до облика статистичких закона. Настојећи да превазиђе ове ограничености аксиоматског приступа изградње физичке теорије, ван Фрасен (B. van Fraassen) [28] је дефинисао, на пример, семантички модел теорије.

6. Оштра дистинкција између теоријског и емпиријског језика и статус правила кореспонденције

У оквиру стандардне концепције структуре физичке теорије постоји оштра дистинкција између теоријског и емпиријског језика. Превладавајући ограничености двојезичког модела, Хесе (M. Hesse)[29] је доказала да мрежни модел теорије не захтева ограничење теорија на употребу предиката који су већ у оптицају у језику или опажљиви у неком домену

ентитета. У складу са тим теорија представља комплекс закона и импликација од којих су неки добро "уврежени", други мање, а одређени закони представљају тек нешто више од сугестија са још увек малим емпиријским упориштем. У таквом моделу правила кореспонденције могу у различитим околностима функционисати као независни теоријски постулати, као теореме, као индуктивни закључци, као емпиријски закони, или у мање интересантним случајевима као аналитичке дефиниције. Стога, у мрежном моделу правила кореспонденције не образују логички издвојену класу ставова са јединственим статусом. Она постају емпиријски односи између претежно теоријских и претежно емпиријских делова мреже. Не постоји јединствен метод премошћавања логичког јаза између теорије и посматрања јер таквог логичког јаза и нема.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ајнштајн, Моја слика свијета, Народна просвјета, Сарајево, 1955.
2. М. Распоповић, Лудвиг Болцман у физици и филозофији, Београд, 1978.
3. Н. Сесардић, Филозофија науке, Нолит, Београд, б. г.
4. Ж. Ристић, О истраживању, методу и знању, Институт за педагошка истраживања, Београд, 1995.
5. G. Rommeis, Der hypothetische Charakter Wissenschaftlicher Voraussicht gesellschaftlicher Entwicklungstendenzen. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar, 1965.

6. А. Поенкаре, Знаност и хипотеза, Глобус, Загреб, 1989.
7. А. П. Хилькевич, Гносеологическая природа гипотезы, Издательство БГУ им. В. И. Ленина, Минск, 1974.
8. Е. Нејгел, Структура науке, Нолит, Београд, 1974.
9. Ж. Дадић, Развој математике, Школска књига, Загреб, 1975.
10. С. Обрадовић, Узајамна повезаност физике и математике (Магистарска теза), Ниш, 1997.
11. K. R. Popper, The Logic of Scientific Discovery, Hutchinson, London, 1959.
12. Ц. Холтон, Тематический анализ науки, Прогресс, Москва, 1981.
13. Aichelburg P., Sexl R. (eds.) Albert Einstein. His Influence on Physics, Philosophy and Politics, Braunschweig/ Wiesbaden, 1979.
14. М. Бунге, Философия физики, Прогресс, Москва, 1975.
15. С. Обрадовић, The nature of axioms of physical theory, European Journal of Physics, 23 (2002) 269-275.
16. D. Hilbert, Mathematischen Annalen, 78 (1918) 405.
17. C. Carathéodory, Sitzungberichte der Königlich Preussischen Academie der Wissenschaften zu Berlin, Phys.-Mat., 12.
18. H. Reichenbach, Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit Lehre, Fr. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1924.
19. J. C. C. McKinsey, A. C. Sugar and P. Suppes, Journal of Rational Mechanics Analitics, 2, (1953) 253.
20. M. Kline, Mathematics, The Loss of Certainty, Oxford University Press, New York, 1980.
21. Р. Ђорђевић, Философија и наука, Јефимија, Београд, 1994.
22. Р. Ђорђевић, Теорија сазнања и историја науке: О Ајншајновим епистемиолошким схватањима и значају њиховог даљег истраживања, Дијалектика, Београд, 1979.
23. Р. Ђорђевић, Поенкаре, Ајнштајн и Луј де Брољ о улози интуиције у науци, Дијалектика, Београд, 1972.

24. А. М. Мостепаненко, Методологические и философские проблемы современной физики, Издательство Ленинградского университета, Ленинград, 1977.
25. М. Бунге, Интуиция и наука, Прогресс, Москва, 1967.
26. С. Обрадович, Некоторые принципы построения системы аксиом физической теории, Философия науки, Н1 (12) (2002) 63-68.
27. Л. Больцман, Очерки методологии физики, Москва, 1929.
28. B. C. van Fraassen, Images of Science, edited by P. M. Churchland and C. A. Hooker, University of Chicago Press, Chicago, 1985.
29. M. Hesse, Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science, Harvester Press, Brighton, 1980.

Зоран Стокић

ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ
И МЕТАФИЗИЧКА ОБЈАШЊЕЊА

Не откривају богови смртницима све од почетка, али током времена, тражећи, налазимо оно што је боље. Сигурну истину нико није сазнао и неће је сазнати о боговима и стварима о којима говорим; али ако ико икада истину неким случајем саопшти, сам то неће знати: јер све је само исткана мрежа нагађања.

Ксенофан

У раду овако насловљеном[1] поћи ћемо од следећих фундаменталних теза:

– физичке и метафизичке теорије у ранијим периодима људске културе биле су у врло блиском сродству и тако тесно повезане, да се никако нису могле раздвојити;

[1] Појмови "теорије" и "објашњења" користе се на много различитих начина. За нас ће овде "теорија" представљати скуп закона (аксиома, теорема) који су тако дедуктивно међуповезани, да се могу уредити у један аксиоматски систем. "Објаснити" закон (теорему) помоћу неке теорије значи дедуковати тај закон (теорему) из аксиома, користећи се при томе и датом дефиницијом стања посматраног физичког система. "Објаснити" појединачну чињеницу, тј. "исказ о чињеници", значи дедуковати га из друге чињенице, тј. из "почетних (и евентуално граничних) услова" и из најмање једног закона (аксиоме, теореме).

– нова физичка наука родила се онда када је техника постала научна;

– сједињење физичке науке и технике битно је допринело раздвајању науке од метафизике;

– то раздвајање било је праћено променом циља и методологије – филозофије – нове физичке науке.

Проблем којим ћемо се најпре позабавити јесте разлика коју правимо између старе – аристотеловске – и нове – њутновске – физичке теорије, тј. науке уопште[2].

Физичке теорије ћемо сврстати у две основне категорије:

– у *њутновске физичке теорије*, чија је примарна карактеристика да су хипотетичко-дедуктивне конструкције *симболичког типа,* које *не зависе* од метафизичког система, а могу се представити шемом: 1) проблеми- предтеорије-посматрање, 2) хипотезе[3], 3) метод, 4) знање;

– у *аристотеловске физичке теорије*, чија је примарна карактеристика да су дедуктивне конструкције апстрактног типа које зависе од метафизичког система и могу се представити шемом: 1) осет, 2) дефиниције, 3) доказ, 4) знање[4].

[2] То чинимо и зато што сматрамо да је у нас веома распрострањено неразумевање метода физичких наука. Узрок тих грешака треба тражити у погрешној интерпретацији логичке форме физичких теорија, метода њихове провере и логичке функције посматрања и експеримента. Да методолошки номинализам, тј. инструментализам, није извојевао победу у природним наукама над есенцијализмом, ми бисмо и дан-данас пливали у водама Аристотелове физике и трагали за "суштинама" или Платоновим "идејама" ("формама") или универзалијама.

[3] Компарације ради приметимо да Аристотел уопште није имао у виду употребу речи "хипотеза" у смислу "нагађања" – пробне претпоставке о нечему.

[4] За Аристотела "научно знање" нигде не укључује практичну проверу; зато је његова физичка теорија само номинално емпиријска.

Под *метафизиком* ћемо, у историјској равни, подразумевати ону филозофију која је дошла "иза" (после) Аристотелове физике.[5] У онтолошкој равни, пак, под тим термином мислићемо пре свега на филозофску дисциплину која расправља о оном што превазилази (трансцендира) искуство, оном што је изнад, или с оне стране сваког искуства, као нпр. о правој суштини ствари, о стварима по себи, о апсолутном и сл.[6]

Дакле, прво питање које нам се сасвим природно намеће када почнемо да размишљамо о систему метафизике јесте ово: да ли је могуће да се о скривеној суштини стварности, животу, космосу, о чему су говорили претходни системи мита и религије, проговори и на неки нови, другачији начин – помоћу метафизички "схватљивих значења", како су то хтели први антички филозофи и научници?

МИТ И РЕЛИГИЈА

Будући да припадам онима који сматрају да, уопште узев, све науке, као и филозофија или било која теорија, пролазе кроз разне стадијуме свога развоја – те као што је хемији

[5] За Аристотела, филозофија је једна од наука. Наиме, знање, које се темељи на чистом посматрању, разликује се, по Аристотелу, од практичне мудрости по томе што је повезано са доказима. Према томе, знање у смислу "схватања онога што је опште и нужно" пружале би само теоријске науке – физика, математика и прва филозофија ("прва филозофија" у том смислу што је сматрао да њен предмет има логички приоритет у односу на друге науке).

[6] "Суштина и принцип света је Вода" по Талесу, "Ватра" по Хераклиту, "Бесконачно" по Анаксимандру, "Број" по Питагори. "Све ствари нису ништа друго до сенке вечних идеја које су по себи смештене у ванвременској ванпросторној сфери", вели Платон. Доктрина мониста каже: "Постоји само један принцип на коме је утемељно све што јесте", а дуалисти уче: "Постоје два принципа". Материјалисти тврде: "Све што јесте, јесте супстанцијално", али спиритуалисти кажу: "Све што јесте, јесте спиритуално". Видети: – R. Carnap, *Der logische Aufbau der Welt,* Berlin und Leipzig, 1928. – R. Carnap, *Philosophy and Logical Syntax,* London, 1935. – R. Carnap, *Philosophical Foundations of Physics*, New York, 1966.

претходила алхемија, астрономији астрологија и тсл., тако и физичка наука има сопствене фазе: *митолошку, метафизичку и прагматску* – осећам се обавезним да, пре него што почнем са излагањем главне теме овог предавања, кажем макар нешто и о *митy* и *религији*. Дакле, са нашег становишта, корени метафизике и физике налазе се, пре свега, у миту и религији.

Говорити о миту, религији, с једне стране, и наукама, с друге, значи говорити о сталној напетости која постоји између *затворених и отворених теоријских система*, о сталној напетости између *стабилности и еволуције*. Човекова духовност је разапета између те две тенденције, од којих једна тежи да помоћу репродуктивних сила *сачува старе облике*, док се друга помоћу креативних сила бори да *створи нове облике*. Тај се дуализам може наћи у свим подручјима културе – те две тежње чине се најконтроверзнијим снагама у људском животу. У миту и примитивној религији доминантна је стабилизација, конзервација. Мит нема другу могућност разумевања, образлагања и тумачења садашњости него да је сведе на далеку прошлост. Оно што је било одувек, од памтивека, стално је и непроблематично. Светогрђе је доводити то у питање! Јер за првобитни људски дух нема веће светиње од светиње старине. Митско време је оно што свим стварима, физичким предметима и људским институцијама, даје њихову вредност, њихово достојанство. Сваки прекид са митским временом, сваки прекид континуитета уништио би самом срж митског и религијског живота. С гледишта примитивне мисли погубна је и најмања промена утврђене шеме ствари. Зато се речи неке магијске формуле, какве чаролије, или какве враџбине, или фазе неког верског чина, жртвовања или молитве, понављају једним те истим непроменљивим редоследом. Свака промена те зацртане шеме уништила би снагу и делотворност магијске речи или верског обреда. Стога првобитне религије не могу допустити постојање слободе индивидуалног мишљења. Оне прописују строга и крута правила, не само сваком људском чину него и сваком осећању. Човек је стешњен мноштвом табуа.

Људска се култура – обухваћена кроз мит, религију, уметност, филозофију и науку – ако се посматра из угла резултата тих делатности, креће различитим путевима и ка различитим циљевима. Али ако тај културни феномен не посматрамо из угла производа него из угла "стваралачког процеса", чини се да те различитости иду ка истом циљу. И магија није служила у практичне сврхе, већ је била везана за "више циљеве". Па иако није довела до остваривања циљева које је обећавала, она је створила уверење у властите способности човека, створила је веру у сопствене снаге. Неуспех и слом магије утро је пут религији. Да би се религија могла појавити, *магија је морала пропасти*. Религијска мисао је покушала да пробије баријере коначне егзистенције да би се докучило трансцендентно. Могли бисмо пратити њене психолошке, социолошке и етичке импликације. Чак и у најранијим митовима наћи ћемо уверење да човек, да би постигао одређени циљ, мора сарађивати са природом и њеним божанским силама. За разлику од магије, сада, у религијама, појављује се нови смер: *етички смисао* је заменио и истиснуо магијски. Цео човеков живот претворио се у борбу између добра и зла.[7]

Примитивни човек, за кога је апсолутно све живо, држи да, ако се животне силе "позову" на прави начин, оне не могу одбити своју помоћ. Магијској се речи ништа не опире. Међутим, природа се у већини случајева показала неумољивом према том човеку. То, можда, није било зато – мисли он – што она није желела да му испуњава жеље, већ зато што није разумела његов језик. Стога следи потрага за разумљивим

[7] "Избор између два начина живота ствар је појединца. Монотеистичке религије развиле су концепт 'саосећаја целине' али за разлику од мита и магије, тај је осећај везан за осећај индивидуалности". – Е. Касирер, *Филозофија симболичких облика*, том II ("Митско мишљење"), Нови Сад, 1985.

језиком. Магијску функцију језика[8] заменила је његова семантичка функција. Реч "губи" мистериозну снагу, она више нема натприродну физичку снагу. Када се изговори, она не може да промени природу ствари, зато је била потребна њена *трансформација* од *физичког дејства ка логичком*. Може се рећи да је реч постала физички немоћна, али је зато логички подигнута на виши ниво, на ниво логоса. Логос постаје начело свемира и прво начело људске спознаје. У том смислу, рана грчка мисао је са филозофије природе скренула ка филозофији језика.[9]

ПРВИ ГРЧКИ ФИЛОЗОФИ

Када су први грчки филозофи стварали своје догматске есенцијалистичке метафизичке системе, неком врстом *објаве* истине бића, за њих је тада још постојала привилегована утврђена тачка у којој је значење термина усидрено. Код њих је, значи, од самог почетка постојала сигурност у циљ и средства сазнања. Заједничка им је, значи, тежња за истином. *Они мисле да истина* – цела истина[10] – *постоји и да се може достићи*. Када су се, попут митотвораца и свештеника, бавили питањима супстанце, космологије, егзистенције бога, или бесмртности душе, они су и сами хтели да досегну нешто апсолутно сигурно. Али сада, тражећи праузрок, αρχη[11], они га траже на сасвим другачији начин: уз помоћ

[8] "Језик настаје опонашањем звукова а уметност опонашањем спољњег света (мимичка функција)". – Е. Касирер, *Оглед о човеку*, погл. VIII ("Језик"), Загреб, 1978.

[9] И сам је језик прошао кроз поменуте фазе: митолошку, метафизичку и прагматску, али се тиме овде нећемо бавити. Погледати: Е. Касирер, *Филозофија симболичких облика*, том I ("Језик"), Нови Сад, 1985.

[10] Истина као целина свакако је трансценденталан појам.

[11] αρχη је (видели смо и раније) за Талеса била вода, за Анаксимена ваздух, за Питагору број, за Хераклита – који нагласак ставља на промену – логос и тсл.

логичке аргументације. Сада се проблеми човека, и природе која га окружује, из области митске, верске и поетске интуиције преводе у интелектуално-логичку сферу. Тражећи αρχη и служећи се логичком аргуметацијом, Талес је зачео једну нову интелектуалну конструкцију, у којој се једна геометријска теорема дедукује из друге. Али логичка аргументација којом се користе први грчи филозофи и која је стварала почетна средства за утемељење епистемологије још није значила, поновимо то још једном, *ослобађање од онтолошких претензија мађова и свештеника* – наиме и од физике и од метафизике се очекивало да буде *непогрешиво знање, знање изнад сваке сумње*. По моделу религијских истина, које су вечне и "нису од овог света", те стога не подлежу расправи *нити се могу оповргнути*, ортодоксна античка свест је покушавала да и истине физике и метафизике на силу одвоји од технике и практичне науке.

Укратко, физичко-метафизичке истине се тада нису могле заснивати на људским чулима и тежњама. Јер, целокупно знање које људи стичу методом покушаја и погрешака, путем својих чула и експеримената, ипак не води "вечним истинама", те се стога морало сматрати небитним, пролазним, те нечим што је лишено било какве духовности и дубљег значаја. Све је то за последицу имало чињеницу да су грчки филозофи-научници били присиљени да у својим теоријама користе *метафизичке, емпиријски непроверљиве исказе*. Јер, да су их сачињавали тако да буду проверљиви, онда би одлука о истинитости или неистинитости њихових доктрина зависила од искуства и тиме остајала у сфери "*пропадљивог*" емпиријског знања.

Па и када су инструменталистички настројени мислиоци попут Протагоре, Сократа или Ксенофана, на пример, систематски развијали идеју о *релативности сазнања*, о граници која се принципијелно поставља пред свако сазнање, тј. када су указивали на немогућност досезања ствари по се-

би, апсолута, то ни најмање није променило епистемолошке ставове античких метафизичара и физичара, а за то су најбољи пример већ Платон и Аристотел.

За Сократа филозофија је била слободна наука слободних људи[12], слободно одабирање хипотеза и слободно расправљање о њиховим последицама. "Поставивши у сваком појединим случају", каже он "за основу онај став који мислим да је најпоузданији, узимам као истину оно што ми се чини да се са тим ставом слаже, а то се тиче узрока и свега осталог, а што се не слаже, то не узимам као истину"[13]. Дакле, када је Сократ нешто истраживао, он је полазио од тога да *не постоји критеријум истине* и зато се у својим расправама служио "бабичком" вештином: основна претпоставка на којој се та вештина заснивала била је Сократова вера у постојање *рационалног критеријума напретка* у трагању за истином[14].

За разлику од Платона и Аристотела, који су хтели да реше класичан епистемолошки задатак, који су изједначавали знање са сигурним знањем и који су сањали о теорији доказа, Сократ је доказ – оправдање – заменио рационалном критиком. Тако, док је Платон веровао да у својим теоријама открива скривену суштину стварности, Сократ, кога је красила особита интелектуална скромност, веровао је да највише што смртни човек може постићи јесте да у свом трагању за истином буде на добром путу.

Да би заобишао проблем релативности сазнања, Платон је *проширио појам постојања*. Пошто физички предмети постоје, они се могу видети; пошто *идеје* постоје, оне се могу видети *духовним оком*. Платонове идеје су биле вечне, непропадљиве концепције или појмови.[15] Њихова вечност чини их реалнијим од ствари које су пропадљиве и променљиве. Математичке визије сличне су чулном посматрању. Тако смо уместо објашњења добили аналогије. Служећи се аналогијом уместо анализе, Платон наместо објашњења ствара слике и измишља свет самосталне и "више" стварности. Дијалектика као чисто мисаоно разликовање према родовима, дијалектика као провођење једне идеје кроз мноштво њој различитих, а ипак њој сродних, показаће се у пракси немоћном. То ће натерати Аристотела да појму истине приђе из угла "спајања и раздвајања мисли", тј. из угла науке о бићу. Схватајући истину као "истину суда", која је "само слична истини ствари", Аристотел је постао први научни специјалиста. Посебне теоријске науке појавиле су се са Аристотелом, тј. онда када је почела да се гаси Платонова дијалектика. За Аристотела, наука је била доказано знање, тј. знање да неке истине следе из још једноставнијих истина. "Доказ" јесте једноставно показивање везе између "истине" коју зовемо закључком и "других истина" које зовемо премисама наше демонстрације. Али доказ знања увек је "посредан"; то је знање о закључцима из премиса. Тако истина до које се долази научним путем никада не стоји сама.

Ма колико Аристотел давао предност нужности логичког извођења, он ће, када су у питању први принципи и дефиниције, када су у питању узроци знања и бивствовања, и даље ипак посезати за чарима Платонове метафизике. Сматрао је да "најједноставније од свих истина било које науке не могу саме по себи бити спознате путем закључивања". Ми не можемо закључити да су геометријске аксиоме истините зато што су истинити њихових закључци, јер истинитост тих закључака следи, опет, из истинитости тих акси-

[12]Платон, Софист, 253c.

[13]Платон, Федон.

[14]К. Попер, *Отворено друштво и његови непријатељи*, том I ("Чар Платона"), Београд, 1993, као и: K. Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, London, 1972.

[15]Нужан услов да би мишљење могло бити истинито, јесте да оно мора имати свој корелат у бивству бића – у идеји, тј. истина је истоветна са самим бићем.

ома. Нити, пак, смемо тражити да те аксиоме буду демонстриране као последице још једноставнијих премиса, јер ако све истине могу бити доказане, оне и треба да буду доказане, те бисте стога захтевали бесконачно много сукцесивних демонстрација да бисте доказали било шта. А под таквим условима било би немогуће свако знање о показаној истини. Покушавајући да се спасе бесконачног регреса у доказима, Аристотел тврди да први принципи било које науке морају бити *недемонстрабилни*.

Свеукупно научно знање, стога, по њему, садржано је у *есенцијалистичким дефиницијама* или принципима, тј. повлашћеним исказима чија је функција да зауставе регрес у доказивању. Аристотел у *Топици* тврди: "Дефиниција је исказ који описује суштину ствари."[16] Аристотелово становиште своди се на Платоново "утолико што за обојицу није могуће позивање на доказ. Све што се може учинити за одређену дефиницију јесте догматско тврђење да је она истинити опис суштине; ако питамо зашто је овај, а не други опис истинит, све што нам преостаје је позивање на 'интуицију о суштини'."[17]

НОВА ФИЗИЧКА НАУКА

Нова наука, почев од Њутнових *Принципа*, одолела је приговорима које су скептици још од Антике износили против могућег знања – не тако што је оспорила њихову садржину, већ тако што је из њих извукла један сасвим другачији, чак супротан логички закључак. Немогућност досезања ствари по себи, као и одрицање апсолутности стварима, никако не значе и одрицање *објективности сазнања*. Јер чисту објективност сазнања нове природне науке не обезбеђују нити ствари, нити, још мање, *метафизичке дефиниције*, па чак ни сами *закони*. Промена унутар односа елемената искуства,

[16]Аристотел, *Topica*, I, 5, 101б36.

