

РАЗЛИЧИТИ ПРИСТУПИ И НОВА МИСАОНА
ПАРАДИГМА: ПРИМЕРИ ИЗ
ИСТОРИЈЕ ФИЗИКЕ¹

Бојан М. Томић

Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна
истраживања

Милица М. Томић

Универзитет у Београду, Студије при Универзитету, Историја и
филозофија природних наука и технологије

Да би се показала базичност, као и значај мултидисциплинарног приступа приказани су примери из историје физике који представљају крај чувених епоха: античке и средњовековне, које су садржане у Аристотеловој физици, и класичне, која претходи квантној и релативистичкој физици. Било је потребно изнаћи нов одговор на питања која су постављана заједници научника. У раду се говори о истраживачима који су у томе успели. Промене до којих су довели нови погледи на познате феномене могу се пратити кроз убрзани развој цивилизације, комуникација, технолошких иновација, оружја и другог. Може се закључити да другачији погледи на познате проблеме јесу један од кључних фактора који покреће научне револуције.

Кључне речи: *различити приступи, нова мисао, парадигма, физика, историја*

Увод

Тема различитих приступа који доводе до нових открића, показује се, има двојаки допринос у проучавању сазнајних процеса. С једне стране, она показује значај мултидисциплинарног приступа, а са друге демонстрира процесе који су примећени приликом доласка до великих открића. Као таква, ова открића су довела до револуционарних измена у гледању на кључне теме, до примене нових техничких решења, промене парадигме и развијања нових видова наоружања.

¹ Рад је настао у оквиру пројекта *Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе* (ОИ 179048 – област друштвених наука), који је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Стари и нови поглед

Најчешће стање у науци имало би следећи опис: феномени су примећени и забележени, мерења су започета и уочени су трендови у њима. Пред онима који су склони експерименту стоје резултати мерења, а пред онима који држе до значаја теорије препознате су правилности.

Некада генерације посматрају одређене закључке и интерпретације прихватајући их, усвајајући их као тачне (коначне) и доживљавајући их као трајни фонд знања, а да не направе корак даље. Не уочавају да су они погрешно изведени (или до-нешени), не примећују ограничења, нити домен унутар којег су валидни. После периода „непримећивања” који се протеже од неколико дана или недеља до неколико хиљада година, појединац учини откриће. Тај час је прекретница, време за новост – схваћену или не. Оно што следи је време за ново разумевање целог проблема.

Потребне квалификације за открића

Да ли је за откриће потребно поседовање одређених особина које претходна генерација истраживача није имала? Питање је да ли су у различитим епохама потребне другачије особине истраживача и другачије методологије истраживања да би се досегло до великих открића или, пак, сви они имају једну исту карактеристику, сасвим личну – а то је да проблем који је до тада био *непримећен* и *неразрешен* погледају „новим очима”?

Хиљаде година

Једна од најдужих епизода из историје физике названа је по великом античком филозофу Аристотелу (грч. Αριστοτέλης; 384–322. године пре Христа). Владавина Аристотелове физике² почиње појавом дела из неколико области којима се и данашња физика бави – *Метеорологија*, *О небу*, *О настајању и нестајању*, као и изласком његове књиге *Физика* (грч. Φυσική ἀκρόασις; лат. Physica, или Physicae Auscultationes), и траје све до Галилејевог времена (Galileo Galilei, 1564–1642). Узима се да је ера оваквог погледа на физички свет који обухвата претпоставке о месту Земље у односу на небеска тела, елементима, кретању, трајала приближно 2000 година и да обухвата период антике и средњег века. Током тог периода постоје критике аристотеловског система од стране (на пример) Јована Филопона³ (око 490–570) познатог и као Јован Граматик, и Василија Великог⁴ (грч. Βασίλειος ὁ Μέγας, око 329–379). Међутим, њихови ангажмани и остварени доприноси нису до-

² Суштински, овај период је трајао све до покрета просветитељства и новина које су у физици донели Галилеј и Њутн (Sir Isaac Newton, 1643–1727). Пролонгирани утицај Аристотелових поставки у другим наукама досеже чак до 19. века у случају зоологије, док у логици бивају проширене крајем 19. века.

³ Marić, Ilija, Filoponova kritika Aristotelove teorije kretanja projektila, *Gledišta*, 36 (1/6), 1995, 92-99. Марић, И, *Стара физика и физика код Срба*, Београд, Богословско друштво Отачник, 2013, 239-240.

⁴ Томић, Б., *Физика у Шестодневу Василија Великог*, Краљево, Епархијски управни одбор Епархије жичке, 2008.