[17]K. Poper, op. cit. (1993), књ. II.

као и чињеница да ниједан од тих елемената никада није дат по себи, већ увек у односу на друге, не представљају никаво оспоравање могућности објективно-реалног сазнања све док је очувана сигурност закона управо тих самих односа. Константност и апсолутност елемената бића напуштена је да би се зато добило на постојаности и нужности тих закона. Уколико смо се уверили у ово потоње, они први нам више нису потребни. Са приговором скепсе да ми никада нећемо бити у стању да сазнамо апсолутна својства ствари – наука се сада суочава тиме што појам својства дефинише тако да он собом обухвата *појам односа*. Ако једном увидимо да "плаво" не може значити ништа друго до однос према оку које гледа, да "тешко" не исказује ништа друго до однос обостраног убрзања и да се, уопште, свако *"имати" у својствима* потпуно распарчава у једном *"односити се" у елементима искуства* – онда та жеља да схватимо постојање апсолутних квалитета ствари, жеља која потајно тиња у основи скепсе, губи свој смисао. Сумња се овде побеђује тиме што је надмашена, а надмашена је тако што је напуштена античка есенцијалистичка епистемологија. Скромни елементи античког номинализма (номиналистичка теорија језика коју су развили неки од софиста, савременика Платонових) и, затим, радикалнији средњовековни номиналисти и формалисти[18] (чији је основни циљ био да онемогуће контролу теологије над науком), заједно са хипократском емпиристичком медицинском традицијом и појединим атомистима[19], а затим и методологија античких астронома који су се држали

[18]Гросетесте, Скот, Окам, да споменемо само неке, почињу да користе индуктивну методу, *modus tollens*, метод слагања, метод разлагања и тсл. са циљем да процењују вредност научних хипотеза, а не више само премиса као у еуклидској традицији.

[19]Стоичар Хризип, на пример, заслужан је за изумевање "хипотетичког силогизма" – *modus ponens* и *modus tollens* (независно од Аристотеловог "категоричког силогизма) – који се касније показао као веома важан инструмент у научним расуђивањима.

гесла да наука једино може да "спасава феномене"[20] – постаће у XVII веку камен-темељац за креирање физичке науке на новим епистемолошким основама. Такође, Бекон, Хобс, Декарт и Паскал представљали су неопходни квасац за нову надолазећу њутновску револуцију у науци и њеној методологији. Међутим, тај њихов допринос никако није везан за индуктивистичку или дедуктивистичку концепцију знања, тј. њихове епистемологије базичности, већ се овде мисли пре свега на њихов допринос који су постигли на развоју нових научних и социолошких елемената.

Беконов номиналистички приступ научним дефиницијама био је хируршки нож за одстрањивање античке метафизике из епистемологије. "Идоли са трга", каже он у *Новом орґанону*[21], најпроблематичнији су од свих, "идоли који се увуку у разум кроз здруживање речи и имена (...) и то је оно што је филозофију и науке учинило софистичким и неактивним. (...) Отуда се догађа да се високе и формалне расправе учених људи свршавају често свађама око речи и имена; а било би оправданије да се, по обичају и разборитости математичара, њима започне и да се путем дефиниција доведу у ред." Слично тражи и Хобс у *Левијатану*[22] позивајући се на геометрију, "једину науку коју је Бог милошћу својом подарио човечанству, (и у којој) људи започињу тиме што утврђују значења својих речи: и то називају дефиницијама и постављају их на почетак својих истраживања".

[20]Емпиристи и скептици у античкој медицини и астрономији почели су везивати научно знање за појам предвиђања. Такође је од особите важности њихова идеја о томе да се једна теорија током времена мења (унапређује) те њихово везивање научне методологије за такмичење са супарничким алтернативним теоријама.

[21]Ф. Бекон, *Нови орґанон*, пар. 59. Идолима означава Бекон лажне појаве које човека спречавају да спозна истину.

[22]"Да се не би заплели у речи као пиле у кучине", Т. Хобс, *Левијатан*.

Затим, Бекон је тражио да се у физици забрани коришћење метафизичке дијалектике, јер су дијалектичари "заинтересовани за препирку и дијалог а не за конкретне ствари". Осим тога, за Бекона циљ науке није био да "превазиђе противника у расправљању, него природу у делању"[23]. Дакле, дијалог треба водити са природом, а не са филозофима (који су идоли), а да би тај дијалог био могућ, морамо се бавити посматрањима и експериментима. Приметимо да слично мисли и Галилеј: "у природним наукама природа говорништва је неделотворна" зато што се наука бави закључцима који су "истинити и нужни". Према томе, његова методолошка мустра физике могла би бити представљена шемом *посматрање-аксиоме-дедукција-знање*.[24]

Сада смо пришли сасвим близу Њутновој револуцији у епистемологији. Он је први напустио традиционалну епистемологију која је веровала да постоји апсолутно сигурно знање. Међутим, како од антике, па све закључно са Беконом, Галилејем и Декартом тај пут достизања апсолутно сигурног знања нико није пронашао, Њутн је имао смелости да закључи да је посреди метафизичко тражење химере – епистемолошки *perpetuum mobile*. Јер, како ни аксиоме или прве дефиниције нису нужно истините, те како ни индукција не представља никакав алгоритам открића који би нас логички нужно водио из света "датог" у свет "физичког сазнања", тј. од "чулног света" у "физички свет", физичке теорије су морале бити креиране помоћу нове (дескриптивно-ло-

[23]"Моја логика", која треба да разјасни појаве у природи, тврди Бекон, "потпуно се разликује од обичне логике (која се сва исцрпљује у силогизмима) особито у три ствари: у самом циљу, у поретку доказивања и у почецима истраживања". – Ф. Бекон, *Нови Орґанон* (Увод: садржај појединих делова).

[24]То, међутим, није све када је у питању Галилеј: у питањима реторике он се залагао за сасвим другачију методолошку мустру: посматрање-хипотеза-дедукција-знање. Погледати о томе: Marcello Pera, "The Role and Value of Retoric in Science", in *Persuadiing Science*, ed. M. Pera, W. R. Shea, Canton, Mass., 1991.

гичке, холистичке) епистемологије. То је постигнуто тако што је физичка наука учињена *аутономном* у односу на епистемологију математике, логике и метафизике, те тако што је физичка наука умакла онтолошком притиску апсолутности карактеристичном за митотворце и свештенике. Старије теорије науке училе су и уче да је исходиште науке чулно опажање или чулно посматрање. "Ово звучи сасвим убедљиво мада је скроз лажно"[25], сасвим умесно примећује Карл Попер. Али без проблема (чуђења) нема посматрања. "Јер шта треба посматрати? Како су старије теорије науке дошле до идеје о чулном посматрању? Помоћу здравог разума. Он нам каже да до представе о спољњем свету долазимо помоћу наших чулних утисака. Међутим наша су чула – оруђа која су изграђена да би се решили одређени биолошки проблеми. Тако су вероватно изграђене животињске и људске очи да би тело при кретању и мењању положаја обавестиле о сусрету са чврстим и другим телима. Наше су очи као и микроскоп или телескоп резултат проблема и покушаја решавања проблема."[26]

У чему се састоји посебност Њутнове епистемолошке револуције? Шта је одлучујућа разлика између Аристотела и Њутна (или Ајнштајна)? Посебност је, да се послужимо Поперовим речима, "*у свесној примени критичког метода*".

[25]K. Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, London, 1972.

[26]"Нема неинтерпретираних података; нема ничега нама просто датог што је неитерпретирано; ничега што ваља схватити као основу. Читаво наше знање је интерпретација у светлу наших очекивања, наших теорија, и према томе је хипотетичко на један или други начин". – K. Poper, "Realism and the Aim of Science", Postscript to *The Logic of Scientific Discovery*, London, 1983. Слично: "Чулни подаци, нетеоријске јединице информације, једноставно не постоје. Јер ми увек оперишемо са теоријама, од којих су неке инкорпориране чак и у нашу физиологију. И чулни орган је сродан теорији. (...) Ми не можемо оправдати наше знање спољњег света; сво наше знање, чак и опесрвационо знање, јесте теоријско, исправљиво и погрешно". Поперова расправа са Максвелом у *Problems in the Philosophy of Sience*, ed. I. Lacatos, A. Musgrave, Amsterdam, 1968.

"Управо свесно упражњавање критичког метода објашњава убрзан раст новог научног знања и напретка. Предњутновско сазнање јесте *догматско*, а изумевање *недогматског метода*, тј. *критичког метода*, јесте почетак модерне науке. На њеном почетку увек стоје одређени проблеми (претходне теорије), а ми затим, користећи се хипотетичко-дедуктивном методом, уз свесно елиминисање грешака, покушавамо да дођемо до решења проблема, тј. до нових знања.

И на крају, овде, приметимо да научни метод њутновске науке није *кумулативан* – није се, дакле, држао Беконове епистемологије – већ је *револуционаран*. Научни напредак се састоји у томе да се једна теорија замени другом бољом (при чему та друга најчешће полази од других претпоставки!). Постоје експерименти који могу одлучити која од ове две теорије даје боља предвиђања одређене групе појава. За нове физичке теорије карактеристично је да са састоје из три битна дела. Најпре, постоје једначине теорије (нпр. у механици: Њутнове аксиоме кретања, у електродинамици: Максвелове једначине електромагнетног поља – и тсл.). Ове једначине садрже термине као што су "сила", "маса", "координата", "време", "интензитет магнетног поља" и тсл. Ове једначине се саме по себи не могу проверити да би се видело да ли се слажу са физичким чињеницама или не. Карнап ове једначине назива "*примарним калкулусом* за физичко поље".

Да би се проверила логичка конзистентност ових физичких теорија, потребно је, по Карнапу, инкорпорирати у њих и "*секундарни калкулус*" – рачун алгебре и геометрије. Ипак, оба ова система једначина и логичких правила (нпр. Њутнове аксиоме заједно са законима алгебре и геометрије) још не чине физичку теорију. Морамо, као треће, додати "*семантичка правила*" – то су правила која повезују наше једначине (калкулусе) са речима из нашег свакодневног живота. Поред термина првог калкулуса ("маса", "сила", итд.) и термина другог калкулуса (логичких правила: "и"/"или",

"плус"/"минус", итд.), семантичка правила садрже речи као "дуг један метар"[27], "дрвена шипка", "врућа вода" и тсл.

МЕТАФИЗИКА

"Први принципи и узроци не могу бити предмет физике, јер се она бави бићима у кретању, а први узроци и принципи као највиши покретачи и облици бића не могу и сами бити у кретању, зато се њима треба бавити у посебној науци, првој филозофији"[28] – речи су Аристотелове.

Људи су дуго веровали – а многи верују и дан-данас – у метафизичке принципе. Разлог томе је врло природан и повезан је са људском површношћу. Јер, метафизика је одувек кокетирала са свакодневним, тј. са здраворазумским језиком, те је и била разумљива – тј. "успешна" – захваљујући, напросто, врло уверљивим аналогијама са свакодневним животом. Ту чињеницу не желе себи да признају они који верују у њу. И на једно од најопштијих питања – на питање о постанку физичког света – метафизичари израњају са својим одговором – једнако као и митотворци и свештеници пре њих – из богатих ризница свакидашњег искуства. Попут митова и религија, тако, ни метафизика "није ни знање ни објашњење, већ *аналогизам*, тј. бекство у сликовни језик. Нагон за откривањем општости присиљава филозофа да се препусти речима тамо где још не располаже знањем"[29].

[27]У погледу самих дефиниција, постоји битна разлика између математичких и физичких. Тако појам јединице за дужину јесте математички појам; он говори да једна одређена дуж треба да служи ради упоређивања са свим осталим дужима. Ту се, међутим, ништа не каже о томе која реална дуж треба да буде јединица за дужину; на то питање одговор даје тек дефиниција додељивања (тј. дају семантичка правила): она париски метар проглашава јединицом дужине. У тој физичкој дефиницији претпостављена је математичка дефиниција у којој је утемељен употребљени појам". – H. Reichenbah, *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*, Braunschweig, 1924.

[28]"у првој филозофији" значи у метафизици. – Аристотел, Метафизика, 1025d.

Главни и историјски разлог због кога је филозофија у западњачкој цивилизацији скоро увек важила за *сазнање* јесте у томе што је она дуго била солидарна са науком, до те мере, чак, да за прве грчке мислоце није ни постојала разлика између науке и филозофије.

Од грчких скептика до емпириста XX века било је, с разлогом, много противника метафизике. Њихова су размишљања била веома различита. Неки су учење метафизичара сматрали *лажним* (будући да противречи искуственој спознаји), други пак *неизвесним* (јер метафизичка питања премашују границе људског сазнања), а трећи су га доживљавали као *неплодно* (без обзира да ли се на метафизичка питања може или не може одговорити).

Развој модерне епистемологије и логике омогућио је да се на питање о ваљаности и оправданости метафизике пружи нови и прецизнији одговор. Тридесетих година XX века најстрожи могући одговор изрекао је Карнап: по њему, ставови метафизике су потпуно *бесмислени*[30]! Понекад се, излаже најпре Карнап, под бесмисленим мисли да је нешто неплодно (па као пример наводи питање: "Колика је просечна тежина оних особа у Бечу чији се број телефона завршава на 3?"); или да је нешто очито *емпиријски лажно* ("Године 1910. Беч је имао 6 становника"); или пак да није само емпиријски него и *логички лажно* ("Од особе А и Б свака је једну годину старија од оне друге"). Међутим, сви ови ставови, иако лажни или неплодни, ипак су, каже Карнап, *смисаони*.

Да би, сада, показао бесмисленост сваке метафизике, он у свом *Превладавању метафизике логичком анализом језика*

[29]Х. Рајхенбах, *Рађање научне филозофије*, погл. II ("Трагање за општошћу и псеудообјашњења"), Београд, 1964.

[30]Омиљена Карнапова теза излагана је у разним публикацијама, а можда најпрегледније у Rudolf Carnap, "Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache" in Erkenntnis, T. 2, Wien, 1931 (погледати, на пример, § 6 "Бесмисленост сваке метафизике").

пре свега решава проблем значења речи, тј. полази од синтаксе, да би тек затим прегледно и уверљиво показао да су метафизичке речи – речи без значења[31]. И по нашем мишљењу, као и за Карнапа, произилази да је метафизика очито "пуко маштање" или "бајка". Ставови неке бајке не противурече логици, него само искуству. Метафизика – будући да нити казује аналитичке ставове[32] нити жели да уђе у подручје емпиријске науке – присиљена је да употребљава речи за које не може навести никаве критеријуме, или пак да спаја речи без значења тако да из њих не резултирају ни аналитички ни емпиријски ставови. У оба случаја нужно настају привидни ставови.

Корисно је подсетити се чињенице да се и метафизика развила из мита. Дете се љути на "зли сто" о који се саплело, а древни човек се труди да умилостиви злог демона. Баштину мита, међутим, с једне стране преузима *теологија*, а с друге *поезија*. Натприродни спознајни извори теологије код метафизичара се замењују тобожњим над-емпиријским спознајним изворима. Метафизичар мисли да се креће у подручју у којем је реч о истини и лажи. У стварности, међутим, он није ништа исказао, него је само нешто *уобличио*, као неки уметник. Попут лиричара, метафизичар се служи језиком, али се стално позива на (тобожње) аргументе, захтева да се пристане на његов садржај, полемише са другим метафизичарима. Лиричар не оповргава друге песнике, јер он зна да се креће у сферама уметности, а не у сферама теорије.

[31]Као што су "начело", "бог", "апсолутно", "идеја", "биће бића"... Посебно успешно декодира Хајдегерове бесмислене конструкције из његове књиге *Шта је метафизика* ("Како стоји са тим ништа?... Ништа само ништи..." и тсл.).

[32]Односно "таутологије", по Витгенштајну, или, по Канту, "аналитичке судове"; они не казују ништа о стварности. Тако, на пример, логичке и математичке формуле нису искази о стварности, него служе за трансформацију таквих исказа.

"Метафизичари су стога музичари без музичког дара", цитичан је Карнап.

Карнапова логичка анализа из студије *Превладавање метафизике логичком анализом језика* недвосмислено је показала бесмисленост сваке наводне спознаје која жели посегнути преко искуства или иза њега. Тај суд погађа најпре сваку спекулативну метафизику, сваку тобожњу спознају *чистога мишљења* или *чисте интуиције*, која мисли да може бити без искуства. Али тај се суд односи и на метафизику која полази од икуства, те пречицама жели да спозна шта је изван и иза искуства.

ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ И МЕТАФИЗИЧКА ОБЈАШЊЕЊА

Посматрањем "физичких феномена ми се не упознајемо са стварношћу која се скрива под чулно опажљивим појавама, него са самим тим чулно опажљивим појавама. Предмет физичких принципа и експерименталних закона није у новој науци више материјална стваност, већ се они баве чулно опажљивим појавама, које се обрађују у симболичком и општем облику".[33] Здраворазумски закон каквима је обиловала стара метафизичка физика био је једноставан општи суд, који је могао бити тачан или погрешан. За исказ "Месец је увек пун" можемо рећи да је то нетачан закон. Када се постави питање о тачности неког здраворазумског закона, увек се може одговорити са "да" или "не". Међутим, нови физички закон, како то истиче Пјер Дијем, "није ни тачан ни погрешан, он је приближан, зато што је симболичког карактера." Закони до којих се долазило у периоду метафизичке физике били су, значи, углавном општи судови, чији је смисао био непосредно јасан. Ако је неки закон у тој здаворазумској физици био тачан, он је то морао бити за сва времена и све ју-

[33]P. Duhem, *La Théorie physique, son objet et sa structure*, Paris, 1906.

де. Проблем са таквим законима и таквом физиком био је тај да је давала непоуздана предвиђања.

Закон нове физике, иако у много мањој мери непосредан и иако га је много теже одредити него што је то био случај са здраворазумским законом, ипак у најбитнијој тачки – тачки предвиђања будућих догађаја – далеко је поузданији него што је то здраворазумски закон. Оно што новом физичком закону даје предност упркос његовој приближности и релативности ("његова привременост се огледала у томе што он није повезивао реалитете већ симболе и што су се увек појављивали случајеви у којима је тај симбол престао да одговара стварности"[34]) јесу, дакле, до детаља дубока и тачна предвиђања. А да би то постигла, нова физика је морала и изградити нову епистемику и изборити се за своју аутономију у односу на метафизику.

Ако се физика подреди метафизици (као што је био случај у старим физичким теоријама), сукоби који постоје између различитих метафизичких система преселиће се и на простор физике. Проблем који је пред нама најлакше се може разјаснити ако се позовемо на неки пример. Нека то буде пример са магнетом и опиљцима гвожђа.

Шта нас Аристотелова метафизика учи о истинској природи тела? Свака супстанца произилази из сједињења двају елемената: материје – непроменљив елемент, и форме – променљив елемент. Тако, на пример, комад гвожђа, због непроменљивости своје материје, остаје увек један исти комад гвожђа; али због промена које трпи његова форма тај исти комад гвожђа може бити чврст или течан, топао или хладан, те добити овај или онај облик. Ако се он доведе у близину магнета, његова форма доживљава специјалну промену, која је већа уколико је ближе магнету. Та се промена састоји у појављивању два пола (она за тај комад гвожђа представља-

[34] *ibid.*

ју принцип кретања). Суштина тог принципа је у *приближавању супротних полова*. Сходно томе, када се перипатетичари питају о стварности која се скрива иза магнетне појаве, они то објашњавају својством магнетног квалитета, тј. његовим двама половима. Такву једну теорију дао је Никола Кобео 1629. год. у својој *Магнетној филозофији*.

Међутим, *њутновци* се са тим не би сложили. Бошковићева физика и оне које су њој сродне о томе би могле најбоље сведочити. По њима, перипатетичари нису ништа објаснили, већ су наше непознавање стварности само сакрили иза речи које звуче утолико боље уколико су празније. Материјална супстанца се не састоји из материје и форме већ произилази из *бесконачног броја тачака* које немају величину ни облик, али имају масу; *између било које две такве тачке постоји дејство привлачења и одбијања*, које је сразмерно производу масе (обеју тачака) и представља функцију њиховог растојања. Међу тим тачкама постоје оне које граде само тело (између њих постоји узајамно дејство), али чим њихово растојање пређе одређену границу, то се дејство своди на општу гравитацију. Затим има тачака у којима тог гравитационог дејства нема и оне граде импондерабилни флуид (без тежине) као што су електрични или топлотни флуид. Физичке појаве се тако објашњавају масама, функцијом растојања, и тсл. Да бисмо, на пример, објаснили магнетно дејство, претпоставимо да сваки молекул гвожђа поседује исте количине северног и јужног магнетног флуида; дејство које ти флуиди производе један на други управо је сразмерно масама а обрнуто сразмерно растојању, а одбојност и привлачност зависе од предзнака. Те се идеје могу наћи код Мајера, Франклина, Кулона и Поасона.

Али, та објашњења не задовољавају *атомисте*. Они не признају постојање одбојних и привлачних дејстава између двају магнетних флуида. По њима, материја се састоји из веома малих тела која су чврста и крута, имају различите об-

лике и у огромном броју су расута по празном простору. Када су два таква делића међусобно одвојена, она никако не могу утицати једо на друго. А ако дођу у додир, ако се *сударе* – а оба су непробојна – њихове ће се брзине променити и то по строгим законима торије удара. Величине, облици и масе атома, као и норме које важе при њиховим сударима јесу једино задовољавајуће објашњење физичких појава за атомисте. Да бисмо објаснили различита кретања до којих долази када се комад грожђа нађе у близини магнета, морамо да замислимо слику да постоје невидљиви и неопипљиви али веома густи потоци магнетних честица, који навиру из магнета, односно увиру у њега. У том брзом кретању, те честице се на различите начине сударају са молекулима гвожђа, а ти судари изазивају притиске. То је метафизичка база физике Лукреција и Гасендија.

Према Декарту и картезијанцима, пак, материја је један џиновски флуид, који је нестишљив и хомоген и тсл.

НИЈЕДАН МЕТАФИЗИЧКИ СИСТЕМ НИЈЕ ДОВОЉАН ЗА ИЗГРАДЊУ ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ

Свака метафизичка школа упућује ривалским школама замерку да оне у својим објашњењима посежу за појмовима који ни сами нису објашњени, који заиста представљају скривене квалитете. Наслеђе Аристотелових есенцијалистичких дефиниција (као суштина ствари) води бесконачном регресу у доказима. Номиналисти измичу бесконачном регресу јер они дефиниције сматрају скраћењима дугих прича, попут стенографских ознака. У новој науци значењу речи се не придаје претерани значај, јер научнике интересује теорија као целина.

Да би филозофи који припадају једној одређеној школи били потпуно задовољни неком теоријом коју су развили физичари те исте школе, сви принципи примењени у тој теорији морају бити изведени из оне метафизике за коју се изја-

шњава та школа. Ако се ко током објашњавања неког физичког феномена позове на било који став који та метафизика не може да докаже, објашњење је неуспешно и физичка теорија није постигла свој циљ.

Историјски примери показују да ниједна метафизика, међутим, не даје јасно и детаљно упутства како да се гради једна физичка теорија. У ствари, назнаке које метафизичка наука даје о истинској природи, рецимо, неког тела, састоје се углавном од негације. Перипатетичари, као и картезијанци, поричу могућност празног простора. Њутновци одбацују свако својство које се не може свести на силу која постоји између материјалних тачака. Атомисти и картезијанци поричу свако дејство на даљину итд.

Све те негације дају добре аргументе за одбацивање неке теорије из противничке школе, али постају чудновато неплодне када из њих треба извести принципе неке нове физичке теорије. Понешто необјашњиво стално се налази у темељима објашњења које научни систем тврди да даје.

Сада је сасвим јасно да ако физичку теорију посматрамо на *антички начин – као објашњење материјалне стварности* – и ако се при томе користимо античком тј. традиционалном епистемологијом – епистемологијом која је одлагала сваку онтологију док се не реше епистемолошка питања – онда ту физичку теорију неминовно доводимо у зависност од метафизичке рефлексије.

Раздвајајући *контекст открића* од *контекста оправдања* и увиђајући да *нема сигурног знања*, да свако знање почива на неким претпоставкама које нису доказане и да *знање без претпоставки није могуће*, Њутн у *Принципима* није кренуо *од метафизичких рефлексија* већ *од претходног научно-теоријског знања*, да би тек из тог контекста постављао питање о *циљу физичких теорија*, као и *епистемолошка питања*: како је знање могуће, шта значи оправдано веровати и тсл. Укратко, са Њутном теорије су постале логички инстру-

менти организовања нашег искуства и уношења реда међу експерименталне законе. Физичке теорије сада функционишу *као правила или принципи који нам омогућују да анализирамо емпиријске чињенице, а нису премисе из којих се дедукују закључци о чињеницама*. На тај начин у контексту оправдања – када се одлучује коју ћемо од понуђених теорија прогласити бољом – више не постоји никаква потреба за вођењем бесконачних метафизичких спорова (око примарних квалитета и тсл.) између супарничих школа, јер је критеријум успешности везан за појам обистињавања понуђених предвиђања.

Тек је ово Њутново повлачење линије разграничења између старе и нове науке, између старе и нове епистемологије, између физике и метафизике – омогућило појаву једне високо информативне физичке теорије. Физичке су теорије коначно постигле своју аутономност у односу на метафизику, логику и математику.

Као две супротности, метафизичари и нови физичари сасвим различито користе и појмове као што су "објашњење", "детерминизам" и тсл. У аксиоматским научним теоријама објашњење је везано за демонстрацију да стање једног система у једном тренутку једнозначно одређује стање тог-система у било ком другом тренутку.[35] Док је за метафизичаре наука детерминистичка у односу на природне феномене, дотле је за нове физичаре једна научна теорија детерминистичка у односу на сопствену дефиницију стања система. Стање једног физичког система може се одредити коначним

[35]Нпр. стање једног електромагнетног поља је одређено у неком тренутку времена вредностима вектора електричног и магнетног поља; одредимо ли електрично и магнетно поље у свакој тачки простора, у принципу можемо одредити сва претходна и будућа стања посматраног система. Она се могу одредити из Максвелове парцијалне једначине уз претпоставку да знамо почетне и граничне услове. Објашњење ове врсте Хемпел је нпр. назвао објашњење путем дедуктивног подвођења под опште законе, или "дедуктивно-номолошко објашњење". – C. G. Hempel, *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, New York, 1952. – К. Хемпел, *Филозофија природних наука*, Београд, 1997.

или бесконачним бројем вредности променљивих за дефинисање стања; вредности променљивих могу бити или тренутне, или могу бити мере које представљају одлике једног система у неком актуелном временском периоду, променљиве стања могу бити појединачни или статистички параметри.[36]

Метафизика се одувек одликовала тиме да *истину* сматра *слагањем са реалношћу*. "Стварно знање", тврди Аристотел, "идентично је са својим објектом". Идеју да је истина *кореспондирање* са чињеницама пренели су метафизичари и на античку науку. Филозофи антике који су, попут свештеника, желели да буду поседници апсолутне истине, усмерили су филозофију у смеру науке о истини[37]. То је појам истине везало за логичке исказе. Стога је суд "тачно"/"погрешно" из здраворазумске и логичко-математичке равни дословно пренесен и у античке науке[38]. Међутим баш то преношење појма истине није било плодоносно. Такве науке, иако у складу са здраворазумским чињеницама, биле су слабо информативне. Логички и математички докази не дају нам информације о свету, него само развијају средства за његово описивање. Логичко-математичке дедукције[39], које увек полазе од једноставних операција сабирања целих бројева, силогистика и тсл., емпиријски су празне. Није случајно то што је експериментална физика рођена *двадесет векова* после логике и математике. Разлози су за то и објективни и су-

[36]О томе видети у: G. H. von Wright, *Објашњење и разумевање*, Београд, 1975; – Д. Бом, *Узрочност и случајност у савременој физици*, Београд, 1972.

[37]Аристотел, *Метафизика*, 993б 20.

[38]Извесност логичког доказа, коју су метафизичари сматрали идеалом знања, никако није одговарала природним наукама. Јер, будући да су логичка начела аналитичка (логички доказ назива се дедукцијом – закључак се изводи из других исказа, који се зову премисе доказа), закључак не казује више него што казују премисе.

[39]Нове физичке науке се не би појавиле да појам дедукције није био замењен појмом деривације. Деривација почиње премисама и води закључку. Она премешта проблем истине уназад ка премисама, без могућности да га икада реши.

бјективни. До неке чињенице је објективно могуће доћи само систематским растављањем на чиниоце, али то растављање није могуће без постојања неке теорије. А исправност знања у наукама не може се доказати ни помоћу дедукције ни индукције, не може се *дедуковати* ни из логике ни из искуства. "Тачно"/"погрешно" у физичким наукама битно је другачије од оног у логици, метафизици и математици. *Дескриптивна епистемологија* нових физичких наука, почев до Њутна, везала је *појам истинитости за оно што се обистињава*. Речено савременим језиком, *теорија истине* коју користе савремне физичке и природне науке уопште јесте *својеврстан спој између прагматичке и кохерентистичке (холистичке) теорије истине*[40]. Ове промене омогућиле су креацију високо информативних научних теорија.

Дакле, не мешајмо данас, више, све ове појмове; у тој тежњи најбоље нам може помоћи Дијемов савет: "Сваки пут када се над физичаревим духом надвије опасност да у нечему застрани, проучавање историје ће га на одговарајући начин вратити на прави пут (...). Она га одржава у оном стању савршене равнотеже у ком он исправно може да процени какав циљ и структуру имају све физичке теорије."[41]

[40]Одатле непосредно следи да у новим физичким теоријама објашњење и предвиђање имају исти логички облик.

[41]P. Duhem, *La Théorie physique, son objet et sa structure*, Paris, 1906.

Алексеј Тарасјев

ЕВОЛУЦИЈА, КРЕАЦИОНИЗАМ И ПОГЛЕД НА СВЕТ

Међу текстовима и иступима на тему еволуције живог света могу се наћи и тврдње да је еволуција "само једна теорија" која није доказана и о којој међу биолозима наводно постоје бројна неслагања. Тврди се и да је "дарвинизам мртав", да је еволуција "теорија у кризи", мада се, ето, у школама предаје као "чињеница". Често се затим износи теза да заправо постоје два модела: еволуциони и креационистички (кога његови заговорници обично означавају као "научни креационизам", а у последње време и као "интелигентни дизајн"). Овај други "модел" се приказује као неправедно потиснут за рачун првог, при чему се тврди да су разлози за наводно потискивање заправо идеолошки и политички, а не стручни. На основу тога се затим износи захтев о "исправљању те неправде" путем радикалних промена у образовном и научном систему. Разне верзије овог "новог" и "алтернативног" модела често оспоравају неке од основних поставки и читавог низа других наука: физике, астрономије, геологије а у екстремним случајевима и лингвистике. Мада је стручњацима из ових области добро познато да поставке креациониста у њиховим областима нису тачне, увек може остати утисак да су то споредни пропусти јер главна линија аргументације се тиче друге области науке – биологије, а тамо ствари можда стоје сасвим друкчије[1]. Зато је корисно да би-

[1] Такве заблуде о стању у другим областима лепо илуструје руски виц из доба Хрушчова: Колхозник се вози у истом купеу са писцем, па му у разговору, каже: "Ви писци баш имате среће. Никита Сергејевич се баш добро разуме у књижевност. А нажалост у пољопривреду ..."

олози укажу колегама из других области да су тврдње креациониста које се тичу биологије једнако научно неосноване баш као и оне које се тичу, например, радиоактвног распада или старости земље. При томе је важно и показати да еволуциона биологија није никаква спекулативна "теорија" већ област која чини интегративни фактор целе савремене биологије и захваљујући којој биологија није тек "развијени природопис". Затим, може се показати да понуђена "нова и алтернативна научна теорија" није ни нова ни научна па самим тим ни алтернатива савременој биологији, баш као и да нема никакве везе са теоријама које су, под истим називом, постојале у биолгији пре пар векова. На крају, мора се илустровати да претпостављени сукоб између религије и савремене биологије није уопште неизбежан, како са стране религије тако и са стране науке. Кренимо редом.

ДА ЛИ ЈЕ ЕВОЛУЦИЈА "САМО ЈЕДНА ТЕОРИЈА"?

Под еволуцијом у свакодневом животу можемо подразумевати различите ствари, али сва та могућа значења нису релевантна за нашу тему јер је употреба термина у науци увек ужа и строжије дефинисана. Мада се и у историји саме биологије термин еволуција мењао и имао различита значења, у савременој биологији термин еволуција може означавати само сам ПРОЦЕС ЕВОЛУЦИОНИХ ПРОМЕНА, затим ТЕОРИЈУ ЕВОЛУЦИЈЕ која се бави механизмима тих промена и, на крају, још и ЕВОЛУЦИОНУ ИСТОРИЈУ (ФИЛОГЕНИЈУ) неке групе организама. Када разматрамо да ли је еволуција "чињеница или теорија", да ли су сви биолози сагласни са "теоријом еволуције" и о којим се то питањима воде полемике, затим да ли је еволуција "поткрепљена доказима" и у којој мери нова открића и фосилни налази "мењају наше представе о еволуцији" апсолутно је неопходно у сваком појединачном случају тачно знати у ком се

смислу, од постојећих у савременој биологији, термин "еволуција" употребљава.

Еволуција као процес

Еволуција у смислу *процеса промена у генетичком систему популација* не представља теорију него чињеницу. Добар део креационистичке литературе покушава, међутим, да оспори и ову чињеницу тврдњама да "нико није видео еволуционе промене" и да се "еволуција не може непосредно посматрати" јер се ради о процесима за чије одвијање је потребно пуно времена. Томе се често придружују и тврдње да "за еволуцију није било довољно времена" те да се еволуциона историја која се у филогенетским анализама утврђује није могла десити у за то предвиђеном периоду. Све те примедбе, међутим, не стоје. Процес еволуције се може непосредно пратити, како у природи тако и у лабораторији, а брзина еволуције која је детектована у фосилним налазима је за неколико редова величина нижа од потенцијално могуће која је констатована у природи, при селекционим експериментима и при тзв. лабораторијској еволуцији[2]. Еволуционе промене биле су до сада утврђене код читавог низа врста које припадају веома различим групама микроорганизама, животиња и биљака. Тако велики проблем у крупним медицинским центрима представљају тзв. болнички сојеви бактерија код којих је, услед дуготрајне изложености ниској концентацији различитих бактерицидних и бактериостатичких супстанци дошло до еволуције високе резистентности на те супстанце. Интересантно је да је велики број тих супстанци синте-

[2] Посебно занимљиву анализу брзина еволуционих промена константованих на основу фосила је дао Расел Ланде. Он је показао да се такве стопе могу постићи при веома ниским интензитетима селекције као и да се у једној генерацији (при реалистично узетој величини популације) ефекти такве селекције заправо не могу разликовати од ефеката генетичке случајности (дрифта)

тичког порекла, тј. не постоји у природи. Посебно су занимљиви експерименти који су се бавили такозваном лабораторијском еволуцијом. У таквим огледима, за разлику од селекционих, експериментатор не манипулише самим организмима путем одабирања оних са жељеним карактеристикама, већ манипулише условима средине и онда све препушта еволуционим механизмима. У случајевима лабораторијске еволуције се значи, не ради о било каквом интелигентном дизајнирању нових особина нити о вођењу еволуције у жељеном смеру,већ се ради само о стварању одређених услова (наравно, често врло екстремних) који би могли постојати у природи и посматра њихов ефекат на лабораторијске популације испитиваних организама.

Теорија еволуције

Израз " теорија" у науци не служи за означавање некаквог спекулативног "кандидата за чињеницу". Научне теорије (нпр. атомска теорија, квантна теорија) представљају хипотезе које су издржале експерименталне провере и на неодређено време су прихваћене као истинито решење. Исти случај је са еволуционом теоријом која проучава основне механизме еволуционих промена – природну селекцију, мутације, проток гена (миграције) и генетичку случајност (генетички дрифт). Поред тога, теорија еволуције проучава и различите облике тих фактора као и њихове међусобне интеракције на различитим нивоима биолошке организације. Овде је дат детаљнији осврт на природну селекцију јер је "научни" креационисти описују као празан, таутолошки концепт, као и на мутације јер, по креационистима, "случајним процесом никада не може настати нешто корисно".

Примедба да је концепција природне селекције заправо једна таутологија полази од не баш најсрећније изабраног израза за описивање дејства природне селекције који је Дарвин позајмио од Херберта Спенсера – "преживљавање најподобнијих" (енгл. *survival of the fittest*). По овој критици концепције природне селекције, биолози као најподобније организме означавају управо оне који преживљавају па је природна селекција заправо "преживљавање оних који преживљавају". Ова критика игнорише чињеницу да се, мада се најчешће процењује преко актуалног броја потомака, адаптивна вредност (фитнес) може дефинисати и на друге начине, првенствено као склоност или способност (енгл. *propensity*) за "преживљавање", а такође и преко анализа оптималности датог фенотипа у одређеној средини.

Природна селекција представља заправо систем дедукција које можемо приказати у следећем облику:

Ако постоје

1.фенотипска варијабилност особине у популацији, и

2.вариабилност у потенцијалу за преживљавање и репродукцију између тих фенотипских варијанти

Онда долази до промене фреквенција фенотипова у популацији

А ако је и

3. фенотипска варијабилност макар делом последица генетичке варијабилности

Онда долази до промене фреквенција генотипова у популацији (делује природна селекција)

Ипак, опис природне селекције као "преживљавања најподобнијег" мада, као што смо видели, не води нужно у таутологију, није адекватан и услед тога што асоцира само на диференцијално преживљавање а не и на другу компоненту која такође може довести до природне селекције – диференцијалну репродукцију.

Механизам настанка и улога мутација су честа мета разних напада "научних" креациониста. Они тврде, баш на основу улоге мутација у еволуцији, да еволуциона биологија учи да сложене структуре настају "слепим случајем" и да иза тврдњи да су мутације случајне стоји заправо непознава-

ње процеса који до њих доводе. Креационисти затим тврде и да су мутације веома ретке и без изузетка штетне. Креационистичка литература је препуна исказа који мутације означавају као "генетичке повреде" које доводе до разарања организма па се стога и не наслеђују. Износе се и експлицитне тврдње да никада није забележена ниједна позитивна мутација. Примедбе о случајности, реткости и искључивој штетности мутација размотрићемо једну по једну.

Пре свега, еволуциона биологија не наводи мутације као једини фактор еволуције. Свака мутација која је повољна биће фаворизована од стране природне селекције, па сложене структуре не настају случајним истовременим настанком већег броја мутација већ њиховом постепеном акумулацијом на бази њихове "успешности". Толико о "слепом случају". Сама тврдња еволуционе биологије о случајности мутација значи да су све мутације случајне у једном аспекту: у односу на функцију. Наиме, мутације не настају онда кад су потребне тј. не постоји корелација између срединских услова и типа алела у који ће дати локус мутирати. У том смислу су мутације случајне и када иза њих стоје детерминистички процеси – на исти начин на који је страна на коју бачени новчић пада случајна, без обзира што исход у крајњој линији зависи од детерминистичких закона физике.

Да размотримо сада тврдњу да су мутације ретке. Она може одговарати истини када се разматра вероватноћа мутирања једне копије неког гена, али оно што је битно за одвијање процеса еволуције јесте број мутација у популацији, а ту ствари стоје сасвим друкчије. Ако је вероватноћа мутације једне копије 1 у 10 000, што се збиља може означити као ретко, у популацији која броји 10 000 јединки можемо очекивати просечно по једну мутацију за сваки генски локус у току једне генерације. А пошто процене кажу да геном нпр. винске мушице поседује око 10 000 гена, то значи појаву 10000 мутација током само једне генерације! Сада постаје ја-

сно зашто се "научни" креационисти, и поред свих својих тврдњи да су мутације веома ретке, ипак не усуђују да допусте да је макар сасвим мали део тих мутација повољан, већ у глас тврде да повољне мутације никада нису уочене.

Еволуциона биологија и не тврди да је већина мутација корисна већ управо супротно – да огромна већина мутација има негативан ефекат. Треба међутим имати у виду две ствари: довољан је и мали проценат повољних мутација да би се еволуција одвијала, а повољност или штетност неке мутације није апсолутна већ зависи од контекста. Да ли је дата мутација штетна, неутрална или корисна може зависити од дате средине као и од тога који се алели налазе на другим локусима. Наиме, алел који у једној средини или генетичком "контексту" има позитиван ефекат на преживљавање и репродукцију може у другој средини или генетичком "окружењу" имати негативан ефекат на исте.

Еволуциона историја – филогенија

Еволуција у смислу *еволуционе историје* је честа мета жестоких напада креациониста. С једне стране, у излагању еволуционе историје човека говори се о његовом заједничком пореклу са осталим приматима, а еволуциона историја говори и о јединству и заједничком пореклу живог света. С друге стране, управо о еволуционој историји говоре креационисти кад кажу да "нико није био тамо да то посматра", на њене методе се односе тврђења да "за еволуцију нема доказа у фосилним налазима". Ове примедбе не само да нису тачне, већ заправо одају дубоко неразумевање савремене биологије. Истраживања еволуционе историје представљају само *примену*, заједно са релевантним методама и знањима из других наука, сазнања о процесу еволуције до којих теорија еволуције долази експерименталним проверама. Оспоравати еволуцију на бази евентуалних неуспеха у њеној реконструкцији (чиме се филогенија бави), или на бази таквих

евентуалних неуспеха оспоравати теоријске поставке које се експериментално проверавају али на сасвим други начин, једнако је бесмислено као и кад би се постојање саме чињенице извршеног злочина или валидности основних поставки физике, хемије, медицине, балистике и осталих наука које су саставни део криминалистике оспоравало на основу нерешених случајева. При реконструкцијама еволуционих историја – филогенија користе се како информације добијене на основу фосилних налаза тако и информације добијене из анализе карактеристика рецентних таксона и њиховог географског распореда. А за правилно тумачење тих информација нужно је и добро познавање еволуционих механизама до којих долазимо у истраживањима еволуционе теорије.

Место и значај еволуционе биологије

У својим нападима на еволуциону биологију "научни" креационисти покушавају да створе утисак да је то једна чиста спекулација, при томе још и идеолошки мотивисана, потпуно одвојена од осталог дела биологије, осталих наука и великих доприноса науке друштву. У таквом приступу потпуно се пренебрегава чињеница о централном и интегративном месту еволуционе биологије у систему савремених биолошких наука, њени теоријски[3] и методолошки[4] доприноси другим наукама, као и велики доприноси у области примењене биологије.

Од многобројних могућих подела биологије - према групи организама које проучава, према типовима процеса, према нивоу организације – концепцијски је најутемељенија подела на функционалну и еволуциону биологију коју је 1961.

[3] У првом реду антропологији, психологији...

[4] Тако су статистичке методе анализе варијансе и анализе пута (енгл. path analysis) које се користе у многим другим наукама (нпр у економији, психологији...) развијене у оквиру еволуционе биологије. Анализу варијансе развио је Роналд Фишер а анализу пута Сјуел Рајт .