вели до ревизије или конституисања нове физике. Подсетимо, доследни историјској прецизности да физика тада није постојала као самостална дисциплина, већ је била у саставу теоријске филозофије, односно филозофије природе (*philosophia naturalis*), а оптика, која је данас грана физике, била је класификована као средња наука (*scientiae mediae*),⁵ налазећи се на средокраћи између тадашњих математике и физике (Met., 1078a14-17, Phys., 194a10-11).⁶

Као један од поступака који симболично означавају завршетак аристотеловске парадигме узима се Галилејово коришћење телескопа, који су претходно развили холандски мајстори, за посматрање површине Месеца, Сунчевих пега, Јупитерових сателита, Млечног пута, Венериних мена. Галилеј открива⁷ да је, супротно Аристотеловом учењу, Месец избраздан кратерима и наборан планинама, а да се око Јупитера крећу сателити, што упућује на то да су грешке учења које је било на снази два миленијума евидентирани на питањима савршености Месечеве површине и окретања небеских тела искључиво око Земље. При том треба имати у виду да је телескоп био превасходно војно-извиђачки инструмент који је омогућио да удаљени гарнизони буду посматрани као да су близу. Конструкционо гледано, са предње стране се налазило конвексно (испупчено) сочиво, а у окулару је било конкавно (удубљено) сочиво.⁸ За сам инструмент Галилеј је користио назив „шпијунско стакло”.

Колико је тешко било изборити се за прихватање тог открића и како, уопште, изгледа формирање нове парадигме из окриља до тада владајуће парадигме говори и критизерска клима која је тада владала. Критика нових открића било је много, а аристотеловци су имали замерке и на проналаске као што су оптички инструменти, због искривљене слике света коју дају.⁹ Тако је, на пример, Лагала (Giulio Cesare Lagalla, 1576–1624) критиковао описе телескопских посматрања.¹⁰ Занимљиво је запажање¹¹ да се откриће телескопа одиграло независно од теорије у оптици, односно без њеног подстрека. Аберација, као врста несавршености која је у почетку примећена, била је још један аргумент против корисности телескопа.¹²

Начин на који је Галилеј излагао, као и теме, искачу из стандарда научних расправа епохе у којој је живео. Галилеј се служио интуицијом и „математичком фантазијом”, без правих доказа, што су биле особености његовог поступка.¹³ Међутим, своје опоненте у *Дијалогу о два главна система света (Dialogo sopra i due massimi*

⁵ Марић, И., *Стара физика и физика код Срба*, 115.

⁶ Аристотел, *Метафизика*, Београд, Paideia, 2007, 459. Аристотел, *Физика*, Београд, Paideia, 2006, 53.

⁷ У духу шалвости његових дела могли бисмо рећи да он *другима открива*, више него што сам *долази до открића*. Најтачније би било рећи да Галилеј *презентује открића*.

⁸ Опис инструмента као и посматрања Галилеј је записао у свом делу *Звездани гласник (Sidereus Nuncius)*. Galileo, G., *Sidereus Nuncius Magna, Longeque Admirabilia Spectacula Pandens, Suspiciendaque Proponens Unicuique*, Venetiis, Tommaso Baglioni, 1610. Barker, P., *Sidereus Nuncius*, Oklahoma City, Byzantium Press, 2004, 6, <http://homepages.wmich.edu/~mcgrew/Siderius.pdf>.

⁹ Марић, И., *Стара физика и физика код Срба*, 155-156.

¹⁰ Mladenović, M., *Razvoj fizike, Optika*, Београд, IRO Градевнска knjiga, 1985, 31.

¹¹ Исто.

¹² Исто.

¹³ Preti, Đ., *Istorija naučne misli: nauka od Talesa do Ajnštajna, deo II, Moderna nauka*, Београд, Клуб НТ, 2002, 224.

sistemi del mondo)¹⁴ називао је „менталним пигмејима”, „глупим идиотима”, те онима који „једва заслужују да се назову људима”, што је било још једно његово оружје ко-ришћено у промени парадигме.