предложио Ернест Мајер. Функционална биологија даје одговоре на питања "како": како поједини делови тела функционишу, како се врши преписивање генетичке информације садржане у ДНК у распоред аминокиселина датог протеина, како се светлосна енергија претвара у хемијску у процесу фотосинтезе...При таквом, у суштини ипак дескриптивном, проучавању живог света може се запазити да многе особине и процеси имају за последицу повећање вероватноће преживљавања и репродукције – другим речима да представљају адаптације. С друге стране, проучавање живог света упознаје нас са његовом задивљујућом разноврсношћу: од обиља врста, преко различитих стратегија преживљавања до запањујућих разлика у морфолошкој грађи и физиолошким и биохемијским карактеристикама. Међутим, поред све те разноврсности у читавој живој природи се може запазити и зачуђујуће јединство. Поред свих огромних разлика у интелектуалном потенцијалу и социјалном понашању човек и шимпанза су веома слични и на морфолошком а још више на биохемијском и генетичком нивоу. Сви кичмењаци показују један број заједничких карактеристика, а комплетан живи свет користи исту генетичку "шифру", исти генетички код. Како су настале све те адаптације? Зашто постоји толика разноврсност ? Зашто је и поред те разноврсности у живом свету можемо запазити такво јединство? Управо на та питања "зашто" (које је, пошто подразумева у случају биологије историјски аспект, истоветно са питањем "како је настало") и одговара еволуциона биологија. Настанак еволуционе биологије је заправо заслужан што је биологија од чисто дескриптивне науке (без обзира не велику разноврсност нивоа на којима се та дескрипција може вршити) постала у знатном степену теоријски интегрисана наука. Стога не чуди да је један од најпознатијих биолога XX века, Теодосијус Добжански, једном свом чланку дао наслов "Ништа у биологији нема смисла осим у светлу еволуције".

Сазнања до којих смо дошли и долазимо бавећи се еволуционим биологијом имају велики значај за многе области примењене биологије, па су тако од велике користи и у области за развој које смо сви врло заинтересовани – у медицини. Та сазнања нам помажу да боље упознамо како нормално функционисање људског организма тако и "природу" различитих обољења, јер су физиолошке функције и потребе у исхрани човека, баш као и спектар њихових могућих поремећаја, резултат дуготрајне еволуције. Затим, у превенцији и третману многих генетичких обољења са касним испољавањањем велики значај имају поставке еволуционих теорија старења. Еволуциона биологија је такође у стању да објасни географску распрострањеност појединих обољења као и да свој допринос данас веома актуелној области медицине - епидемиологији. Тако се на основу познавања основних механизама коеволуције паразит/домаћин које нам пружа управо еволуциона биологија могу изнети валидне претпоставке о правцима даље еволуције вирулентности и резистентности изазивача обољења. Нпр. може се предвидети да ће повећана вирулентност еволуирати у ситуацијама када је пренос са једног домаћина на другог знатно олакшан - што се и дешава у условима повећане вероватноће брзог преноса вируса грипа услед високе концентрације људи у великим градовима. Такође, идентификација и класификација нових изазивача болести омогућавају да се утврди његов таксономски статус. На основу предходног познавања биолошких особина других припадника истог таксона могу се поставити претпоставке о биологији, начину преношења и потенцијалним домаћинима новог изазивача обољења који је претходно истраженим врстама *сродан* (тј. са којима има заједничке претке) и тиме учинити тражење одговарајућих метода лечења и профилактике бржим и ефикаснијим.

Еволуциона биологија је присутна и у оној свакодневној медицинској пракси са којом се сви срећемо још од ране мла-

дости. Свима нам се дешавало да нам лекар промени антибиотик јер онај који је деловао прошли пут сада више не делује или да нам каже да обавезно применимо целу терапију до краја, без обзира на видно побољшање здравља већ после неколико дана. Такође, лекари нам често понављају да се антибиотицима не треба лечити на своју руку. Сви ови практични савети засновани су на познавању открића еволуционе биологије и биолошких особина изазивача болести. Наиме, еволуција код бактерија, услед њиховог великог броја и кратког времена генерације, може се одвијати веома брзо. Зато је веома битно уништити све изазиваче обољења у нашем организму. Прекид терапије већ после првих знакова побољшања, када је уништена већина бактерија-изазивача али не сви, оставио би у животу управо оне бактерије које су показале одређени степен резистентности на дати антибиотик. Заправо, скраћеном терапијом ми би вршили селекцију за повећану резистентност па би се болест након краткотрајног побољшања поново појавила и то овога пута у много тежем облику јер би имали посла са резистентним сојем. То би захтевало много веће дозе па можда чак и промену коришћеног антибиотика. Због потенцијалне велике брзине еволуционих промена код бактерија велики проблем представљају и такозвани болнички сојеви бактерија. Наиме, услед сталне изложености ниским концентрацијама различитих антибиотика, код ових сојева је еволуирала резистентност према веома широком спектру антибиотика. Стога је при инфекцији болничким сојем често проблем наћи антибиотик који би деловао чак и у веома високим дозама. Зато се стално развијају нови типови антибиотика, бактерије затим развијају резистентност и на њих, а нама с времена на време лекар препише неки антибиотик за који раније нисмо ни чули.

Да поменем још и доприносе еволуционе биологије заштити и очувању животне средине. Човекова активност до-

води до драстичних промена у средини коју насељавамо. Поред глобалног отопљавања, чији се ефекат на постојеће врсте данас проучава у све већем броју еволуционо-еколошких студија, ту су још и заслањивање слатке воде, киселе кише, широко распрострањење антропогених пустиња... Услед таквих промена код различитих врста може доћи до развоја адаптација на измењене услове, може доћи до њихове миграције али и такође до изумирања. Процена вероватноће тих исхода у сваком појединачном случају као и фактора који су пресудни при томе спада у домен еволуционе биологије. Поред тога, у заштити околине веома је важно налажење врста које могу опстати на стаништима која су тешко загађена човековом активношћу, јер је то предуслов за постепени опоравак читавог система. А проучавање еволуције адаптација на загађеност станишта такође спада у домен еволуционе биологије. Код заштите угрожених и ретких врста, поред познавања њихове биологије, од виталног значаја су еволуционо-биолошка сазнања о вези између популационо-генетичке структуре и вероватноће изумирања врсте. Наиме, врста не нестаје само зато што, на овај или онај начин, страдају сви њени чланови, већ може бити осуђена на пропаст и драстичним смањењем бројности које доводи до исто тако драстичног смањења генетичке варијабилности и чини врсту подложном разним природним факторима. Ти фактори могу довести до њеног нестанка, ма колико је ми, након таквог смањења бројности, покушавали да заштитимо. Затим, заштита неке врсте поред осталог значи и заштиту животне заједнице које је та врста саставни члан, са свим њеним сложеним односима насталим у процесу коеволуције. А проучавање услова и фактора које су доводили до нестанака врста у прошлости такође су веома значајни за покушаје очувања врста данас.

Еволуциона биологија је незаобилазна и у проучавању и процени ризика од интродукција врста које су нове за неки

екосистем. Поред већ постојећих врста у веома блиској будућности се може очекивати интродукција далеко већег броја корисних организама насталих генетичким инжињерингом. Процена ризика ових интродукција као и процена могућности да се "уграђени" гени пренесу на друге врсте представља још један од практично применљивих аспеката еволуционе биологије.

ДА ЛИ ЈЕ КРЕАЦИОНИЗАМ НАУЧНА ТЕОРИЈА?

Као што је то случај са термином "еволуција", и термин "креационизам" има више различитих значења што често доводи до неспоразума, а често је и предмет свесне злоупотребе. Појмом креационизам означавала се биолошка теорија која је у науци била важећа до појаве еволуционе теорије и који су заступали водећи научници оног времена. Основе тог "креационизма" били су есенцијализам, фиксизам и аргумент на основу дизајна. Медутим, креационизмом се, најчешће уз придев "научни", означава и доктрина фундаменталистичког крила конзервативног протестантизма која, прихватајући буквално библијски текст без икаквог тумачења, оспорава основне поставке и чињенице читавог низа наука (физике, астрономије, геологије, биологије а у неким случајевима и лингвистике), и покушава да се наметне као некаква алтернативна научна теорија.

Листа природњака из осамнаестог и деветнаестог века који су, макар током неких периода свога рада, заступали засебни настанак и непроменљивост биљних и животињских врста (креационизам и фиксизам) је подужа и укључује многа чувена имена. Међу њима је, например, шведски биолог Карл Лине – творац савремене таксономије и биолошке биномијалне номенклатуре, француски зоолог Жорж Кивије – оснивач палеонтологије, палеонтолог и анатом Ричард Овен, познати амерички природњак Луис Агасиц...Овај

списак би се могао даље проширивати, али је много интересантније размотрити питање у којој су мери њихови ставови релевантни за нас данас. Да ли је могуће да такви ауторитети нису били у праву? Да ли се, усвајајући ставове који нису у скаду са њиховим, ми заправо супротстављамо врхунским умовима чији су доприноси науци неоспорни? Као одговор на поменута питања би било умесно указати, парафразирајући једну изјаву Ричарда Докинса, да би просечни данашњи средњошколац сасвим сигурно запањио Аристотела податком да се свет састоји од преко сто основних хемијских елемената међу којима нису ни ватра, ни ваздух, ни вода, ни земља (четири основна елемента Аристотеловог система). Овде се, наравно, не ради о томе да су данас средњошколци паметнији од једног од најбриљантнијих умова у људској историји, већ о чињеници да је у међувремену наука знатно напредовала. Кеплер и Коперник нису знали за све планете Сунчевог система док Њутну нису биле познате основе данашње физике: теорија релативитета и квантна теорија. Развој науке је заправо током времена довео до одбацивања највећег броја некад важећих теорија, међу којима је било много ремек-дела људске креативности и аналитичности. Због тога је једино исправно сагледавати ставове сваког научника првенствено у контексту његове епохе, док би коришћење данашњих сазнања при оцени његових позиција представљало некоректни анахронизам. Дакле, у нашем случају је неопходно размотрити шта су то, заговарајући креационизам и фиксизам, заправо заступали наведени великани природних наука током осамнаестог и доброг дела деветнаестог века? А они су заступали важећу биолошку теорију свога времена и имали су тада прилично убедљиве разлоге за то. Основни научни разлог за прихватање креационизма у том периоду био је такозвани стандардни аргумент на основу дизајна по коме прилагођености живих бића на средину која их окружује и постојање сврхвитости, усмерености ка циљу у њиховој грађи и понашању (тј. постојање телеологије) указују на творца (дизајнера). Такође се сматрало да било какве промене у тим добро организованим живим системима могу бити само штетне по њих што директно води у фиксизам. А разлога за таква схватања је у то време било напретек. Примери прилагођености живих бића на средину која их окружује су изузетно бројни и добро познати.

Међутим, Дарвин је 1859. у свом *Постанку врста* објаснио прилагођеност организама (до тада објашњавану аргументом на основу дизајна) као и постојање сврсисходности (телеологије) у живом свету постулирајући теорију еволуције путем природне селекције. Он је, међутим, тиме истовремено одбацио и типолошки приступ у биологији (есенцијализам Платона и Аристотела) увођењем популационог приступа. Основна разлика између до тада важећег типолошког (есенцијалистичког) схватања биљних и животињских врста и новоуведеног популационог приступа је однос према варијабилности између индивидуа. Док с типолошке тачке гледишта тип представља суштину а варијабилност је последица грешака, у популационом приступу међуиндивидуална варијабилност представља основну реалност док је тип (централна тенденција) само статистичка апстракција. Преласком на популациони начин мишљења била је дакле уклоњена теоријска препрека за *постепене* промене једне врсте у другу. Врста је према томе историјска категорија коју одликују сродднички односи а не тип који се може дефинисати појединачно неопходним а заједно довољним атрибутима. Међутим, треба истаћи да је типолошки приступ и данас оправдан например у хемији, где се сваки елемент може јасно дефинисати атомским бројем и где постепени прелази нису могући, мада је могућа промена (трансмутација) једног елемента у други.

Што се аргумента на основу дизајна тиче, може се показати да природна селекција представља далеко прихватљи-

вије објашњење сложености и прилагођености организама у односу на постулирање неопходности дизајнера. Концепција природне селекције, наиме, при пружању задовољавајућег тумачења постојања адаптација користи искључиво природне појаве и процесе доступне експерименталној провери чиме престаје потреба за постулирањем интелигентног дизајнера у *научном* објашњењу разноврсности и прилагођености у живом свету. Треба, међутим, истаћи да постоји и читав низ феномена који се одлично уклапају у концепт еволуције путем природне селекције а који су неочекивани и необјашњиви са позиција "интелигентног дизајна". У те феномене спадају примери несавршених адаптација ("лошег дизајна"), биогеографског распореда врста, сличности у морфолошкој грађи, развојним ступњевима и биохемијским одликама појединих таксона, постојање велике генетичке варијабилности у оквиру популација, постојање прелазних фосилних облика и многи други. Ти феномени заправо не представљају "доказе" за еволуцију већ примере драстично веће плодотворности новог истраживачког програма у односу на стари.

У последње време постоје покушаји да се аргумент на основу дизајна примени на молекуларном нивоу организације живог света Тако се, на основу велике сложености молекуларних и биохемијских процеса чак и код најједноставнијих организама, покушава извести закључак да су ти процеси "дизајнирани". Ови процеси и структуре, међутим, за детаљније резумевање исто захтевају еволуциони контекст. Као и особине спољашње морфологије и особине на молекуларном нивоу (нпр. редослед аминокиселина у неком протеину) представљају последицу еволуционе историје врсте и дендрограми направљени на молекуларним подацима су у сагласности са онима конструисаним на основу морфологије Такође, ни структура појединих протеина не може се разумети изван еволуционог контекста.

Историја науке се може означити и као "гробље одбачених теорија" и у томе биологија не представља изузетак. Какав је онда данас статус аргумента на основу дизајна у оквиру биологије? Он је заправо једнак статусу многих других некад важећих теорија које су у науци касније биле потпуно одбачене, што значи да заслужује пуно поштовање у историјском контексту развоја дате области али никако не представља валидну алтернативу савременим теоријама.

Оно што се данас представља као креационизам, и то као "научни", нема са креационизмом као биолошком теоријом заправо никаве везе. Они су чак и хронолошки раздвојени, јер се зачеци креационизма ког можемо данас срести у медијима налазе у Америци с краја XIX века у крилу тзв. фундаменталистичког покрета. Главни разлог идеолошког отпора теорији еволуције били су велики проблеми у њеном усаглашавању са *буквалним схватањем* текста Постања. Фундаменталисти[5] нису прихватали симболично тумачење појединих библијских текстова и веровали су у посебно стварање свих врста одбацујући тиме став теистичких еволуциониста о еволуцији као "начину Божјег стварања". Завршетак Првог светског рата довео је до радикализације захтева и акција фундаменталистичког покрета на југу Америке. Разлоге за до тада невиђена страдања, злочине на фронту, појаву комунизма и, по њима, за потпуни морални распад друштва фундаменталисти су видели у удаљавању од буквалног тумачења и примене Библије за шта је, опет по њима, један од главних криваца била Дарвинова теорија. "Крсташки рат" против теорије еволуције кулминирао је 1925. у градићу Дејтон у Тенесију на чувеном "Мајмунском" ("The Monkey Trial") или "Скоупсовом процесу" (The Scopes Trial) – првом процесу на коме је један учитељ оптужен и

[5] Назив који се касније почео користити за означавање екстремног конзервативизма и радикализма и у другим религијама

осуђен за предавање еволуционе теорије. Након Скоупсовог процеса и изразито негативног публицитиета по фундаменталисте, антиеволуциони закони остали су на снази у државама у којима су предходно били уведени, али нових покушаја да се уведу забране предавања еволуције није било.

Крајем педесетих долази до радикалне измене ситуације. Лансирање спутњика и страх од могућег заостајања за другом страном довео је америчке власти и јавност до сазнања да је њихово улагање у науку недовољно и да је образовање које добијају грађани Сједињених држава застарело и неадекватно. Поред већих улагања и у науку и у образовање долази, после дужег времена, и до њиховог ближег контакта. Амерички школски уџбеници бивају преплављени савременим научним теоријама и открићима. У области биологије то се, наравно, у првом реду односи на теорију еволуције која у научним круговима уопште није спорна. У сасвим новом окружењу креационисти нису могли више рачунати на успех уколико се отворено супротставе науци и то са позивањем на ауторитет буквално схваћеног библијског текста. Стога они своје ставове покушавају прогласити "алтернативним научним моделом". Раних седамдесетих настаје и сам израз "научни" креационизам и покушава се протурити теза о постојању "два модела: еволуционистичког и креационистичког". Концепције савремених, "научних" креациониста представљају, за разлику од оних пре Дарвина, *ad hoc* хипотезе које имају за циљ да религиозну догму специфичну за поједине протестанске групације прикажу као валидну научну теорију. Оне се не могу научним методама проверити, а такво понашање је ненаучно. Главне одлике "научног" креационизма чине популистичка епистемологија, научна некомпетентност, неинтегрисаност и логичка супротстављеност појединих делова "теорије", као и злоупотребе – од извртања цитата, па до отворених превара и фалсификата.

Покушај да се такве фундаменталистичке доктрине уведу у школски програм пропада прво пред судом у Аркансасу (1982) а затим и пред Врховним судом САД (1987) на основу амандмана о одвојености државе и религије. Након неуспеха на овом плану, током деведесетих главни притисак фундаменталиста бива усмерен на школске одборе и наставнике па се тако, например, у уџбеницима из биологије по којима сада уче деца у Илиноису уопште не помиње реч "еволуција". С друге стране, "научни" креационисти у последњој деценији прошлог века постепено напуштају сада већ компромитовани израз "научни креационизам", а у оптицај враћају "интелигентни дизајн" при чему се покушава што више раздвојити "теоретска" активност од грубих напада на нижим нивоима.

ДА ЛИ ЈЕ ЕВОЛУЦИОНА БИОЛОГИЈА СУПРОТСТАВЉЕНА РЕЛИГИОЗНОМ ПОГЛЕДУ НА СВЕТ?

Заступници "научног" креационизма често покушавају да се у представљању јавности представе као заступници свих оних чија су религиозна уверења наводно угрожена од стране еволуционе теорије. Овакав однос између еволуционе биологије и религије који, у циљу лакшег напада на биологију, заговарају амерички фундаменталисти у великој мери личе на тврдње које су агитпроповци користили у идеолошком обрачуну са религијом - тврдње да је еволуциона теорија апсолутно неспојива са било каквим религиозним погледом на свет.

Међутим, став који данас заступа већина биолога и теолога, не сви али свакако већина, је да су религија и наука, па самим тим и биологија, непреклапајућа подручја – приступ који се често означава као НОМА приступ (од енглеског *non overlapping magisteria*). По овом схватању, с једне стране имамо биологију која је у научном објашњењу појава нужно

методолошки натуралистичка тј. у том објашњавању се не позива на натприродно већ искључиво на природне механизме, што уопште не мора водити *онтолошком натурализму*, тј. ставу да је природа све што постоји. С друге стране имамо област која се бави системом вредности, циљевима и смислом нашег постојања и која укључује велик број различитих погледа на свет, па тиме наравно и религију.

Разликовање *онтолошког* од *методолошког натурализма* је за нашу тему од суштинске важности . Онтолошки натурализам је *филозофска позиција* која све постојеће поистовећује са природом и која из теоријских објашњења искључује све натприродно (супернатуралистичко). Методолошки натурализам, с друге стране, само подручје науке ограничава на натуралистичка објашњења (у научним објашњењима се не можемо позивати на натприродно), док то не прописује за све друге интелектуалне и теоријске делатности човека. Управо методолошки натурализам је нужан у науци док је онтолошки ствар личног избора.

Постоје филозофи које у оквиру методолошког натурализма разликују *априорни методолошки натурализам* и *емпиријски методолошки натурализам*. Први облик би садржао став да су натприродна објашњења у науци недопуштена *по дефиницији*, док би се други заснивао на емпиријском тврђењу да су сви успешни научно-истраживачки програми натуралистички. Мада би се могло чинити да постоји значајна разлика између ова два типа методолошког натурализма (емпиријски би могао допустити постојање супернатуралистичког програма, барем у принципу) та разлика бледи у светлу савремене филозофије науке. Наиме постоји јасна веза између априорне верзије натурализма и покушаја давања прескриптивних дефиниција науке на основу неких методолошких стандарда, као и између емпиријског натурализма и дескриптивног дефинисања науке на основу проучавања њене историје. У оба случаја, натурализам је битан

састојак науке. О овоме сведоче и ставови једног од филозофа који заступа могућност супернатуралистичке науке – Алвина Платинге. Он науку која је методолошки натуралистичка назива "Диемовском науком"[6] и приписује јој објективност, јавну проверљивост и једнаку доступност свима без обзира на њихове религиозне или метафизичке преференције – управо оне особине које од науке и очекујемо.

Да погледамо и то какав је био однос између погледа на свет и науке код многих теолога и научника након појаве Дарвина. Почећемо од теологије, и то прво од протестантске јер је "научни" креационизам настао у њеном крилу.

Ставови према еволуционој биологији различитих протестантских групација су веома хетерогени. Неке од протестантских верских заједница представљају најжешће противнике еволуције (нпр. Адвентисти и Јеховини сведоци) и у томе се разилазе са либералним протестантима. Научници који су припадали либералном крилу протестантизма формирали су 1941. *Америчку научну афилијацију* (*American Scientific Affiliation – ASA*) с циљем да се са хришћанске тачке гледишта бави односом религије и науке. Један од чланова афилијације, зоолог Франк Касел, је у свом обраћању годишњем скупу ASA 1951. године имао и следеће врло експлицитно тврђење: "Еволуција се дефинише као нагла или постепена промена биљака или животиња током генерација. Те промене се могу показати. Еволуција је , дакле, чињеница". Овакви ставови нарочито су дошли до изражаја у зборнику радова *Еволуција и хришћанска мисао данас* (*Evolution and Christian Thought Today*) који је ASA издала 1959. поводом стогодишњице изласка Дарвиновог *Порекла врста*. У том зборнику је, пишући о постанку живота, биохемичар и припадник Баптистичке цркве Волтер Херн, саветовао хри-

[6] Дием, који је био католик, сматрао је да његови религијски погледи не смеју ни на који начин да утичу на науку којом се бавио

шћане да морају бити спремни да прихвате "настанак живота из мртве материје путем серије физичко-хемијских процеса који се не разликују од процеса какве можемо посматрати данас" јер "Библија не даје информацију о томе на које начине Бог остварује своје циљеве у природи".

Што се званичног става Католичке цркве тиче, још је папа Пије XII 1950. године у енциклици *Humani generis* објавио да између еволуције и религије нема никакве супротстављености и да је еволуција "озбиљна хипотеза". У свом обраћању Понтификалној академији у октобру 1996. папа Јован Павле II је између осталог о поменутој енцикилици рекао: *"Данас, скоро пола века од објављивања енциклике, нова сазнања су довела до признања да је еволуција више од хипотезе. Стварно је импресивно да је ова теорија била прогресивно прихватана од стране истраживача након серије открића у различитим областима знања. Конвергенција резултата независних истраживања, ненаметана и нефабрикована, је значајан аргумент у корист ове теорије".*

Православна црква има другачију унутрашњу организацију у односу на католичку, па не можемо говорити о "званичном ставу" по овом питању који би био заузет и изражен у једном специфичном документу. Међутим, то не значи да на основу већег броја информација не можемо стећи прилично јасну слику о њему. Тако, например, у "*Пуном православном богословском енциклопедијском речнику*" издатом у Петрограду још почетком овога века постоји одредница "дарвинизам" у којој се даје у великој мери научно коректан (у складу са ондашњом биологијом) приказ Дарвинове теорије. Тамо, поред осталог, пише: "*Дарвинизам, схваћен правилно, има огроман научни значај за решавање питања о узајамним односима организама, за објашњење много чега нејасног у животу организама, за геолошка истраживања, за истраживања географског распореда биљака и животиња и обједињује многе раније неповезане чињенице. Треба само*

имати у виду да је Бог створио законе постанка који су, добивши егзистенцију, постали природним те је стога разумљиво да је могуће природним законима објаснити порекло, сличности и сврсисходну уређеност животињских и биљних врста". А код нас професор београдског теолошког факултета протојереј Лазар Милин у серији својих књига из апологетике каже и следеће:"*Ми као нестручњаци усвајамо оно што смо констатовали као несумњиву чињеницу у којој се сви биолози слажу: да еволуција и променљивост врста постоје* ".

Наравно да би се могао направити и нешто друкчији избор цитата из чланака чији су аутори клирици Православне цркве а који би садржао у овом или оном облику осуде еволуционе биологије. Поготову у последње време, када се много тога некрички преузима из иностранства, а понешто стиже и из Русије где постоје издања која садрже преписане ставове и тезе америчких фундаменталиста. Мада је формулација званичног става цркве ствар теолога, било би веома изненађујуће када би они дошли до закључка да су православне ставове први исправно формулисали протестантски фундаменталисти! Стога, мислим да се из самог постојања позитивних ставова о еволуцији угледних теолога изнетих у званичним и препоручаваним црквеним издањима може ипак јасно закључити да Православна црква еволуциону биологију не доживљава као покушај напада на религиозна убеђења својих припадника, већ као научну област добро интегрисану са осталим деловима науке.

Заправо, можемо рећи да у оквиру највећих конфесија напади на еволуцију долазе као последица појединачних ставова њихових припадника и нигде не представљају званичан став. Стога не изненађује да су на добро познатом процесу у Арканзасу 1982. године у коме је суд укинуо одлуку локалних власти о предавању "научног" креационизма у школама, међу подносиоцима тог захтева за укидањем били

(поред научника и професора) и католичка црква, јеврејске заједнице и осам протестантских верских заједница.

Што се односа научника према "коначним питањима" тиче, да погледамо како стоје ствари у еволуционој биологији и у њој данас важећој тзв. синтетичкој теорији еволуције.Да погледамо ставове људи који су учествовали у формирању те теорије. Роналд Фишер је, на пример, био англиканац – чак је понекад недељом у цркви држао проповеди. Холдејн је био левичар – једно време је био и у уређивачком одбору листа енглеске комунистичке партије. Био је, дакле, атеиста. А Теодосијус Добжански – још један научник који је веома значајан за развој савремене еволуционе биологије и који је из Совјетског Савеза крајем двадесетих емигрирао у Америку – је био православне вероисповести. А да бављење науком нужно води неком одређеном погледу на свет, оваква разноврсност тих погледа код водећих имена целе једне области сигурно не би била могућа. Оваква разноврсност система и идеја насупрот претпостављеном једнозначном погледу на свет који би недвосмислено следио из бављења науком враћа нас на књигу енглеског филозофа Џорџа Едварда Мура *Principia Ethica* из 1903 године. У њој је први пут употребљен термин "натуралистичка заблуда" за сваки покушај да се из чињеница једнозначно изведу норме, да се из чињеница изведе етика, да се из "*is*" (је) изведе "*ought*" (треба). И стварно, поглед на свет који би се инспирисао науком, какав је, например, био онај Тејара де Шардена инспирисан еволуционом биологијом, ипак није сам наука већ само још један од могућих погледа на свет.

Александар Томић

LEX UNICA VIRUM IN NATURA – РУЂЕРА БОШКОВИЋА

УВОД

Обично се сматра да Бошковићево решење Њутновог задатка извођења јединственог закона сила у природи има само историјски значај, већ самим тим да је за Бошковићевог живота био познат закон деловања само једне од четири фундаменталне силе у природи – гравитационе силе. Овај Бошковићев рад са пуним насловом – Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium[1] имао је велики утицај на следбенике, преко Фарадеја и Девија, све до твораца ране квантне физике и атомске теорије, Радерфорда, Томсона и Бора[2]. Бошковићу се иначе признаје да је творац динамичког атомизма (Кузњецова, 1985). Неке особине црних рупа Бошковићевом кривом се успешно објашњавају (Јовановић, 1987) као и неке особине кваркова (Rinard, 1976).

Бошковић доста детаљно описује како је методом логичког расуђивања дошао до своје криве, анализом судара тела и еластичности. При том потенцира метафизичке аспекте проблема, покушавајући да (концептуално) објасни неке тада актуелне појаве. У тачки 17. *ТЕОРИЈЕ* он дефинише следећих **шест услова** који су потребни и довољни да би одредили све врсте интеракција које он разматра:

---

[1] Теорија природне филозофије сведена на један једини закон сила у природи; Прво издање Viena, 1758.г. Друго исправљено и проширено издање: Remondini, Venetis, 1763. Аутор је користио билингва издање: Теорија природне филозофије / Theoria philosophiae naturalis, Либер, Загреб, 1974

[2] Борово мишљење о доприносу Бошковића може се прочитати у референци Бор, 1985.

- Крива мора да буде правилна и једноставна, а не збир лукова различитих кривих,
- мора да сече апсцису само у неким тачкама, једнако удаљеним са обе стране од центра,
- свакој вредности апсцисе мора да одговара само једна вредност ординате,
- једнаким апсцисама са обе стране центра морају да одговарају једнаке ординате,
- ординатна оса мора да буде асимптота, а површина испод лука криве да је бесконачно велика[3],
- лукови криве између било која два пресека са апсцисом могу се произвољно удаљити од апсцисе, и приближити се било којем луку било које криве, секући је , додирујући или оскулирајући.

У тачкама 25 до 28 Додатка III, БОШКОВИЋ УВОДИ АЛГЕБАРСКУ ФУНКЦИЈУ КОЈА ОПИСУЈЕ КРИВУ, ПОЗИВАЈУЋИ СЕ НА ГРАФИК КРИВЕ И ПОСТАВЉЕНЕ ЗАХТЕВЕ. Као резултат коначно добија криву – закон сила са следећим особинама:

- то је **јединствен закон** (*unica lex virium*),
- **јединствена несастављена формула** (*unica non composita algebraica formula*),
- **јединствена непрекинута геометријска крива** (*unica continuo geometrica curva*).

То формално заиста **одговара јединственом закону сила, као уопштењу Њутновог закона гравитације**, који је у њему садржан за велика растојања. Савременијом нотацијом, овај закон се може изразити у облику (Žardecki, 1941; Angelitch 1962):

[3] Како је на апсциси дајина а на ординати сила, површина испод лука мора бити бесконачна како би могла бити већа од ма које коначне површине, јер производ силе и пута одговара квадрату прираста брзине.

$$\psi(r) = \frac{P(r^2)}{r^2 \cdot Q(r^2)} \qquad (1)$$

где су P, Q полиноми који немају заједничке корене, а степен m у полиному Q је мањи или једнак степену полинома P. Њутнов закон гравитације у истој нотацији имао би облик:

$$\psi(r) = \frac{const}{r^2} \qquad (2)$$

што **формално није велика разлика**, али поређење одговарајућих кривих показује колико је **огромна разлика у садржају**, односно начинима манифестовања.

ОД ЊУТНОВОГ ЗАКОНА ГРАВИТАЦИЈЕ ДО БОШКОВИЋЕВОГ ЗАКОНА СИЛА

Дугогодишње проучавање овог капиталног Бошковићевог дела омогућило је аутору овог рада да покаже како би могла да изгледа РЕКОНСТРУКЦИЈА АНАЛИТИЧКОГ ПОСТУПКА ИЗВОЂЕЊА КРИВЕ, **који се не наводи у *ТЕОРИЈИ***, као ни у радовима који су претходили (*De Viribus Vivis*[4], *De Lumine*[5], *De Lege* Virium *in Natura existentium*[6]). То баца ново светло на Бошковићево уопштавање Њутновог закона гравитације на универзални закон интеракције у природи, а у складу је са реконструкцијом мисаоног пута којим је Бошковић ишао (Мартиновић, 1987).

Бошковић полази од општег епистемолошког става и долази до принципа којим објашњава природне појаве, следећим редом:

1 – природа је једноставна и на разним нивоима се аналогно понаша,[7]

[4] Рома, 1745
[5] pars prima Typog. De Rubeis 1748, pars secunda Typog. Komarek 1748
[6] Рома, 1745

2 – резултатима мерења прилази критички, као и способностима чула,

3 – разликује математичку и физичку тачку, математички и физички додир,

4 – усваја принцип непрекидности (у простору и времену, пре свега), који искључује могућност математичког додира.

Овде би се, по нашем мишљењу, могао додати још један корак:

5 – аналитичко уопштавање и разматрање нових решења као нових физичких могућности.

(Бошковића обично третирају као геометричара, па овај налаз добија у значају, као и Бошковићев резултат.)

Из услова којим одређује параметре уз степене види се да је **Бошковић користио општу теорију алгебарских једначина н-тог степена. Из физичких околности** – неопходне симетрије у простору, за варијаблу у полиному **узима** $x^2 = z$ **уместо** x. Тако се добија из унапред постављених шест услова да Бошковићева крива има еквивалентни облик:

$$\Psi(x) = \frac{A}{x^2} + \sum \frac{B}{(x-\alpha)^2} + \sum \frac{C \cdot x + D}{x^2 + p \cdot x + q} \qquad (3)$$

у којем савремени физичар може много лакше препознати стварност. Битно је поменути да **ово није збир независних формула, него формулација математички еквивалентна Бошковићевој формули**.

Бошковић вероватно свесно не спомиње (да не кажемо - сакрива) ову чињеницу, јер инсистира да је ово ЈЕДИНСТВЕН закон силе, баш како је Њутн "прописао". (Из целокупног читања ТЕОРИЈЕ провејава Бошковићево уверење да је њоме управо реализовао Њутнов задатак и тиме превазишао великог претходника, сводећи његову фундаменталну силу на један специјалан случај.[8])

Бошковићев физички условљен захтев који се формално појављује као $x^2 = z$, математички се може формулисати и као двоструки корен. Из примера које наводи Бошковић види се да он дозвољава и могућност постојања комплексних корена. Ако су два корена комплексна (а они иначе иду у коњугованим паровима) могу се заменити трећим чланом у разлагању, у горњој формули. Тако се сваки полином може уствари изразити и само преко функције облика:

$$\Psi(x) = \sum \frac{A}{(x-\alpha)^k} \qquad (4)$$

где к – представља вишеструкост корена, а у случају комплексних корена, к је самерљив са 2. Бошковић је управо тако ($x^2 = z$) увео зависност од растојања. Дакле, Бошковић је пошавши од јединог тада познатог универзалоног закона у природи, Њутновог закона гравитације, могао уопштавањем добити свој закон сила.[9] У прилог томе говори и податак да је Бошковић објавио 1749.г. "Доказ методе што је даде Ојлер за растављање рационалног разломка у више једноставних разломака"[10].

Због могућности урушавања света вођеног само једном врстом сила – сила привлачних, Бошковић је морао извести свој закон континуитета, **разликовање математичке и физичке тачке** и **немогућност физичког додира материјалних тачака**, тј. створити свој динамички атом. Бесконачна **одбој-**

[7] …**хијерархијска,** или како се сада чешће говори, **фрактална структура**.

[8] Изгледа да је био у праву, што ћемо покушати показати у наредним саопштењима.

[9] …који није ништа друго до баш то, по форми, за $\alpha = 0$, и $A = \gamma \cdot M \cdot m$, где су све три величине константе, уз к = 2, јединствен случај када два комплексна корена дају један реалан.

[10] Dimostrazione di un metodo dato dall' Eulero per dividere una frazione razionale in piu frazioni piu semplici con delle altre riflessioni sulla stessa materia, Giornale de' Letterati, Roma 1749

на сила при зближавању материјалних тачака унела је неопходну стабилност у систем света и динамичку равнотежу – осциловањем око тачака стабилности. (Занимљиво је поменути да се у савременој аутоматици индикаторска спрега селсина понаша тачно онако како то описује Бошковић. Дакле, не поставља се питање да ли је то реалност.[11])

Исти поступак, разлагање на збир простијих решења типа разломака, се користи и у решавању линеарних диференцијалних једначина. А њима се, не само у савременој (пре свега квантној) физици, описују интеракције, него и у теорији потенцијала класичног поља.

Бриљантна Бошковићева логика довела је до бриљантног решења методом уопштавања и математичког моделирања. Питање је само колико од тога смо спремни да признамо Бошковићу као решење Њутновог задатка? **Поступак којим се проблем решава, је у целини његов, Бошковићев**, а детаљи поступка, природно је да се разликују обзиром шта смо све у међувремену сазнали. Овим нашим налазом још једном је потврђена Гилова тврдња: Руђер Бошковић је претеча савремених физичких теорија.

ИДЕЈА О ПОЛИНОМНОМ РАЗЛОМКУ

Како је Бошковић дошао до полиномиалне природе константи (по растојању) у свом полиному, није тешко закључити, обзиром на његов рад о атракцији сферних тела.

Масе сферних тела су густине помножене кубом радијуса. Тако производ двеју маса представља полином трећег степена по квадрату растојања. Он је константа јер је домен ограничен.[12]

[11] Прив. саопштење Игора Томића

[12] Принцип да су константе уствари параметарске функције, па и од растојања, искористићемо у наредном саопштењу да покажемо како се добијају молекулске силе из Бошковићеве једначине.

У случају додира две сфере, ако је додирна тачка у равнотежи мора бити $C_1 \cdot R_1 = C_2 \cdot R_2$, где су $C_{1,2}$ константе. Ако није равнотежно стање, делује сила:

$$F = C_1R_1 - C_2R_2 = C_1R_1(1 - \frac{C_2R_2}{C_1R_1}) = C_1(1-\ell)R_1 = k \cdot \Delta x \qquad (5)$$

што је управо сила еластичности.

СОПСТВЕНО ВРЕДНОВАЊЕ ДОБИЈЕНОГ РЕЗУЛТАТА

Колика је била амбиција Бошковића с његовим законом сила показује и садржај тачке 94. ТЕОРИЈЕ, који садржи само једну реченицу – а односи се на садржај тачака материје које чине центре атома – центре сила:

94. *Произлази и то да би оне, тачке материје, макар су посве сличне у једноставности, просторности и мери сила,* које зависе од удаљености, могле имати ***и друга метафизичка својства различита међу собом,*** *која су нам непозната, а која би се и код Лајбницових следбеника разликовала.*

Поред тога стоји као резиме:

Могуће је да се тачке у једним својствима поклапају, а у другим разликују.

Напоменимо да се у то време зна за електрицитет, али не и за закон електричне силе. Довољан разлог да Бошковић изведе уопштење које ће тој сили по њеном откривању омогућити да се садржи у Бошковићевом закону силе. Али, исто то биће могуће и са касније откривеним нуклеарним силама.[13]

А молекулске (Ван дер Валсове) силе су се ту већ нашле, тачније речено – одатле произашле, пре више од једног века.[14]

[13] Видети нпр. Томић, 1991.

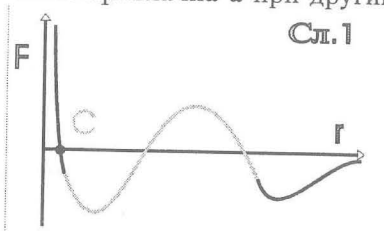
КИНЕМАТИЧКА ПРИРОДА БОШКОВИЋЕВОГ ЗАКОНА

Остало је незапажено да Бошковићев доследни континуитет простора и времена, дакле кретања, нужно води до дисконтинуалних (квантних) стабилних стања у системима честица (Жардецки, 1941).

У Теорији природне филозофије Руђер Бошковић је дао свој **природно-научни систем**. До њега је дошао познавањем само једне фундаменталне силе – гравитације – и анализом еластичних судара (односно сила) и ферментације. Пошао је од експерименталних чињеница и резултата Њутна и Лајбница, јасно стављао приговоре на поједине њихове ставове и дајући своје одговоре формулисао целовит систем, природно-научни концепт, занимљив и данас.

"Ја, наиме, сматрам да међу свим тачкама материје постоји нека међусобна сила која овиси о удаљеностима; па када се промијене удаљености, мијења се и она, тако да при једним удаљеностима она бива привлачна а при другим одбојна, што све бива по одређеној континуираној законитости". (Теорија...Стр. XIV)

Сл.1



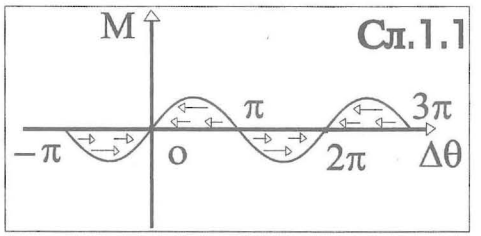
Крива те зависности код Томсона (J.J. Thomson, 1907) је назначена као *curva Boscoviciana.* Рекли би смо – с правом.

На великим растојањима привлачна гравитациона сила доминантна је, а на малим – одбојна сила. То су експерименталне чињенице. **По Бошковићу одбојна сила на малим**

[14] Видети: Šlaus, 1987; Thomson, 1918; Matveev, 1981, стр. 20; Томић, 1991, стр. 135.

растојањима асимптотски је аналогна привлачној сили на великим растојањима.[15] Он задржава тада прихваћени став да се у природи ништа не догађа скоком, па изводи закључак да се ма која промена неке величине...одвија тако да с једне величине прелази на другу непрекинутим кретањем преко свих међувеличина, што се математички може равноправно интерпретирати на два начина: **геометријским местом тачака и алгебарским формулама.** Он даје **обе интерпретације**, а оне **су евидентно кинематичке, тј. не садрже (експлицитно) масу.**

Сл.1.1



Због принципа непрекидности одбојне силе се по Бошковићу (и по Њутну) претварају у привлачне, и обрнуто. За разлику од Њутна, Бошковић додаје:"...али облик на слици треба експериментално испитати из појава". Тиме **своју криву и феномене доводи у дијалектички однос**:

– крива може подстаћи решавање проблема,
– феномени су средства којима ваља истражити криву.

Анализира четири типа прекидности, што је основ за хијерархијску структуру света (дакле и Васионе) која произлази из те криве – јединственог закона сила у природи. Бошковић завршава примедбом да се одбојна сила понаша као потенцијално велика (бесконачна) величина, за разлику од деловања самог Творца природе, који би могао актуелно великом (бесконачном) силом савладати отпор који се јав-

[15] ...дакле, реч је о симетрији на јединичној сфери, концепту актуелном у наше време, в. Коруга, 1996.

ља и укинути непродорности. (Примери познати за то данас опште су познати.)

Два аспекта исте појаве – деловања Бошковићеве силе на бесконачно малим растојањима – јесу непродорност и просторност тела. Збирни ефекат је ишчезавање и одбојне и привлачне силе у тачки С (Сл. 1.) Али, пише Бошковић, "који физички феномен је примерен тачки С, тек треба утврдити."

На Сл.1.1.[16] момент силе на одређене угаоне положаје има управо такво дејство како то спомиње Р. Бошковић. За честице ван поља хомогених сила важи принцип суперпозиције. Груписање мањих честица око тачака равнотеже, или по Бошковићу – без сила, омогућава идеализацију на системе познате као чврста тела.

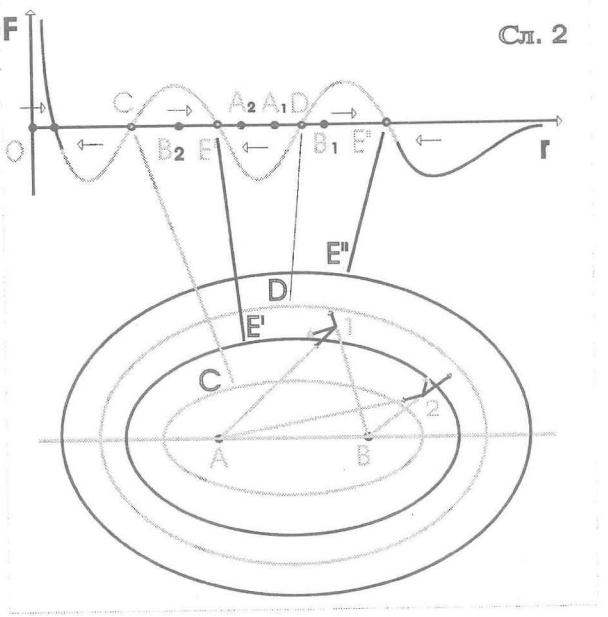
КВАНТОВАЊЕ ОРБИТА КОД РУЂЕРА БОШКОВИЋА

Бошковић разматра посебно **случај три тела, која се понашају по његовом закону сила**.