Галилеј је био нека врста презентера или доброшара новонаучног начина мишљења. Његова дела су важна за модерну фазу развоја научне методе, јер је напредна размишљања својих претходника пренео следбеницима.¹⁵ Галилејева највећа заслуга за науку је потенцирање нове методе, односно начина за истраживање феномена у природи који користи експеримент и извођења која се ослањају на математику и геометрију.¹⁶

Галилеј се бавио питањем хица, као и многи пре њега, покушавајући да одреде геометријски облик трајекторије и математичке законитости, попут угла под којим је потребно поставити цев да би пројектил имао максималан домет.¹⁷ Доприносе у ба-листици дали су Тартаља¹⁸ (Niccolò Fontana Tartaglia, 1499–1557) који је допунио Фи-лопонову теорију импетуса, уводећи принцип слагања сила – методе у којој се кори-сти геометрија, и Тартаљин ученик Бенедети¹⁹ (Giambattista (Gianbattista) Benedetti, 1530–1590) који је дао још конкретнија објашњења.²⁰ Галилеј је 1606. године предста-вио геометријску рачуналку – „геометријски војни компас” – помоћу које је могуће из-водити балистичке и друге практичне прорачуне. Три деценије касније презентовао је математичке законитости кретања тела у свом делу *Дијалози о две нове науке (Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze)*,²¹ чиме је утврдио већ постављену основу за будућу модерну физику.²² Математичко објашњење косог хица које је дао основа је за прецизне балистичке прорачуне трајекторије.²³

Почиње револуција

Остаће забележено да је крај раздобља Аристотелове физике обележен до та-да непостигнутим скоком у инструменталној оптици и „првим револуционарним ин-струментима”. О каквој се револуцији ради?

¹⁴ Galilei, G., *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, Firenze, per Gio. Batista Landini, 1632.

¹⁵ Gower, B., *Scientific Method: An historical and philosophical Introduction*, London, New York, Routledge, 1997, 21.

¹⁶ Миланковић, Милутин, *Историја астрономске науке: од њених првих почетака до 1727*, Београд, Научна књига, 1979, 78.

¹⁷ Preti, D., 219-220.

¹⁸ Tartaglia, N., *Nova Scientia*, Venice, 1537. Tartaglia, N., *Quesiti et inventioni diverse*, Appresso de l'avvtore, Venetia, 1554.

¹⁹ Benedetti, G. B., *Resolutio Omnium Euclidis Problematum Aliorum[que] Ad Hoc Necessario Inuentorum Vna Tantummodo Circini Data Apertura*, Apud Bartholomaeum Caesatum, Bartolomeo Cesano, Venetiis, 1553. Benedetti, G. B., *Demonstratio proportionum motuum localium contra Aristotilem et omnes philosophos*, Bartolomeo Cesano, Venetiis, 1554.

²⁰ Preti, D., 219-220.

²¹ Galilei, G., *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze Attenenti alla Meccanica & i Movimenti Locali*, Leida, Appresso gli Elsevirii, 1638.

²² Preti, D., 231, 233. Heilbron, J. L., *Galileo*, New York, Oxford University Press, 2010, 362.

²³ Galilei, G., *Le Operazioni del Compasso Geometrico et Militare*, Padova, In Casa dell'Autore, Per Pietro Marinelli, 1606.

Галилејеви изуми део су парадигме која је довела до индустријске револуције.

У 18. веку долази до значајнијих међуутицаја науке и технологије путем повећане сарадње научника са занатлијама и техничарима, и обрнуто.²⁴ Због новог, масовног начина производње током индустријске револуције (18. и 19. век) дошло је до економских промена у државама и до формирања онога што неки називају војно-индустријско друштво.²⁵ Развој транспорта и комуникација и масовна производња оружја са унапређеним балистичким карактеристикама – прецизношћу, дometом и снагом, довели су до промене у начину ратовања.²⁶ У ратовима вођеним у другој половини 19. века пароброд, железница и телеграф заменили су претходне комуникације и логистику. За унапређење технике коришћени су патенти научника –проналазача из области хемије, термодинамике и физике.

Поглед према савременом свету

Човек који је својим теоријским радом уз помоћ „тешке“ математике обележио 19. век је Џејмс Клерк Максвел (James Clerk Maxwell, 1831–1879). Имао је 24 године када је поставио основе за теорију која је имала пресудан утицај на даљи развој физике. Његов рад је омогућио да се дође до лимита класичне ере и припадајуће јој физике. Одатле се чекао корак у ново. Међутим, такву могућност нико од научника 19. века није препознао – мислили су да се дошло до краја целокупне физике.

Чак и 1900. године се сматрало да је скоро све у физици решено. На предавању у Краљевском институту Велике Британије присутни су од лорда Келвина (William Thomson, lord Kelvin, 1824–1907) могли да чују да му је целокупна физика изгледала „лепо и јасно“.²⁷ Једино што му је кварило слику физике деветнаестог века била су два облака која су се над њом надвила. Облаци су представљали немогућност детектовања етра и проблем који је назван ултраљубичаста катастрофа, а тицао се повезивања карактеристика термалног зрачења са електромагнетном теоријом.