У почетном тренутку су сва три у тачкама које одговарају међусобним "границама кохезије" (тј. равнотеже без деловања сила, тачка С на Сл. 1 односно тачка Е на Сл. 2.) Он анализира понашање трећег тела којем је дат импулс дуж праве паралелне оној која повезује преостала два тела. (А која сва три посматра као материјалне тачке.)

Логичком анализом он закључује да ће се тачка Е' померати по елипси која одговара супер-пониpаном равнотежном положају, јер изведена из положаја равнотеже тачка Е' враћа се ка њему због тога што једној тачки (А) приближавањем сила постаје привлачна, а другој (В) одбојна. Резултат је померање у нови положај у којем опет збирни ефекат тежи нултој резултати. (Да ли ово асоцира на принцип минималног дејства ?)

[16] ...која има реализацију у селсинској спрези...в. Стојић, 1996, стр. 86.



То је јасно узме ли се у обзир Бошковићева крива и чињеница да релативна промена растојања, дакле и силе, у односу на тачке А и В (Сл. 2.) није једнака, а да су обе тачке, А и В, заправо у положају О на Сл.1 када се разматра померање треће тачке. Сл.2 представљена овде је незнатно дотерана комбинација оригиналних Бошковићевих цртежа бр. 1 и 33 у Теорији природне филозофије.

Зависно од растојања разматрана ситуација се понавља и код друге елипсе, око равнтежног положаја – Е", итд. Бошковић је, као и Њутн, сматрао да је интеракција ових тела централна и зависна од растојања, тј. да се векторски може изразити у облику:

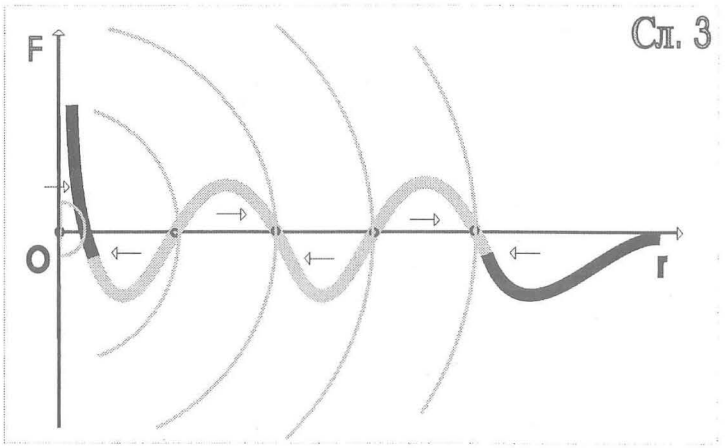
$$\vec{F} = \psi(r) \cdot \vec{r}_0 \qquad (6)$$

$\vec{r}_0$ – јединични вектор

Али, код Њутна је: $\psi(r)=const/r^2$ док Бошковић не прецизира скуп функција $\psi(r)$, већ показује да се он одговарајућим избором олинома P, Q n-тог степена по r^2, може изразити у блику (2) који описује криву, ако корени полинома $Q(r^2)=0$ нису реални.

Бошковићева крива $\psi(r)$ разликује се битно од Њутнове, управо по томе што у случају дејства два тела на треће тело води до дискретизације стабилних стања, или како закључује Жардецки (1941, стр.70):..."**ако важи Бошковићев закон сила у споменутом проблему појављује се дискретан низ кривих**, који је горе наведеном особином нарочито истакнут у **бескрајном низу свих могућих путања** и положаја равнотеже материјалне тачке." Овде морамо констатовати да **Бошковићев доследни логички континуитет нужно рађа дисконтинуитет стабилних стања** у системима честица, што су предвидели многи анализатори Бошковићевог дела.

Ипак, J.J.Томсон 1907.г. запажа корист од оваквог филозофског става и пише користећи Сл.3. за кружне путање:



Сл. 3

"Претпоставимо да јон посматрамо као Бошковићев атом, који централном силом делује на једну честицу, која се мења од одбојне до привлачне ... неколико пута између површине јона и тачке удаљење од ње до молекулских удаљености..." итд.

Тако је овај Бошковићев резултат на Бора извршио посредан утицај.

Како је у једном нашем раду, показана **општост решења које је дао Нилс Бор за квантовање**, сматрали смо потребним указати на овај, први резултат "квантовања"– дискретизације стања, уз то потекао 1758. г. од нашег човека, за којег с правом кажу (Gill, 1941) да је претеча модерних физичких теорија.

ЛИТЕРАТУРА:

Angelitch T.P.: 1962, ACTES du symposium international P.J.Бошковић 1961, Conseil des Acad. RFPY, Београд – Загреб – Љубљана, 151 – 156.

Бор Н.: 1985, Дијалектика, XX, 1 – 4, 12 – 14.

Bošković R.: 1763, *Theoria Philosophiae Naturalis*, Venetia / 1974, *Teorija prirodne filozofije,* Liber, Zagreb.

Бронштеин И.Н., Семендяев К.А.: 1967, *Справочник по математике*, Наука, Москва.

Dadić Ž: 1987, *Bošković,* Školska knjiga, Zagreb.

Gill H.V.: 1941, *Roger Boscovich, S.J.-Forerunner of Modern Physical Theoriaes*, Dublin.

Јовановић Б.: 1987, *ВАСИОНА*, **25,** Но. 2, 52-54.

Koruga Đ.: 1996, str. 245 – 263 u (Ed. D.Raković, Đ. Koruga): CONSCIOUSNESS – Scientific Challenge of the 21st Century, ECPD, Belgrade.

Кузнецова О.: 1985, *Атомистические концепции строения вещества в XIX веке,* Наука, Москва.

Матвеев А.Н.: 1981, Молекуларная физика, Висшая школа, Москва.

Martinović I.: 1987, str. 57-88 u (Ur. V. Pozaić): *Filozofija znanosti Ruđera Boškovića.,* Filozofsko-teološki institut DI, Zagreb.

Rinard P.: 1976, *Am. Journ. of Phys.,* **44,** No 7, 704-705.

Стојић М.Р.: 1996, Континуални системи аутоматског управљања, Наука, Београд.

Šlaus I.: 1987, str.89 – 102, u (Ur. V. Pozaić): *Filozofija znanosti Ruđera Boškovića.,* Filozofsko-teološki institut DI, Zagreb.

Thomson T.: 1918, A System of Chemistry, Philadelphia.

Tomić A.: 1991, *ANALI inst. za povijest znanosti HAZU,* Dubrovnik, **29,** 129-136.

Tomić A.: 2002, Publ. Astron. Obs. Belgrade, 72, 153 – 155.

Tomić A, Koruga Đ., 2002, Solar system determined by golden mean, Procc. XIII Nat. Conf. Astr. Belgrade, 4 - 6. Oct, 2002

Жардецки В.: 1941, *ГЛАС САН,* **185,** 67-82.

Whyte L.L.: 1961, p. 102-126, u (Ed. Whyte L.L.): *Roger Joseph Boscovich,* G..Allen / UNVIN, Лондон.

Милан Ћирковић

БОР, ЕВЕРЕТ И ШЕРЛОК ХОЛМС: ЗАГОНЕТНИ СЛУЧАЈ НЕСТАЛЕ КВАНТНЕ ТЕОРИЈЕ

– Е па, драги мој господине – рече Холмс – зар вам није јасно да случај задире дубље него што сте ви и полиција у први мах били склони помислити? Вама се случај учинио једноставним, мени пак изузетно замршеним. Размотримо мало вашу теорију... Питам вас: је ли таква теорија одржива?

сер Артур Конан Дојл, "Повратак Шерлока Холмса"

УВОД: ПОЗАДИНА ЗЛОЧИНА

На почетку XXI века можемо закључити да је у току неколико последњих деценија квантна механика уживала – у квалитету, ако можда не и квантитету – емпиријски успех једнак или већи од онога који је уживала класична њутновска физика током претходних неколико векова. Поред многобројних технички импресивних експеримената који су једногласно подржали сва квантномеханичка предвиђања, попут успостављања EPR корелација на раздаљинама од више километара (Tapster, Rarity & Owens 1994; Tittel et al. 1998), квантне интерференције великих молекула попут фулерена

C_{60} (Arndt et al. 1999) или одржавања квантне кохеренције у макроскопским феноменима (Friedman et al. 2000), многобројне техничке апликације квантне механике убрзано постају део свакодневног живота милијарди људи на планети. Још спекулативније и фантастичније могућности помаљају се на хоризонту, попут квантних рачунара или нанотехнологије (Milburn 1997), које се све заснивају на истим теоријским темељима.

Међутим, ова бриљантна прича о емпиријском успеху помало је помућена запаженим теоријским проблемима, понекад оправдано названим "интелектуалним скандалом" (Deutsch 1996). Ово се односи, наравно, на класични "проблем квантног мерења". Практични успех је био, са запањујуће великим публицитетом, коришћен да би се демонтирало оно што се може назвати "Шредингеровом темпираном бомбом", тј. озбиљност проблема мерења или "квантних скокова" или "редукције таласне функције", итд. исл. Наш став у овом чланку јесте да је ово демонтирање само реторички трик. Да би се овај трик разоткрио, неопходно је поновно размотрити значење неких од појмова најчешће коришћених у читавој причи.[1]

Стога ћемо овај проблем реформулисати у облику "случаја нестале квантне теорије": зашто – попут протагониста Поовог "Украденог писма" или Дојлове берилне дијадеме – превиђамо постојање више засебних квантних теорија које је *prima facie* очигледно? Зашто би требало да се у овом случају (насупрот читавој историји науке) задовољимо неупитаношћу која квантна теорија – од јасних и постојећих алтернатива – адекватно или тек боље од својих ривала описује физичке процесе и догађаје? Имали бисмо право на постављање тог питања и тражење таквог описа **чак и да у литератури не постоји ниједан понуђен одговор**! Стога делује неразумљиво зашто бисмо се уздржавали у актуелној ситуацији у којој постоји више добро разрађених и образложених ставова по овом питању.

[1] Недавно се, у поводу чланка Фукса и Переса (Fuchs & Peres 2000), поново распламсала дискусија око питања "да ли је квантној механици потребна интерпретација?" Сматрамо да је најбољи одговор на ово дао Карл Свозил у скорашњем чланку под индикативним насловом "Шта може бити практичније од добре интерпретације?" (Svozil 2002).

Конкретно, ми ћемо се сконцентрисати на статус Еверетове квантне теорије. Као што Тегмарк (1998а) наглашава, она је "преживела 25 година жестоких критика и повременог исмевања да би постала изазивач број један владајућој ортодоксији". Међутим, као што ћемо видети, сам Тегмарк је донекле двосмислен у погледу њеног епистемолошког статуса. Тако је, након што је дуго времена била "добро чувана тајна" међу квантним теоретичарима, Еверетова теорија је ушла у нову фазу порицања: пориче се да је у питању засебна квантна теорија и поставља се у статус "интерпретације" или "слике". Тој мистификацији доприноси и у енглеској литератури одомаћена скраћеница MWI (од *Many-Worlds Interpretation*, интерпретација мноштва светова), која садржи непрецизну и обмањујућу одредницу "интерпретација".

Међутим, исти пројекат демистификације се савршено добро може применити и на већину других ривала за исправно решење проблема квантног мерења. Посебно се то односи на теорије са динамичком редукцијом (Ghirardi, Rimini & Weber 1996; Penrose 1996; Дугић 1998) којима би уклањање постојеће конфузије можда и највише погодовало. Њихови експланаторни пројекти су, са часним изузецима (посебно студије Пенроуза), такође епистемолошки "страдали" као последица некритичког потискивања у статус "интерпретације".

На почетку ваља додати још једну ноту опреза. Пошто терминологија игра велику улогу у свим разматрањима основа квантне механике, погодно је одмах се изјаснити о

терминима који означавају различите теоријске конструкте. Користићемо термин "верзија" квантне теорије као **неутралан** у смислу да он не прејудицира методолошку пресуду, насупрот терминима "теорија", "слика" или "интерпретација". Верзије А и Б се могу испоставити као две различите теорије (то је оно што испитујемо), или се могу испоставити само као интерпретације или слике унутар једне исте теорије.

ИСТРАГА: ПОСТОЈИ ЛИ УИСТИНУ ИНТЕРПРЕТАЦИОНИ ПРОБЛЕМ?

Прилично је добро позната чињеница у епистемологији да интерпретациони пројекти (у науци уопште) још увек не поседују потпуно једнозначну и јасну дефиницију. Један од водећих стручњака у области интерпретације физичких теорија, Лоренс Склар, тако недавно пише (Sklar 2000):

> Испитивање спектра могућих потеза који се чине у интерпретацији фундаменталних теорија показује нам да се они грубо могу сврстати у одређени поредак. Почињемо са интерпретационим програмима који "остављају теорију на миру", у потпуности ограничавајући интерпретациони рад на филозофске коментаре постојећег научног рада. Затим прелазимо на оне интерпретационе програме који укључују "реконструкције" теорије са различитим степенима снаге. Минимално, може се само тражити различита аксиоматизација теорије. Радикалније, могу се тражити нове формализације теорије које мало подсећају на теорију у њеном ортодоксном руху. Размотримо затим оне интерпретационе програме који укључују озбиљне елиминативне поступке који задржавају само подскуп последица оригиналне теорије. Коначно, размислимо о најрадикалнијим од свих интерпретација, које укључују нове нивое онтологије и структуре, проглашавјући можда оригиналну теорију не-

> комплетном или, у неким случајевима, чак и нетачном у појединим од њених закључака.

Овде достижемо границу која је значајна у случају интересантном за нас. Склар закључује свој прегледни осврт следећом значајном поуком:

> Ова последња врста "интерпретације" једнака је, наравно, раду на потпуно "новој науци". Овде очигледно постоји континуални прелаз између онога о чему размишљамо као о интерпретацијама које укључују нове научне елементе последње наведене врсте и програма који, уместо тога, замењују теорију о којој се ради неком сасвим новом научном алтернативом. Колико далеко је потребно ићи у додавању теорији или одбацивању њених делова и њиховој замени истински новим научним сурогатима пре него што престанемо да говоримо о "интерпретирању" оригиналне теорије и уместо тога говоримо о њеној замени неком наизглед супериорном алтернативном теоријом? Сумњам да се може повући нека принципијелна линија између замене теорије и "само интерпретирања", али одсуство такве чврсте и брзе разлике нас не приморава да одбацимо тврђење да су свеукупно замењивање теорије и њиховог интерпретирања два различита научна програма са различитим мотивацијама и различитим процедурама.

Цитирали смо ово *in extenso*, пошто постоји неколико веома важних поука које се овде могу извући, пре него што се отиснемо у специфични домен квантномеханичких интерпретација и "интерпретација". Пре свега, запазимо очигледну разлику између теорија са колапсом (попут копенхагеншке) и теорија без колапса (попут Еверетове) у овом смислу: у првима имамо фон Најманов постулат о колапсу (пројекцији, редукцији таласне функције/пакета, итд.), али не и у

другима. Тако су њихове формализације свакако различите. Ово се посебно односи на квантне теорије са динамичком редукцијом попут GRW, којима је потребан не само аналогон постулата о колапсу, већ и вредности нових константи природе укључених у динамику колапса. Запазимо да је овде разлика много значајнија него у случају поређења Њутнове са Картановом (диференцијално-геометријском) класичном механиком; потоњи случај је свакако у домену интерпретационог подухвата.

Један значајан детаљ је хронолошке природе. Еверетов радикални потез који је обезбедио истински универзалну квантну теорију дошао је тек знатно касније у односу на оснивачке дискусије из 1930-тих година. Тако је наша перспектива донекле инверзна у односу на "регуларну" хронолошку везу између теорије и интерпретационих пројеката центрираних на њу. Ова инверзија је, без сумње, изазвала деформацију наших ставова о циљевима и дометима интерпретационих пројеката у овом конкретном случају. Конкретно, "замењивање" парадигме (о коме говори Склар) је овде неприменљиво; уместо тога, пре имамо својеврсно гранање (теорија, не светова!).

У скорашњем интересантним коментарима на рад Мајкла Локвуда (Michael Lockwood), један од најеминентнијих физичара данашњице, Дејвид Дојч (David Deutsch) изражава унеколико различите сентименте према интерпретационом програму у физици, а посебно у квантној механици (Deutsch 1996):

> Али заправо постоји само једна позната интерпретација квантне теорије. Не би се требало томе чудити. Заиста је сасвим изузетно у науци да постоји расправа око интерпретације неке теорије. Једини пример кога се могу сетити у савременој физици тиче се "поља спина два" као реинтерпретације опште теорије

> релативности (која укључује замену закривљености Ајнштајновог простор-времена пољем силе које производи гравитацију у равном простор-времену). Можемо се такође присетити креационистичке реинтерпретације фосилних налаза као исфабрикованих од стране Бога 4004. пре н. е. Уз ове расправе око различитих концепција стварности, понекад постоје и расправе између реалистичке теорије и неке инструменталистичке доктрине која пориче да теорија описује стварност. На пример, Инквизиција је у доба Галилеја дозвољавала заступање хелиоцентричке теорије ако се она посматрала само као начин да се предвиде астрономска посматрања, али не ако би се интерпретирала као фактографска теорија о томе где су и шта су планете, Сунце и Земља. Сличне инструменталистичке доктрине су се појављивале у квантној теорији. Оно што овакви ревизионистички ставови имају заједничко јесте губитак филозофске храбрости у ситуацијама у којима, како је Локвуд истакао, "нема конзервативних опција". То јест, оне нису толико *bona fide* различите онтологије које се боре за признавање, колико психолошки маневри чија је сврха да заслепе своје бранноце пред нечим што доживљавају као непријатно: кретањем Земље, закривљеношћу простор-времена, диносаурима или другим универзумима.

Дојч је, наравно, вероватно најистакнутији данашњи заступник онога што ћемо овде називати "теоријом мноштва светова" (у даљем тексту TMS) коју он назива **једином** квантном механиком. Иста аналогија квантне теорије/интерпретације са ситуацијом у астрономији око 1600. године била је цитирана од стране Бероуа и Типлера у њиховој добро познатој монографији о антропичким принципима (Barrow & Tipler 1986).

Размотримо сада ситуацију у општим терминима. Теорија А је различита о теорије Б ако је или

(I) тврдње теорије А предвиђају нове феномене, који не постоје у Б и који су подложни (макар само у принципу) емпиријској верификацији;

или

(II) формални делови ("математика") А и Б су различити.

За наше потребе у овом есеју, сматраћемо критеријуме **(I)** и **(II)** равноправним, мада смо у потпуности свесни да то није исправно у општем случају. Конфузија у вези примене ових критеријума за решавање загонетке квантног мерења влада не само међу физичарима, већ и међу филозофима науке, који би требало да знају боље. Тако аустралијски филозоф Хју Прајс (Price 2002) више пута назива GRW теорију "интерпретацијом" иако задовољава и **(I)** и **(II)**. Да GRW не задовољава критеријум **(II)** је прилично очигледно, пошто теорија предлаже додавање нелинеарних чланова шредингеровој једначини. Такође се чини јасним да би са вишим степеном технолошке софистикације требало да будемо у стању да експериментално детектујемо ефекте ове нелинеарности (cf. Weinberg 1989; Polchinski 1991), тако оправдавајући задовољавање **(I)**. Таквих примера има много у литератури. Понекад се ово оправдава модификацијом критеријума **(I)** тако да се он примењује на **садашњи** степен људских капацитета за емпиријску верификацију. Међутим, такав став је хипокритичан и наручава оне "коперниканске" принципе на којима почива савремена наука. Зашто бисмо веровали да наш садашњи ниво технолошког развоја и софистикованости одражава било шта друго до пролазни и ефемерни стадијум у нашој интеракцији са природном околином?

Покушајмо да испитамо детаљније овај супротни поглед на ствари, да бисмо демонстрирали његову инкохеренцију. По ком критеријуму би се замисливо могло тврдити да су копенхагеншка, Еверетова, GRW и остале само "интерпретације" исте темељне теорије? Једина замислива ствар је нешто попут:

(III) А и Б су различите уколико оне објашњавају различите скупове **посматраних** феномена.

По овом критеријуму, очигледно, Њутнова механика је различита од **било које** верзије квантне теорије, али Копенхаген, GRW и остало су и даље иста теорија у (по претпоставци) различитим интерпретацијама.

Међутим, готово је само-очигледно да је **(III)** епистемолошки безвредна тврдња. Разумевајући зашто би требало да одлучно одбацимо **(III)** је кључни део рада који треба да буде урађен у рашчишћавању "интелектуалног скандала" основа квантне механике. Пре свега, **(III)** је у суштини антропоцентрична претпоставка која повезује структуру света око нас са скупом **људских** посматрања на изразито инструменталистички, тј. анти-реалистички начин. У принципу, ми не сумњамо да је **њутновски свет** један добро дефинисан и кохерентан теоријски ентитет, са јасним границама. Његове границе биле су демонстриране, на пример, Мајкелсон-Морлијевим огледом. Зар не би било апсурдно тврдити да је пре ових експеримената њутновски свет био неразличив од било ког алтернативног теоријског конструкта, рецимо света релативности? И да је он изненада "ускочио" у постојање као засебна теорија тек као резултат тих експеримената? Међутим, та ситуација се сасвим уобичајено прихвата без много запитаности у доменту квантномеханичких теорија.[2]

Сем тога, инструменталистички критеријум **(III)** заправо ставља под сумњу математички опис физичког света.

[2] Међу часним изузецима се налази француски физичар и филозоф Ролан Омнес: "Биће речено да особина или тврдња има физичко значење када јој је могуће приписати истинитосну вредност, бар у принципу. Ово значи да се може замислити, бар у принципу, експериментални уређај којим ће се проверити да ли је поменута особина присутна или не. Очигледно, ова дефиниција у пракси покрива само особине које изражавају феномен или могуће резултате замисливог експеримента, иако остаје да се утврди шта значи 'у принципу' или 'замислив'." (Omnès 1994, p. 365)

Ако верујемо, заједно са Ајнштајном и Вигнером и многим другим истакнутим физичарима у "неразумљиву ефективност" математике у описивању физичких феномена, и ако желимо да избегнемо закључак да је то чиста случајност, то нас наводи на веровање да бар неке математичке структуре постоје у реалности (Tegmark 1998б). Али, ако нека структура $\Im$ физички постоји и користи се за описивање феномена А, очигледно је да не можемо прихватити било који опис истог феномена А базираног на другачијој структури, рецимо $\wp$ која није изоморфна са $\Im$. Другим речима, ако преферирамо "екстерни опис" реалности (cf. Tegmark 1998a), ми нужно призивамо критеријум **(II)** као истинског судију у дискриминацији различитих теоријских конструката у физици.

Успут, сам Еверет изгледа да није имао оваквих методолошких сумњи у погледу статуса идеја које је предложио у свом славном раду из 1957. године: "Нова теорија није заснована... Промењена теорија тако стиче сасвим нови карактер..." (стр. 454, подвукао садашњи аутор).

СУЂЕЊЕ: ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ДИСКРИМИНАЦИЈА

Постоји више експеримената или мисаоних експеримената који су предложени да би се дискриминисало међу теоријама са и без колапса. Нажалост, овај аспект литературе о квантној механици веома је слабо познат, чак и међу физичарима чија су централна интересовања везана за квантну механику. Стога ћемо овде учинити кратак преглед ових предлога, ризикујући да краткоћом описа од неких направимо карикатуру. Размотрићемо само могућност дискриминације између најједноставнијих верзија теорија са и без колапса, занемарујући могућности "вишег реда", попут оних у нелинеарним теоријама (нпр. Weinberg 1989; Polchinski 1991).

1. Квантно самоубиство и квантни геноцид

Вероватно најшокантнији и најконтроверзнији мисаони (?) експеримент сугерисан за дискриминацију између квантних теорија је квантно самоубиство (или квантни руски рулет). Овај *Gedankenexperiment* се први пут појавио у научној формулацији у делу нажалост покојног британског физичара Јуена Сквајерса (Squires 1986), иако му је научнофантастична прича Џона Грибина (Gribbin) претходила за око годину дана (више о историјској позадини ове занимљиве идеје видети у Ћирковић 2004). Касније је идеја била детаљно елаборирана у чланку Макса Тегмарка (Tegmark 1998a). Укратко, она се састоји у следећем.

Нека Хју, експериментални физичар, припреми једноставно кохерентно стање, рецимо, z-пројекције спина фермиона:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle\right) \qquad (1)$$

било која друга квантна суперпозиција била би довољно добра). Уређај за мерење спина је повезан са револвером на такав начин да, када Хју или ма ко други повуче окидач, врши се мерење спина. Измерено сопствено стање $|\downarrow\rangle$ ће резултовати у опаљивању револвера ("БУУУМ!"), док ће измерено стање $|\uparrow\rangle$ произвести недужни "клик". Једна важна околност јесте да је трајање мерења (укључујући време реакције револвера) кратко у поређењу са било којом временском скалом која карактерише људску перцепцију. Ако је револвер уперен у било коју мету која није сам Хју, рецимо врећу са песком, Хју очекује да чује наизглед случајан низ исхода сваког индивидуалног мерења: или "БУМ" или "клик" са вероватноћом истом као код бацања новчића. Ако претпоставимо да се експеримент изводи у серији од n узастопних мере-

ња (= повлачења окидача), вероватноћа постизања неке појединачне комбинације "БУМОВА" и "кликова" дата је најједноставнијом бином расподелом. Конкретно, вероватноћа да се n пута чује "клик" и да револвер не опали је $p_{n\uparrow} = 0{,}5^n$. Нема никакве опсервиране – или уопште опсервабилне – разлике између квантних теорија са и без колапса у овој тачки.

(Метафизички говорећи, наш експериментатор Хју је свестан да је потпуни опис ситуације свакако различит у ова два случаја. Конкретно, у опису TMS, и "клик" и "БУМ" би били реализовани при сваком окидању, пошто се ради о две компоненте нераздвојиве и неуништиве суперпозиције. Међутим, он ће субјективно примећивати само једну од њих због брзе енвиронменталне декохеренције. Временска скала за декохеренцију је, чак и за веома добро изоловане фермионске спинове, још увек много редова величине краћа од временске скале људске перцепције.)

Али сада Хју одлучује – можда на наговор неких угледних квантних теоретичара – да упери револвер себи у главу. Стање читавог система, након првог повлачења окидача, сада је еволуирало из стања (1) у, симболично, стање

$$\hat{U}|\psi\rangle\otimes|\text{експериментатор}\rangle = \hat{U}\frac{1}{\sqrt{2}}\left(\,|\uparrow\rangle+|\downarrow\rangle\,\right)\otimes|\text{експериментатор}\rangle =$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\,|\uparrow\rangle\otimes|\text{"клик"}\rangle+|\downarrow\rangle\otimes|\text{мртав}\rangle\right). \qquad (2)$$

Очигледно је да никаква вероватноћа (објективна или не) нема смисла за Хјуа у његовом стању $|\text{мртав}\rangle$. Пошто имамо тачно једног посматрача пре и после мерења, и пошто се декохеренција компоненти таласне функције [два члана у загради у (2)] одиграва много брже него што наш експериментатор може запазити, могли бисмо бити сигурни

да ће он опсервирати спин "навише" и **стога** чути безопасни "клик". И то би се могло поновити произвољан број пута! Запазимо да би само физички реалан колапс – као у ортодоксној копенхагеншкој квантној теорији или у теоријама са динамичком редукцијом – могао бити погубан са Хјуове тачке гледишта. Пошто у TMS до овога не долази, већ имамо само брзу декохеренцију грана таласне функције, Хју ће се наћи у чудној ситуацији у којој је за њега немогуће да се убије, иако је револвер потпуно функционалан и напуњен! Ово је различито од "спољнег" посматрача, рецимо асистента у лабораторији, који ће након највише неколико понављања видети крвави чин самоубиства свог колеге! (Пошто ће се наћи у једној од декохерираних грана универзалне таласне функције где је **могуће** опсервирати спин "наниже".)

Ово је, дакле, "квантно самоубиство", о коме је Сквајерс писао:

> Вероватно је поштено рећи да нешто од нелагодности коју многи од нас осећају у вези са Еверетовом интерпретацијом долази из веровања, којег се држимо без доказа, да ће наша будућност бити јединствена. Оно што ћу ја бити у неком доцнијем времену може не бити предодређено или израчунљиво (чак и ако би почетна информација била потпуно доступна), али ћу бар ја бити увек један "ја". Интерпретација мноштва светова ово пориче. Као пример који илуструје овај недостатак јединствености (неки би пре рекли који показује како је читава идеја блесава) могли бисмо се вратити експерименту [са два прореза] и претпоставити да је уз десни прорез постављен детектор повезан са пиштољем који опаљује и убија ме уколико детектује честицу. Тада би, након што је експеримент извршен са једном честицом, таласна функција садржала део уи коме сам жив и део у коме сам мртав. Једно "ја" би свакако било живо, тако да имамо неку врсту руског рулета, у коме се заиста не може

> изгубити! Заиста, сви процеси "старења" и "пропадања" су по претпоставци квантномеханичке природе, те увек постоји мали део таласне функције у коме со њих не долази. Тако, да будемо сасвим маштовити, бесмртност је загарантована – *ја* ћу увек бити жив у једином делу таласне функције кога сам *ја* свестан!

Наравно, различите варијанте ове чудне експерименталне поставке су могуће. Посебно бизарна верзија је Моравецов (1988) "квантни геноцид", тј. колективно квантно самоубиство. Замислимо уређај (који би се као одговарајући hommage Стенлију Кјубрику и његовом *Др Стрејнџлаву*, могао назвати машином судњег дана) који је у стању да у наносекунди разнесе у парампарчад читаву планету, убијајући сва жива бића на њој. Он би се могао налазити у квантној суперпозицији аналогној са (1), те би за његовог евентуалног (сулудог?) оператора важило потпуно исто расуђивање као и за Хјуа. Да ли треба да закључимо да би, према томе, поигравање са судбином планете било потпуно безопасно, пошто бисмо се субјективно увек нашли у "безбедној" грани универзалне таласне функције?! Ово је додатно интересантно, пошто би се могло тврдити да је дотично расуђивање недавно добило (сасвим сигурно нехотице) чвршћу основу у виду различитих "процена ризика" за експерименте у физици високих енергија (Crone & Sher 1991; Dar, De Rujula & Heinz 1999; Jaffe et al. 2000; Kent 2001).

Сада, као што је Сквајерс одмах запазио, ово има очигледно бизарне последице, попут наводне "квантне бесмртности". Да ли оне представљају *reductio ad absurdum* кохеренције описане експерименталне поставке и тиме, пошто ниједан фундаментални проблем није видљив у самој поставци, *reductio* и самих теорија без колапса? По нашем мишљењу то није тако; иако је ова тема ван оквира садашњег разматрања, могло би се ставити неколико примедби. Кван-

тно самоубиство како је овде скицирано и изложено у Тегмарк (1998a) зависи од нашег разумевања проблема дух-тело, централног питања у филозофији ума и когнитивним наукама. Овај проблем је веома далеко од тога да буде решен; насупрот, ситуација изгледа знатно безнадежнија него што су чак и песимисти сматрали (нпр. Van Gelder 1998).

Уз то, остаје дубоко и тешко епистемолошко питање да ли овај "знам-али-не-могу-казати" тип експеримента може да дискриминише међу различитим теоријама. Могу се чути и супротна мишљења, базирана на тврдњи да питање "шта ћете опазити" није добро дефинисано у квантномеханичком контексту (проф. Кен Олум, приватна комуникација). Проблем идентитета ствари и личности у овом контексту такође је веома озбиљан (нпр. Tappenden 2000). Не можемо овде улазити у та разматрања.

2. Плаћина капија

Ако би легитимност квантног самоубиства била универзално прихваћена, чак и као мисаони експеримент, наш случај би био решен: Еверетова TMS би се показала као независна квантна теорија (или **једина** квантна теорија, ако следимо Дојча). Даља расправа овог питања била би сасвим излишна. Међутим, ово није стварно случај, у светлу епистемолошких сумњи на које смо горе алудирали. Тако, дањи могући дискриминатори се траже. Ми ћемо размотрити неколико других мисаоних експеримената који би могли понудити решење, посебно оне Плаге (Plaga 1997, 2000) и Дојча (Deutsch 1985, 1986).

У првом случају, Плага уводи "стање капије" између два хипотетична света која се креирају као исход мерења конвенционалне поларизације фотона. Капија је микроскопски део апарата који је довољно изолован, тако да је његова временска скала декохеренције довољно дугачка и тако он "види" глобалну суперпозицију довољно дуго да би она могла

да утиче на њега. У детаљном техничком осврту, Плага сугерише да се довољно изоловани јонови у електромагнетним "замкама" могу користити као индикатори таквих утицаја, ако би експериментална поставка била довољно ингениозна и инструкције дате експериментаторима обављене са довољном прецизношћу. Изолација је овде кључна: ортогоналност две гране таласне функције важи само под претпоставком да апарат за мерење остаје "сплетен" (енгл. *entagled*) са околином. Ово је еквивалентно тврђењу да би довољно брзо мерење на систему са релативно дугачким временом декохеренције могло да детектује њихову интерференцију.

3. Попер-Плагин оглед са фотонима

У скорашњем чланку Плага (2000) се вратио теми дискриминације међу различитим квантним теоријама, мотивисан старим предлогом сер Карла Попера за експеримент који би тестирао (једнозначно) копенхагеншку верзију квантне механике. Тврдња – која лежи у темељима копенхагеншке теорије – која се тестира јесте славни став да таласна функција не одговара ничему у стварности, већ само максималном знању које посматрачи могу имати о систему. Укратко, идеја је да се употреби необичан облик двофотонске интерференције (са "виртуалним прорезом") да би се показало да промена у нашем знању о честици, према копенхагеншкој теорији, може мерљиво утицати на унитарну еволуцију друге честице, сплетене са првом. Овај дубоко неинтуитивни резултат би потврдио копенхагеншко предвиђање, а уколико би одсуствовао, посведочио би о независности таласне функције од нашег знања (у оригиналној верзији, Попер га је формулисао као нарушење принципа неодређености). Међутим, као што је више аутора које Плага наводи и раније запазило, Поперов експеримент је вишеструко проблематичан. Али – и овде лежи тежиште Плагине дискусије – он се

може модификовати на концептуално једноставан (иако нажалост технички прилично тежак) начин да би остварио сличан задатак: дискриминацију између копенхагеншке ортодоксије и било које реалистичне теорије, попут Еверетове.

Плага ово разјашњава у два корака, надограђујући на експеримент Кима и Шија (Kim & Shih 1999), које назива "допуна 1" и "допуна 2". Док је "допуна 1" релативно једноставна и практично изводљива, "допуна 2" је веома тешка и захтева висок степен изолованости детекторског система, што је експериментално још увек неизводљиво. Код "допуне 1", предвиђања копенхагеншке теорије и MTS су идентична, пошто ће свака декохерирајућа грана универзалне таласне функције код MTS успешно "имитирати" копенхагеншку неодређеност. Интересантно је да експеримент са "допуном 1" показује тако неинтуитивност **обе** квантне теорије; евентуални супротан резултат био би поразан и за Борову и за Еверетову теорију. Плага се овде слаже са другим теоретичарима који очекују такву неинтуитивност. "Допуна 2" је знатно радикалнија и има сличности са Плагиним првим експериментом ("капијом"), пошто захтева продужење времена декохеренције кроз изолованост система. Како Плага закључује, "пошто су... обе интерпретације [сиц!] данас логички одрживе, није могуће предвидети резултат експеримента извршеног на овај начин."

4. Дојчов рекохерирани посматрач

Вероватно најсофистицираније и потенцијално одлучујући експеримент који циља на тестирање да ли се колапс таласне функције истински одиграва био је предложен у uticajnom чланку Дејвида Дојча (Deutsch 1985; види такође Deutsch 1986, 2000). У Дојчовом *Gedankenexperiment*-у, након што две историје декохерирају на уобичајен начин, оне се *ре-кохерирају* погодном и ингениозном манипулацијом релевантних Хамилтонијана у времену након мерења. Дојчовим

сопственим речима, коначни резултат целог експеримента је аномални недостатак корелација (ако је Еверет у праву и нема колапса): "Феномен интерференције који види наш посматрач на крају експеримента захтева присуство обе спинске вредности, иако се он тачно сећа да је у неком претходном тренутку знао да је само једна од њих присутна." (Deutsch 1985, стр. 37) Разлика између ова два примера је у томе да, док Плагин експеримент разматра непосредне корелације две гране таласне функције у току и одмах након мерења, Дојчов оглед се бави корелацијама које се појављују након произвољно дугачког временског интервала. Цена која се плаћа за ову предност је "тек" неопходност поседовања оперативног квантног компјутера способног да симулира интелигенцију људског нивоа.[3] Ово је неопходно пошто морамо бити сигурни да је посматрач **извршио** опсервирање и оставио довољне записе о томе, као и бити способни да мењамо Хамилтонијан интеракције мерења. Тако, Дојчов експеримент припада не-тако-блиској будућности што се тиче технологије, али он је концептуално од огромног значаја, пошто показује **принципијелно показиву** разлику између квантних теорија са и без колапса.

[3] Што се тиче теорија без колапса, природа компјутера је заправо ирелевантна, пошто оне претпостављају да је квантна механика "универзална теорија" (сам наслов Дојчовог чланка!) и стога је **било** који компјутер који ради већ део квантног света. Ако се држимо нешто опрезнијег епистемолошког става, треба нагласити да посматрач у овом мисаоном експерименту мора да буде квантне природе **и** да је Хамилтонијан који описује његову/њену "само-интеракцију" познат. У принципу, напредак биофизике и неурофизиологије могао би довести до потпуног познавања микроскопских процеса унутар биолошког посматрача (попут људског мозга), као и развоја релевантних технологија којима би се могле увести неопходне промене у унутрашњи Хамилтонијан. (Међу другим особинама, овај мисаони експеримент тако јасно демонстрира онтолошки реализам инхерентан у Еверетовој TMS.) Међутим, изгледа реалистичније да ће се овај степен знања и манипулативних моћи остварити код вештачки створених квантних компјутера.

Поред велике временске маргине, Дојчов оглед има и неке друге предности. Он није "субјективан" у смислу квантног самоубиства, нити се ослања на контроверзне пробабилистичке претпоставке, као што ћемо видети да је случај код квантно-космолошких тестова (§3.6. доле). Нажалост, он остаје веома удаљен од нас у техничком смислу. Али, то је од мањег значаја за садашњу дискусију, што следи из нашег одбијања критеријума **(III)** горе. Важна ствар јесте да још увек нема **принципијелног контрааргумента** за потенцијалну дискриминаторну снагу Дојчовог огледа.

5. Квантна гравитација и TMS

Пејџ и Гајлкер су спекулисали да би будућа коректна теорија квантне гравитације требало да зависи од коректног описа квантног мерења, и да би ово могло довести до опсервабилних макроскопских последица (Page & Geilker 1981). Они затим описују тест који су извели са једноставним експериментом користећи различите просторне конфигурације гравитирајућих тела (оловних кугли), о којима се одлука доносила квантномеханичким процесом (радиоактивним распадом у конкретном случају). У огледу се тражила интерференција "других светова", тј. различитих макроскопских конфигурација маса. Оглед је дао негативне резултате.

Историјски, ово је био први случај предложене опсервабилне дискрепанције између ортодоксне квантне теорије и теорија без колапса. Он је привукао извесну пажњу када се појавио, ако је судити по прилично жустрим коментарима Бруса Хокинса и Леслија Балентајна објављеним у *Physical Review Letters*, заједно са Пејџовим одговором (Hawkins 1982; Ballentine 1982; Page 1982a, b). Хокинс је, рецимо, тврдио да је то "најмање изненађујући експериментални резултат икада објављен". Контроверзу је критички размотрио Витакер, неколико година доцније (Whitaker 1985).

Размотримо на тренутак методолошку структуру Пејџ-Гајлкеровог предлога. чак и када не бисмо ништа знали о детаљима будуће квантне теорије гравитације, принцип коресподенције би нам рекао да ће у лимиту ниских енергија класичне једначине опште релативности, према којима је тензор енергије-импулса извор гравитационог поља, добро описивати емпиријски доступне феномене. Тако, очекујемо да у семикласичном лимиту важи нешто попут:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi\langle T_{\mu\nu}\rangle \qquad (3)$$

(нпр. Rosenfeld 1963). Сада, кључни проблем овде јесте **интерпретација процедуре усредњавања** тензора енергије-импулса $T_{\mu\nu}$ у једначини (3). Пејџ и Гајлкер интерпретирају усредњавање као усредњавање над гранама универзалне таласне функције (или бар оним блиским историјама које одговарају интеракцијама које се одигравају унутар времена декохеренције њихове апаратуре), и ту лежи њихова суштинска погрешка. Као што је показао Витакер (Whitaker 1985), у свим различитим читањима која се могу приписати Еверетовој позицији (што је сасвим засебно питање у које овде не можемо улазити), овај експеримент је осуђен на негативни резултат. Витакеровој одличној дискусији би се могло само додати да би ситуација била другачија да је временска скала мерења Пејџа и Гајлкера била краћа од временске скале за декохеренцију њихове апаратуре (видети §3.2. горе).

6. Квантна космологија Пејџа и Бострома

Коначно, размотрићемо једну потпуно различиту врсту дискриминације између ривалских ставова која није заснована ни на једном експерименту, мисаоном или другом. Уместо тога, она користи примену различитих квантних теорија у квантној космологији, да би проценила њихову вероватноћу а постериори, поседујући неку конкретну емпиријску ин-

формацију о универзуму. Овај приступ иницирао је Дон Пејџ (Page 1999), а недавно га је разматрао и Ник Бостром (Bostrom 2002).

Пре него што пређемо на излагање самог квантно-космолошког "теста", интересантно је поменути да Пејџ укратко разматра Дојчов аргумент у прилог дискриминације међу теоријама са колапсом и оних без колапса као алтернативу квантно-космолошком расуђивању. Док исправно запажа да је општа тврдња о немогућности прављења посматрачке разлике међу две класе теорија неоснована, Пејџ ипак сматра да

> у процесима са фиксираним посматрачима који се сећају својих посматрања, изгледа да је тачно да у општем случају нема разлике које појединачнио посматрач може направити између квантних теорија са једном историјом и са више историја које су иначе идентичне. Ово је због тога што је мера сваког посматрања у теорији са мноштвом историја пропорционална вероватноћи тог посматрања у одговарајућој теорији са једном историјом. Овај резултат зависи од недостатка интерференције између "светова" у којима се врше различита посматрања, што је обезбеђено ако су меморијски записи различитих посматрања ортогонални.

Овај параграф садржи дубоке и значајне – мада не у потпуности тачне, као што смо видели – идеје о могућим решењима емпиријског статуса теорија без колапса. У суштини, Пејџ овде критикује "суицидалне" и Плагине експерименте описане горе. Уместо тога, он предлаже бајесовски облик тестирања теорија без колапса ("много историја") против теорија са колапсом ("једна историја") заснован на особинама универзалне таласне функције.

Претпоставимо да неки вредни квантни космолог открије да је у одређеној епохи у раној историји универзума универзална таласна функција имала само две компоненте у суперпозицији:

$$|\psi\rangle = C_1|\psi_A\rangle + C_2|\psi_B\rangle \qquad (4)$$

где $|\psi_A\rangle$ представља претечу "света А" са амплитудом таквом да је $\|C_1\|^2 = 10^{-9}$, док $|\psi_B\rangle$ еволуира у "свет Б" са вероватноћом $\|C_2\|^2 = 1 - 10^{-9}$. Претпоставимо, даље, да нас истраживање особина вектора стања у ова два случаја доводи до закључка да су ови светови карактерисани у погледу услова за постојање (интелигентних) посматрача на следећи начин:

Свет А: нема посматрача;
Свет Б: постоје неки посматрачи.