Оно што тадашње умне главе у науци нису znale јесте да, осим класичне, постоји и другачија, потпуно нова физика.

Максвелове једначине (објављене у првобитној форми 1861. године,²⁸ а 1873. у коначној форми²⁹) и Херцова (Heinrich Rudolf Hertz, 1857–1894) експериментална

²⁴ Wolf, A., *History of Science, Technology, and Philosophy, XVIIIth Century*, vol. II, Harper, 1961, 499.

²⁵ Samuels, Peter Satyanand, *Gun making and the origins of the Industrial Revolution*, The Cleyman Institute for Gender Research, Stanford University, 2013, <http://gender.stanford.edu/news/2013/gun-making-and-origins-industrial-revolution>.

²⁶ Zapotoczny, Walter S., *The Impact of the Industrial Revolution on Warfare*, 2006, 1, http://www.wzaponline.com/yahoo_site_admin/assets/docs/IndustrialRevolution.292125935.pdf.

²⁷ Предавање је објављено у облику рада *Деветнаестовековни облаци над динамичком теоријом топлоте и светлости (Nineteenth-Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light)*. Lord Kelvin, *Nineteenth-Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light*, *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 6 (2), july 1901, 1-40.

²⁸ Maxwell, James Clerk, *On Physical Lines of Force*, *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, Series 4, 21, Taylor & Francis, March 1861, 161-175.

²⁹ Maxwell, J. C., *A Treatise on Electricity and Magnetism, Volume 1*, Oxford, Clarendon Press, 1873. Maxwell, J. C., *A Treatise on Electricity and Magnetism, Volume 2*, Oxford, Clarendon Press, 1873.

потврда (1888) постојања електромагнетних таласа³⁰ започеле су нову фазу развоја физике у другој половини 19. века. То је епоха уједињења електромагнетних (ЕМ) и оптичких феномена. Ови теоријско-експериментални налази садржали су непрепознате резултате, односно клице које су могле довести до највећих револуција у физици, али и до покретача револуција у науци уопште, као и до технолошке револуције. Четири деценије касније до тога је и дошло. Потенцијал не до краја препознатог резултата представљао је налаз за брзину простирања електромагнетних таласа у вакууму која је обрнуто пропорционалан квадратном корену из производа диелектричне и магнетне пермеабилности и износи приближно $300\,000\text{ km/s}$. (Ова вредност представља универзалну константу c и заправо је брзина светлости којом се простиру (сви) електромагнетни таласи у вакууму).

Нов резултат донео је и нове погледе на познате феномене. Наиме, од 1848. године за брзину светлости стајала је вредност од $313\,000\text{ km/s}$ коју је измерио Физо (Armand Hippolyte Louis Fizeau, 1819–1896).³¹ Максвелово препознавање да су ове две поменуте брзине (брзина простирања електромагнетних таласа и брзина светлости) једнаке и да репрезентују, заправо, једну исту ствар, довело је до припајања светлости електромагнетној теорији и до закључка да је светлост електромагнетни талас. Резултати су обелодањени у раду из 1864. године.³² Своје откриће Максвел је исказао следећим речима: „Слагање резултата изгледа да показује да су светло и магнетизам склоности исте супстанце и да је светлост електромагнетни поремећај који се простира кроз поље по електромагнетним законима.”³³

Због Херцовог доприноса проблематици ове диференцијалне једначине се у проширеном облику називају Максвел-Херцове једначине електродинимике. Треба имати у виду да је Херц сва своја открића остварио у релативно кратком периоду, јер је живео свега 36 година.

Спасовање етра

Концепт етра био је оно што су научници 19. века, од Максвела до Лоренца, подржавали. То је била магловита замисао о бестелесном испуњивачу простора, медијуму, преносиоцу електромагнетних таласа. Замишљан је као потпуно провидан, са способношћу да пролази између атома свих материја. (Може се пратити како је „напредовала” идеја о особинама етра у 19. веку: од еластичног флуида до еластичног чврстог тела – отпорног на светлост).³⁴

³⁰ Hertz, H. R., *Untersuchungen ueber die Ausbreitung der elektrischen Kraft*, Leipzig, J.A. Barth, 1892.

³¹ Млађеновић наводи вредност $315\,000\text{ km/s}$. Mladenović, M., 131. Прво успешно мерење брзине светлости извео је Ремер (Ole Christensen Rømer, 1644 –1710) добивши вредност од $222\,000\text{ km/s}$.

³² Maxwell, James Clerk, A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 155, 1865, 459-512.

³³ "The agreement of the results seems to show that light and magnetism are affections of the same substance, and that light is an electromagnetic disturbance propagated through the field according to electromagnetic laws." Maxwell, James Clerk, *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, 499. Mladenović, M., 153.

³⁴ Mladenović, M., 121, 126-7.

Експеримент Мајкелсона (Albert Abraham Michelson, 1852–1931) и Морлија (Edward Williams Morley, 1838–1923) учинио је хипотезу о постојању етра непотребном, показавши да се брзина светлости не мења у зависности од тога да ли се извор светлости посматра у смеру кретања Земље или у супротном смеру. Ма којом брзином бисмо јурили светлост она би и даље бежала истом брзином. Утврђена независност брзине светлости од брзине посматрача рушила је све идеје класичне физике. Тиме је етар отишао у још мрачније воде.

Нова личност која се појавила и одбацила постојеће интерпретације био је двадесетшестогодишњи службеник у патентном заводу државе Швајцарске у граду Берну – Алберт Ајнштајн. Научници су се тада бавили питањем: откуд то да овај аутсајдер који одбацује идеје развијане на основу теорије и експеримента претходних 20–40 година, предлаже објашњење које има као последицу иступање из старе науке, нов почетак и нову науку. Историчари и биографи су се питали од кога је узео, ко му је помогао у извођењима и закључивању и слично. У историји науке 1905. година носи назив *Annus mirabilis*.³⁵ Овако велико интересовање за открића и личност аутора иде у прилог тези коју смо изнели: за велика открића потребан је другачији поглед на већ измерене вредности и већ записане законитости. Њега понекад доносе они којима недостаје знање претходника, али у већој мери поседују мисао која није оптерећена претходним хипотезама и њиховим дуговременим суптилним надоградњама.

Максвелови резултати крили су још један непримећени, сасвим нов свет

На основу Максвелових једначина електрони који се крећу око језгра морали би да емитују широк спектар зрачења (континуални спектар). Губили би енергију и на крају би пали на језгро крећући се по спирали. С обзиром на то да се то не дешава³⁶ закључак се наметао: нешто је требало променити. Трешало је доћи до решења које би било ново, иновативно и другачије. Заиста, на основу старих резултата неко је 1913. године изнео нове претпоставке. Био је то дански физичар Нилс Бор (Niels Henrik David Bohr, 1885–1962) који је предложио нов модел атома,³⁷ што је од

³⁵ Јуна месеца 1905. године у радовима два значајна аутора прво је антиципирана, а затим и представљен увод у једну сасвим нову теорију – специјалну теорију релативности. Рад под називом *О динамици електрона* Поенкаре (Jules Henri Poincaré, 1854–1912) послао је 5. јуна Академији наука у Паризу, док је 30. јуна Ајнштајн (Albert Einstein, 1879–1955) поднео рад *О електродинамици покретних тела* немачком часопису *Annalen der Physik*. Poincaré, Henri, Sur la dynamique de l'électron, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 140, 1905, 1504-1508. Einstein, Albert, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, *Annalen der Physik*, 17, 1905, 891-921.

³⁶ Атоми зраче у уском интервалу (линијски, то јест дискретни спектар) и било је потребно променити теоријски модел атома.

³⁷ Bohr, Niels, On the Constitution of Atoms and Molecules, Part I, *Philosophical Magazine*, 26 (151), 1913, 1-24. doi:10.1080/14786441308634955. Bohr, Niels, On the Constitution of Atoms and Molecules, Part II: Systems Containing Only a Single Nucleus, *Philosophical Magazine*, 26 (153), 1913, 476-502. doi:10.1080/14786441308634993. Bohr, Niels, On the Constitution of Atoms and Molecules, Part III: Systems containing several nuclei. *Philosophical Magazine*, 26 (155), 1913, 857-875. doi:10.1080/14786441308635031.

постављања Томсоновог (Sir Joseph John Thomson, 1856–1940) модела атома,³⁸ 1903. године, и био тренд. Одлика овог Радерфорд-Боровог³⁹ модела атома јесте да су електронима у атому дозвољене само одређене орбите. На тим орбитама (Бор их је назвао „стационарне орбите“) електрони не зраче. Таква идеја не садржи ни назнаке класичне физике, а Бор је свој резултат објавио када је имао 28 година.