Здрав разум указује да у овом моделу-играчки имамо очигледне разлоге да одбацимо квантне теорије са колапсом, пошто опсервирамо постојање посматрача – наиме нас самих – у универзуму, што је по овим теоријама јако мало вероватно. Ово расуђивање може се уопштити на случај произвољног броја не-празних (са становишта посматрача) светова. Уз то, расподела посматрача по свету може варирати; на пример, могли бисмо имати ситуацију са истом суперпозицијом (4), али

Свет А: 10^{10} посматрача;
Свет Б: 10^{30} посматрача.

Тада је неопходно применити Бајесову формулу да бисмо одредили *a posteriori* вероватноћу да су теорије без колапса исправне. Вероватноћа да живимо у Свету Б је тада дата са

$$P = \frac{10^{30} \cdot 10^{-9}}{10^{30} \cdot 10^{-9} + 10^{10}(1 - 10^{-9})} \approx 1. \qquad (5)$$

Претпоставимо да смо раније били у потпуној неизвесности у погледу питања да ли су исправне теорије са или без колапса; другим речима, могли смо приписати априорну вероватноћу од 50% да су квантне теорије без колапса коректан опис стварности. Да ли нам резултат у (5) помаже да ажурирамо ову вероватноћу и примакнемо се решењу? Ово је суптилан момент; одговор на ово питање је потврдан уколико прихватимо још један додатни елемент, наиме пробабилистичку претпоставку сличну оној коју користи Бостром (2001, 2002):

Претпоставка само-узорковања (енгл. *Self-Sampling Assumption*): сваки посматрач треба да расуђује као да је случајан узорак извучен из скупа свих посматрача.

[Ово делује као природно уопштавање нашег коперниканског искуства; за детаљну расправу неких не-тако-природних последица ове претпоставке видети скорашњи рад Олума (Olum 2002), као и поменуте Бостромове студије.] Тада, узимајући у обзир све речено, можемо закључити да имамо врхунски добре разлоге да одбацимо теорије са колапсом, које додељују вероватноћу од тек 10^{-9} ономе што перципирамо као надмоћно реалистичан опис (то јест, да се налазимо у Свету Б).[4]

[4] Не треба посебно напомињати да би исти случај био и када почетне вероватноће за две категорије теорија не би биле 50:50, већ, на пример 90:10 или чак 99:1 у процентима у прилог теорија са колапсом. Довољно је да разлика у *a priori* шансама не буде много редова величине.

Могло би се испоставити као веома тешко практично утврдити "временски интегрисани" број посматрача. На пример, чак и класично ненастањиви универзуми, попут оних сачињених само од црних рупа са широким спектром маса, могли би заправо садржати бесконачан број посматрача. Тополошки отворени и вечно ширећи свемири који би садржали само црне рупе садржали би бесконачан број црних рупа, и ако су Хокингове идеје о случајној природи зрачења испаравања црних рупа коректне, тада можемо очекивати да ће се неки интелигентни посматрачи формирати и из Хокинговог зрачења. Ови ће онда бити формирани без било каквих предуслова настањивости, и стога ће бити независни од било каквих статистичких разматрања настањивости различитих грана универзалне таласне функције ("светова"). Међутим, као што је Бостром (2002) показао, ови (у његовој терминологији) "*freak* посматрачи" не могу смислено утицати на примену бајесовског расуђивања на великој скали. Сем тога, није потребно интегрисати број посматрача у читавој грани таласне функције ("читавом свемиру"), већ само у једном истом смислено дефинисаном делу света, рецимо унутар космолошког хоризонта.

Као што Бостром (2002) закључује, а што је сасвим применљиво на читаву тему нашег истраживања:

> ...што се тиче нашег пројекта, важна ствар јесте да наша методологија буде у стању да учини ову врсту разматрања интелигибилном и смислено, без обзира да ли у овом тренутку имамо довољно података да је применимо у пракси, или не.

Ово је управо оно о чему је читав овај "загонетни случај": на крају крајева, уколико желимо да будемо уски верификационисти, тада је **било** која врста разговора која иде ван најједноставније копенхагеншке слике само губљење

времена. То се са једнаком снагом односи на Бома, GRW или Пенроуза, као и на Еверета: проблем квантног мерења јесте **загонетка** управо зато што му недостаје чисто емпиријско решење.[5] Отуда његова привлачност и лепота.

4. ЗАКЉУЧАК: ТЕОРИЈЕ, ИЗГУБЉЕНЕ И НАЂЕНЕ

Можемо закључити да је ревизија уобичајене терминологије неопходна уколико желимо да избегнемо замку "интелектуалног скандала" о коме говори Дојч. Скраћеница MWI би свакако требало да буде промењена у MWT (*Many-Worlds Theory*) – наравно, ако се сложимо око физичког садржаја ове теорије, тј. да ли је то Еверет-Дојчова верзија, "много умова" или нека друга верзија – ако ништа друго, а оно да рашчистимо збрку и забуну која се појављује јако често у погледу стварних питања. читав корпус могућих емпиријских дискриминација између ове (и сродних теорија без колапса) и стандардне копенхагеншке квантне механике (као **не**-универзалне физичке теорије) и других теорија са колапсом је порастао довољно да не буде више игнорисан.

Једно питање које заслужује даље истраживање свакако је даља, финија дискриминација између Еверет-Дојчове TMS и сродних теорија – попут "мноштва умова" Алберта и Левера (Albert & Loewer 1988), као и Локвуда (Lockwood 1989) или модалне интерпретације Хилија и Дикса (Healey 1989; Dieks 1991) – које такође постулирају универзалну ваљаност Шредингерове једначине. Признајући важност овог питања, не можемо улазити дубље у то разматрање у овом тренутку.

[5] Али ми га и даље можемо учинити "интелигибилним и смисленим". Такође, треба поменути да се и Боров појам "комплементарности" такође налази далеко ван верификационистичког хоризонта.

Коначно, усудићемо се да се упустимо у пар спекулација око порекла семантичке конфузије по овом питању.[6] Део залеђа долази у виду свеприсутне инерције етаблиране мисли; пре свега неколико година један истакнути теоретичар је писао да "они који остају привржени [TMS] обично имају нестандардне погледе на природу научних теорија" (Kent 1990; предговор WWW издању из 1997). Поред живописне паралеле коју призива Тегмарк (1998a) у вези са Галилејем који је свакако "имао нестандардне погледе" на тада владајуће теорије планетарних кретања (а може се смислити и велики број других сличних паралела, при чему је по нашем мишљењу посебно илустративна она о Ајнштајну као носиоцу екстремно нестандардних схватања о природи простора и времена и одговарајућих теорија), дубље је питање раширености свести о правој природи научних теорија. Као што смо видели у овом разматрању, питање које је већ довољно компликовано у случају Њутнове механике (о чему сведоче многобројне дебате и контроверзе које окружују појам "апсолутног простора", на пример), постало је исувише замршено када се стигло до квантних феномена. Вероватно да ту има и нечег од ширег културног залеђа и људских особина које су биле потиснуте током периода потпуне доминације њутновске механицистичке парадигме. Тако је квантна механика постала једна врста вентила за различите манифестације антиреализма већ присутне у савременој култури (нпр. Goldstein 1996; Holton 2000).

Сем тога, изгледа да су спектакуларни експериментални и технолошки успеси квантномеханичког формализма за-

[6] Тако Дојч пише (Deutsch 2000): "Морам признати да сам збуњен пред тим социолошким феноменом, феноменом спорости са којом се интерпретација мноштва светова прихвата кроз године... Али зашто је било потребно толико дуго, зашто постоји такав отпор, и зашто људи имају тако снажна осећања по овом питању, не могу у потпуности да разумем."

слепили бар неке теоретичаре у погледу природе експланаторног задатка који преостаје у њиховом домену. Ово уопште није нова појава у историји науке. На крају, иако је Њутнова механика била развијена у Европи у XVII веку од стране Галилеја и Њутна, њене практичне и технолошке последице биле су познате већ вековима, ако не и миленијумима, у различитим деловима света; понегде, као у античкој и средњевековној Кини или хеленистичком Египту, ове технолошке апликације су досегле ниво софистикованости непознат у Европи још извесно време **након** Њутнове револуције! На исти начин, прецизност астрономских предвиђања ("емпиријски" аспект астрономије) била је веома висока и пре него што су Коперник и Кеплер понудили теоријску позадину ових феномена. Тако, незадовољавајуће стање ствари у фундаменталној квантној **теорији** није изолован или изузетан случај у историји науке. Треба очекивати, међутим, да ће ови фундаментални проблеми остати са нама, без обзира колико "практично оријентисани" људи затварали очи пред њима.[7]

[7] Аутор користи прилику да се захвали проф. Петру Грујићу на његовој свесрдној подршци и охрабрењу током свих стадијума рада на овом пројекту. Дискусије о овим питањима са Кеном Олумом, Ником Бостромом, Машаном Богдановским и Полом Тапенденом су значајно допринеле квалитету рукописа. Један део рада на овом пројекту остварен је током неколико боравака у Истраживачкој станици Петница, којој се аутор овом приликом такође искрено захваљује.

ЛИТЕРАТУРА

Albert D. & Loewer, B. 1988, *Synthese* **77**, 195.

Arndt, M., Nairz, O., Vos-Andreae, J., Keller, C., van der Zouw, G. & Zeilinger, A. 1999, *Nature* **401**, 680.

Ballentine, L. E. 1982, *Physical Review Letters* **48**, 522.

Bostrom, N. 2001, *Synthese* **127**, 359.

Bostrom, N. 2002, *Anthropic Bias: Observation Selection Effects* (Routledge, New York).

Cordero, A. 2001, *Philosophy of Science (Proceedings)* **68**, S301.

Crone, M. M. & Sher, M. 1991, *American Journal of Physics* **59**, 25.

Ћирковић, М. М. 2004, "Suicide Is Painless: Self-Referential Quantum Measurement Revisited", у припреми.

Dar, A., De Rújula, A. & Heinz, U. 1999, *Physics Letters B* **470**, 142 (preprint hep-ph/9910471).

Deutsch, D. 1985, *International Journal of the Theoretical Physics* **24**, 1.

Deutsch, D. 1996, *British Journal for the Philosophy of Science* **47**, 222.

Deutsch, D. 2000, intervju u *Philosophy Now*, vol. **30**, December 2000.

Dieks, D. 1991, *Synthese* **86**, 77.

Дугић, М. 1998, "Many Time Interpretation of the Quantum Measurement Process", preprint quant-ph/9810029.

Everett, H. III 1957, *Reviews of Modern Physics* **29**, 454.

Friedman, J. R., Patel, V., Chen, W., Tolpygo, S. K. & Lukens, J. E. 2000, *Nature* **406**, 43.

Fuchs, C. A. & Peres, A. 2000, *Physics Today* **53**, 70.

Ghirardi, G. C., Rimini, A. & Weber, T. 1986, *Physical Review D* **34**, 470.

Goldstein, S. 1996, "Quantum Philosophy: The Flight from Reason in Science", lanl preprint quant-ph/9601007.

Hawkins, B. 1982, *Physical Review Letters* **48**, 520.

Healey, R. 1989, *The Philosophy of Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, New York).

Holton, G. J. 2000, *Journal of the History of Ideas* **61**, 327.

Jaffe, R. L. et al. 2000, *Review of Modern Physics* **72**, 1125.

Kent, A. 1990, *International Journal of Modern Physics A* **5**, 1745 (предговор додат WWW верзији на gr-qc/9703089).

Kent, A. 2002, "A critical look at catastrophe risk assessments", *preprint hep-ph/0009204 (CERN-TH/2000-029).*

Kim, Y. & Shih, Y. 1999, *Foundations of Physics* **29**, 1849.

Laloë, F. 2001, *American Journal of Physics* **69**, 655.

Lockwood, M. 1989, *Mind, Brain and the Quantum* (Basil Blackwell, Oxford).

Moravec, H. P. 1988, *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence* (Harvard University Press, Cambridge).

Milburn, G. J. 1997 *Schrodinger Machines: The Quantum Technology Reshaping Everyday Life* (W. H. Freeman & Co., New York).

Olum, K. D. 2002, *The Philosophical Quarterly*, **52**, 164.

Omnès, R. 1994, *The Interpretation of Quantum Mechanics* (Princeton University Press, Princeton).

Page, D. N. 1982a, *Physical Review Letters* **48**, 521.

Page, D. N. 1982b, *Physical Review Letters* **48**, 523.

Page, D. 1999 "Can quantum cosmology give observational consequences of many-worlds quantum theory?" lanl preprint quant-ph/9904004.

Page, D. N. & Geilker, C. D. 1981, *Physical Review Letters* **47**, 979.

Penrose, R. 1996, *General Relativity and Gravitation* **28**, 581.

Plaga, R. 1997, *Foundations of Physics* **27**, 559.

Plaga, R. 2000, *Foundations of Physics Letters* **13**, 461.

Polchinski, J. 1991, *Physical Review Letters* **66**, 397.

Price, H. 1996, *Time's Arrow and Archimedes' Point* (Oxford University Press, New York).

Rosenfeld, L. 1963, *Nuclear Physics* **40**, 353.

Sklar, L. 2000, *British Journal for the Philosophy of Science* **51**, 729.

Squires, E. 1986, *The Mystery of the Quantum World* (Institute of Physics Publishing, Bristol).

Svozil, K. 2002, "What could be more practical than a good interpretation?", lanl preprint quant-ph/0204168.

Tappenden, P. 2000, *British Journal for the Philosophy of Science* **51**, 99.

Tapster, P. R., Rarity, J. G. & Owens, P. C. M. 1994, *Physical Review Letters* **73**, 1923.

Tegmark, M. 1998a, *Fortschritte der Physik* **46**, 855.

Tegmark, M. 1998b, *Annals of Physics* **270**, 1.

Tittel, W. et al. 1998, *Physical Review A* **81**, 3563.

van Gelder, T. 1998, *Mind and Language* **13**, 76.

Weinberg, S. 1989, *Physical Review Letters* **62**, 485.

Whitaker, M. A. B. 1985a, *Journal of Physics A* **18**, 253.

Whitaker, M. A. B. 1985b, *Journal of Physics A* **18**, 1831.

АУТОРИ

Гордић Александар. Доцент на Филозофском факултету, одељење за филозофију. Главне области делатности: општа методологија и филозофија историје. Објавио је књигу *Наука, рационалност и историја.* Приредио је и превео пет књига из филозофије науке.

Грујић Петар. Научни саветник у Институту за физику, Земун; редовни професор Физичког факултета у Београду. Главне области делатности: теоријска физика (докторат 1972, University College, London), историја и епистемологија природних наука. Објављене књиге: *Увод у теорију судара електрона са атомима и молекулима, Атомски судари у близини прага.* Члан је неколико домаћих и европских професионалних удружења: Друштво физичара Србије, Српског филозофског друштва, Британског друштва физичара (Fellow of the Institute of Physics), European Physical Society, Euroscience. Бави се публицистиком, превођењем и уредничким радом.

Добросављевић-Грујић Љиљана. Научни саветник у пензији у Институту за физику, Земун; редовни професор Физичког факултета у Београду. Области делатности: теоријска физика кондензованог стања, физика ниских температура (Doctorat d'Etat, Faculte des Sciences d'Orsay, Paris, 1971). Проучава допринос жена-научника природним наукама и предавала је одговарајући курс на Женским студијама у Београду. Објављене књиге: *Збирка задатака из статистичке физике*

(коаутори Б. Милић и С. Милошевић), *Суперпроводљивост*. Члан је Друштва физичара Србије, European Physical Society, Euroscience, American Physical Society. Друштвено ангажована на побољшању положаја жена у друштву.

Ђорђевић Радомир. Доцент на Природно-математичком факултету у Београду. Области делатности: историја и филозофија природних наука, руска филозофија и филозофија код Словена – овај предмет предаје на Филозофском факултету Универзитета Црне Горе. Објавио је књигу *Филозофија и наука* као и око две стотине радова, приказа и прилога у домаћим и иностраним публикацијама и часописима. Основао је и води семинар *Славика*. Био је потпредседник Српског филозофског друштва, бавио се уређивачком делатношћу и води трибину о филозофским проблемима у Руском дому.

Ивановић Мирослав. Запослен у Институту за криминолошка и социолошка истраживања у Београду. Области делатности: филозофија и социологија. Објавио је преко тридесет радова у земљи и иностранству. Преводи са неколико језика филозофску и научну литературу. Аутор дванаест књига превода.

Липковски Александар. Ванредни професор Математичког факултета у Београду. Област научног рада алгебра и алгебарска геометрија. Објавио је више научних и стручних радова из ових области, као и о настави и популаризацији математике. Објавио је књигу *Линеарна алгебра и аналитичка геометрија* као и неколико десетина приказа за светске референтне математичке часописе. Преводи стручну литературу. Члан је редакције часописа "Математички весник" и "Teaching of Mathematics".

Марић Илија. Филозоф и физикохемичар, доцент на Физичком факултету у Београду. Области истраживања: исто-

рија и филозофија науке и историја филозофије (посебно византијске, руске и српске). Објавио је књиге *Филозофија и наука, Платон и модерна физика, Филозофија на Великој школи* а приредио је и зборник *О српској филозофији*. Преводи са руског и енглеског језика и објавио је преводе неколико књига и бројних чланака. Уређивао је часописе *Гледишта, Филозофске студије* и *Источник* а уредник је филозофских издања куће "Плато" где је приредио и бројне књиге наших филозофа.

Мијајловић Жарко. Редовни професор Математичког факултета у Београду. Области истраживања: логика, алгебра, историја наука а посебно математике. Објавио је књиге *Увод у теорију група* (са Наташом Божовић), *Model Theory, Хилбертови проблеми и логика* (коаутори З. Марковић и К. Дошен), *Алгебра*. Аутор шездесет радова објављених у земљи и иностранству. До 24. марта 1999. био је члан American Mathematical Society и Association for Symbolic Logic. Главни је уредник NCD Review. Добитник је I награде Балканске уније математичара за 1978. годину.

Обрадовић Стојан. Доктор физичких наука, предаје на Вишој пољопривредној школи и у Гимназији у Прокупљу. Области делатности: епистемолошки проблеми у физици. Објавио је више научних радова са овом тематиком у земљи и иностранству.

Стокић Зоран. Доцент на Катедри за механику Машинског факултета у Београду. Области делатности: аналитичка механика и филозофија и историја природних наука. Објавио је књиге *Раст знања и Исак Њутн, Newton versus Einstein, Њутн-Дијемова епистемологија*. Аутор је већег броја научних радова објављених у земљи и иностранству.

Тарасјев Алексеј. Научни сарадник на Одељењу за еволуциону биологију Института за биолошка истраживања у Бео-

граду. Објавио је више радова из еволуционе екологије и еколошке генетике у међународним и домаћим научним часописима. Такође објављује о историји и статусу савремене биологије. Објављена књига *Биологија и креационизам*. Члан је Националног савета за биолошку сигурност.

Томић Александар. Физичар, дугогодишњи управник Народне опсерваторије, запослен тренутно у VI гимназији у Београду. Објавио је преко 150 радова из астрономије, астрофизике, атомске физике, биофизике, филозофије и историје науке и наставе физике. Аутор је патента из оптике. Објавио је књиге *Астрофотографија, Астрономија – практични радови*, коаутор гимназијског уџбеника *Астрономија*. Био је председник Друштва астронома Србије; чланство у професионалним удружењима и уређивачкој и издавачкој делатности пар часописа.

Ћирковић Милан. Научни сарадник Астрономске опсерваторије у Београду и доцент на Одељењу за физику Природно-математичког факултета у Новом Саду. Докторирао је у САД, State University of New York at Stony Brook. Главне области истраживања: космологија, астробиологија и филозофија науке. Аутор је око стотину научних радова у домаћим и водећим међународним часописима. Аутор је више превода научно-популарних књига на српски језик.

САДРЖАЈ

Увод
Мирослав Ивановић
ЕПИСТЕМОЛОГИЈА И НАУКА 5

Петар Грујић
НАУКА У АНТИЦИ 43

Александар Гордић
КЛАСИЧНЕ ТЕОРИЈЕ ОПРАВДАЊА ИНДУКЦИЈЕ 69

Љиљана Добросављевић-Грујић
ВЕЛИКА ОТКРИЋА У ФИЗИЦИ XX ВЕКА:
ЖЕНСКИ ДОПРИНОС 103

Радомир Ђорђевић
ФИЛОСОФИЈА ЛОГИЧКОГ ЕМПИРИЗМА:
РУДОЛФ КАРНАП 121

Александар Липковски
О ПРИМЕНИ МАТЕМАТИЧКИХ МЕТОДА
У ИСТОРИЈИ И ХРОНОЛОГИЈИ 139

Илија Марић
НЕКЕ ПРЕТПОСТАВКЕ РАЗВОЈА НАУКЕ У ВИЗАНТИЈИ 155

Жарко Мијајловић
СЕДАМ ВЕЛИКИХ МАТЕМАТИЧКИХ ПРОБЛЕМА
ИЛИ О КЛЕЈОВОЈ НАГРАДИ 177

Стојан Обрадовић
ОСНОВНИ ЕПИСТЕМОЛОШКИ ПРОБЛЕМИ
АКСИОМАТСКО-ДЕДУКТИВНОГ МОДЕЛА
ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ 201

Садржај

Зоран Стокић
ФИЗИЧКЕ ТЕОРИЈЕ
И МЕТАФИЗИЧКА ОБЈАШЊЕЊА 231

Алексеј Тарасјев
ЕВОЛУЦИЈА, КРЕАЦИОНИЗАМ И ПОГЛЕД НА СВЕТ 259

Александар Томић
LEX UNICA VIRIUM IN NATURA – РУЂЕРА БОШКОВИЋА 285

Милан Ћирковић
БОР, ЕВЕРЕТ И ШЕРЛОК ХОЛМС:
ЗАГОНЕТНИ СЛУЧАЈ НЕСТАЛЕ КВАНТНЕ ТЕОРИЈЕ 301

Аутори 333