Преко пола века физичарима су били доступни подаци који су указивали на праву слику атома, али није било оног ко би склопио слагалицу. Кирхоф (Gustav Robert Kirchhoff, 1824–1887) и Бунзен (Robert Wilhelm Eberhard Bunsen, 1811–1899) године 1860. открили су да сваки хемијски елемент има линијски спектар са тачно одређеним таласним дужинама, јединственим за дати елемент.⁴⁰ Године 1885. Балмер (Johann Jakob Balmer, 1825–1898) утврдио је да се таласне дужине водоникових линија (Балмерова серија) могу исказати математичком формулом (Балмерова формула).⁴¹ Године 1908. Риц (Walther Ritz, 1878–1909) показао је да се сваком хемијском елементу могу придружити термови који представљају бројеве чије разлике одговарају фреквенцијама спектралних линија за дати елемент. Али, до Планка (Max Karl Ernst Ludwig Planck, 1858–1947) ниједан научник није направио у атомској физици тај невероватан корак и констатовао да је готово са класичном физицом и да се улази у еру квантне физике „немогуће за разумевање“.⁴²

Следујуће револуције

Почетак 20. века обележен је новим скоком у начину производње – другом индустријском револуцијом. Присуство научника у развоју војне технике у Првом светском рату постаје незаменљиво, што у Другом светском рату бива још израже-

³⁸ Томсонов модел назван је статички модел атома или модел пудинга са шљивама, а чини га сфера са хомогено распоређеним позитивним наелектрисањем у којој се налазе негативно наелектрисани електрони који осцилују око равнотежних положаја. Thomson, Joseph John, XXIV, On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure, *Philosophical Magazine*, Series 6, 7 (39), 1904, 237-265.

³⁹ Радерфорд (Ernest Rutherford, 1871–1937) предложио је такозвани планетарни модел атома, по којем је атом састављен из језгра које је позитивно наелектрисано и у којем је сконцентрисан највећи део масе, и негативно наелектрисаних електрона мале масе који се крећу око језгра чинећи омотач. Атом, као целина, јесте електроненутралан. Бор је на овакву основу додао своју конструкцију која носи име оба научника – Радерфорд-Боров модел атома. Rutherford, Ernest, LXXIX, The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom, *Philosophical Magazine*, Series 6, 21 (125), 1911, 669-688.

⁴⁰ Кирхоф и Бунзен (Robert Wilhelm Eberhard Bunsen, 1811–1899) детаљним су проучавањем атомских и молекулских спектра установили повезаност јединствених изгледа спектра са хемијским елементима. Засновали су технику којом се може извршити хемијска анализа – аналитичку спектроскопију. Открића су објавили у раду *Хемијска анализа путем посматрања спектра*. Kirchhoff, Gustav and Bunsen, Robert, Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen, *Annalen der Physik*, 180 (6), 1860, 161-189.

⁴¹ Balmer, Johann Jacob, Note on the Spectral Lines of Hydrogen, *Annalen der Physik und Chemie*, 25, 1885, 80-5.

⁴² „I think I can safely say that nobody understands quantum mechanics.“ Feynman, R., *The Character of Physical Law*, Cambridge (MA), London, MIT Press, 1985, 129.

није.⁴³ Велике промене донеле су многе иновације, као што су електрификација, техника бежичних комуникација, авион, тенк, подморница, радар, док у посебну категорију спада атомска бомба.

Развој нуклеарног, као и ласерског оружја, директна је последица нових открића у науци. Модел атомског језгра као „течне капи” који су развили Бор и Џон Вилер (John Archibald Wheeler, 1911–2008) омогућио је разумевање нуклеарних процеса. У околностима Другог светског рата нуклеарна физика и нуклеарна технологија убрзано су развијане, што је резултирало стварањем атомске бомбе. У пројекту Менхетн (The Manhattan Project) Нилс Бор је имао улогу неке врсте старијег консултанта чија подршка је била изузетно цењена, а асистент му је био његов син Оге Нилс Бор (Aage Niels Bohr, 1922–2009).

Кирхофовим и Бунзеновим открићем јединствених атомских спектра и заснивањем аналитичке спектроскопије покренут је рапидан развој истраживања у овој експерименталној области, што је довело до открића ласера. За теоријски развој који је претходио формирању ласера најзаслужнији су: Максвел, Планк, Бор и Ајнштајн. Конструисан 1960. године, ласер је снажну примену у војсци нашао од 80-их година 20. века, унутар система за одбрану од ракетних напада.⁴⁴

Нова лица

У наведеним примерима приказана су четири нова лица – Галилеј, Максвел, Ајнштајн и Бор, који су дали решења на акумулиране проблеме у физици, чија права величина (проблема) није била ни препозната. Тиме су отворена врата у непознато. Нов начин размишљања, као предуслов нових приступа, има за последицу формирање потпуно нових тема, убрзаног развоја цивилизације, комуникација, технолошких иновација, оружја и другог.

Та лица постају чувене фигуре у историји науке.

О чаробњацима и мудрацима

Нобеловац Стивен Вајнберг (Steven Weinberg, 1933 –) у својој књизи *Снови о коначној теорији* износи интересантна разматрања. Изванредна открића током историје он класификује на тај начин што истиче улоге које изводе „теоријски физичари у својим најуспешнијим радовима”.⁴⁵ Он их дели на *мудраце* и *чаробњаке*.

Мудраце одликује уредно и сређено размишљање о физичким проблемима. Чаробњаци, са друге стране, „не иду путевима размишљања, него прескоче све међу-корак”.⁴⁶ Вајнберг за пример чаробњака наводи управо Ајнштајна и његове резул-

⁴³ Zapotoczny, Walter S., 4, 6. Војни стручњаци консултовали су астрономе и метеорологе за питања времена плимe и осеке. Математички принципи коришћени су за проналажење оптималних услова за бомбардовање.

⁴⁴ Кураица, М., *Примена ласера: од контролисане фузије до рата звезда*, у: *Зборник предавања, програма радионица, усмених излагања, постер радова и прилога са XXXII Републичког семинара о настави физике*, Душанка Обадовић, Иван Дојчиновић (ур.), Београд, Друштво физичара Србије, 2014, 22-26.

⁴⁵ Vajnerg, S., *Snovi o konačnoj teoriji*, Beograd, Polaris, 1995, 63.

⁴⁶ Исто, 63-64.

тате из 1905. године. Али, он запажа и да писци уџбеника физике преобликују рад чаробњака тако да изгледа као да је посреди рад мудраца.

Који је разлог оваквог њиховог чињења? Као одговор на ово имплицитно питање Вајнберг образлаже да у супротном „ниједан читалац не би разумео тај део физике”.⁴⁷

Шта се може закључити?

Приступ који карактерише нов поглед на познату проблематику може пружити могућност да се старе представе разумеју, или именују на разумљивији начин. Мултидисциплинарност је концепт који није само начин да се искомбинују дисциплине које су по одређењу (предмету) разнородне, већ и да се повежу различити приступи и, на крају, да се примене (и охрабре) нови погледи. Компоненте „старог” знања се на тај начин могу одбацити, прогласити нетачним, а потпуно нове хипотезе које у „старом” систему нису имале своје место могу се изнети. И епоха нових разумевања и нових револуција може да започне.

Литература

- [1] Marić, Ilija, Filoponova kritika Aristotelove teorije kretanja projektila, *Gledišta*, 36 (1/6), 1995, 92-99.
- [2] Марић, И., *Стара физика и физика код Срба*, Београд, Богословско друштво Отачник, 2013.
- [3] Томић, Б., *Физика у Шестодневу Василија Великог*, Краљево, Епархијски управни одбор Епархије жичке, 2008.
- [4] Аристотел, *Метафизика*, Београд, Paideia, 2007.
- [5] Аристотел, *Физика*, Београд, Paideia, 2006.
- [6] Galileo, G., *Sidereus Nuncius Magna, Longeque Admirabilia Spectacula Pandens, Suspiciendaque Proponens Unicuique*, Venetiis, Tommaso Baglioni, 1610.
- [7] Barker, P., *Sidereus Nuncius*, Oklahoma City, Byzantium Press, 2004, <http://homepages.wmich.edu/~mcgrew/Siderius.pdf>.
- [8] Младеновић, М., *Развој физике, Оптика*, Београд, IRO Грађевинска knjiga, 1985.
- [9] Preti, Đ., *Istorija naučne misli: nauka od Talesa do Ajnštajna, deo II, Moderna nauka*, Београд, Клуб НТ, 2002.
- [10] Galilei, G., *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, Fiorenza, per Gio. Batista Landini, 1632.
- [11] Gower, B., *Scientific Method: An historical and philosophical Introduction*, London, New York, Routledge, 1997.
- [12] Миланковић, Милутин, *Историја астрономске науке: од њених првих почетака до 1727*, Београд, Научна књига, 1979.
- [13] Tartaglia, N., *Nova Scientia*, Venice, 1537.
- [14] Tartaglia, N., *Quesiti et inventioni diverse*, Appresso de l'avttore, Venetia, 1554.
- [15] Benedetti, G. B., *Resolutio Omnium Euclidis Problematum Aliorum[que] Ad Hoc Necessario Inuentorum Vna Tantummodo Circini Data Apertura*, Apud Bartholomaeum Caesanum, Bartolomeo Cesano, Venetiis, 1553.
- [16] Benedetti, G. B., *Demonstratio proportionum motuum localium contra Aristotilem et omnes philosophos*, Bartolomeo Cesano, Venetiis, 1554.

⁴⁷ Исто, 64.

- [17] Galilei, G., *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze Attenenti alla Meccanica & i Movimenti Locali*, Leida, Appresso gli Elsevirii, 1638.
- [18] Heilbron, J. L., *Galileo*, New York, Oxford University Press, 2010, 362.
- [19] Galilei, G., *Le Operazioni del Compasso Geometrico et Militare*, Padova, In Casa dell'Autore, Per Pietro Marinelli, 1606.
- [20] Wolf, A., *History of Science, Technology, and Philosophy, XVIIIth Century*, vol. II, Harper, 1961.
- [21] Samuels, Peter Satyanand, *Gun making and the origins of the Industrial Revolution*, The Cleyman Institute for Gender Research, Stanford University, 2013, <http://gender.stanford.edu/news/2013/gun-making-and-origins-industrial-revolution>.
- [22] Zapotoczny, Walter S., The Impact of the Industrial Revolution on Warfare, 2006, 1, http://www.wzaponline.com/yahoo_site_admin/assets/docs/IndustrialRevolution.292125935.pdf.
- [23] Lord Kelvin, Nineteenth-Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light, *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 6 (2), July 1901, 1-40.
- [24] Maxwell, James Clerk, On Physical Lines of Force, *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, Series 4, 21, Taylor & Francis, March 1861, 161-175.
- [25] Maxwell, J. C., *A Treatise on Electricity and Magnetism, Volume 1*, Oxford, Clarendon Press, 1873.
- [26] Maxwell, J. C., *A Treatise on Electricity and Magnetism, Volume 2*, Oxford, Clarendon Press, 1873.
- [27] Hertz, H. R., *Untersuchungen ueber die Ausbreitung der elektrischen Kraft*, Leipzig, J.A. Barth, 1892.
- [28] Maxwell, James Clerk, A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 155, 1865, 459-512.
- [29] Poincaré, Henri, Sur la dynamique de l'électron, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 140, 1905, 1504-1508.
- [30] Einstein, Albert, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, *Annalen der Physik*, 17, 1905, 891-921.
- [31] Bohr, Niels, On the Constitution of Atoms and Molecules, Part I, *Philosophical Magazine*, 26 (151), 1913, 1-24. doi:10.1080/14786441308634955.
- [32] Bohr, Niels, On the Constitution of Atoms and Molecules, Part II: Systems Containing Only a Single Nucleus, *Philosophical Magazine*, 26 (153), 1913, 476-502. doi:10.1080/14786441308634993.
- [33] Bohr, Niels, On the Constitution of Atoms and Molecules, Part III: Systems containing several nuclei. *Philosophical Magazine*, 26 (155), 1913, 857-875. doi:10.1080/14786441308635031.
- [34] Thomson, Joseph John, XXIV, On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure, *Philosophical Magazine*, Series 6, 7 (39), 1904, 237-265.
- [35] Rutherford, Ernest, LXXIX, The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom, *Philosophical Magazine*, Series 6, 21 (125), 1911, 669-688.
- [36] Kirchhoff, Gustav and Bunsen, Robert, Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen, *Annalen der Physik*, 180 (6), 1860, 161-189.
- [37] Balmer, Johann Jacob, Note on the Spectral Lines of Hydrogen, *Annalen der Physik und Chemie*, 25, 1885, 80-5.
- [38] Feynman, R., *The Character of Physical Law*, Cambridge (MA), London, MIT Press, 1985.
- [39] Кураица, М., *Примена ласера: од контролисаних фузије до рата звезда*, у: *Зборник предавања, програма радионица, усмених излагања, постер радова и прилога са XXXII Републичког семинара о настави физике*, Душанка Обадовић, Иван Дојчиновић (ур.), Београд, Друштво физичара Србије, 2014.
- [40] Vajnbarg, S., *Snovi o konačnoj teoriji*, Београд, Polaris, 1995.