

РАЗВОЈ МИСЛИ У КРЕТАЊУ ДО МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНОСТИ: ТРИВИЈАЛНЕ АЛГЕБАРСКЕ ОПЕРАЦИЈЕ*

Бојан М. Томић**

Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

У раду се истражују путеви (назнаке за методологију) мултидисциплинарности и њена практичност. Указано је на идеје које доводе до мултидисциплинарности. Предочене су три једначине као три упечатљива историјска примера. Примери су у вези са физиком 20. века и војском. Тезу прати размишљање Пола Дирака о једначинама. Наводи се идеја да различити начини писања једне исте једначине могу сугерисати различите ствари, чак иако су логички еквивалентне. То је резултат који упућује на мултидисциплинарност. Одлика мултидисциплинарности је, управо, посматрање проблематике из више углова. Такав приступ користан је и унутар једне области. Он даје слику предмета проучавања која је употпуњена искуствима другачијег типа, што је чини комплетнијом. Приликом првог сусрета са новим појмом корисно је проучити га са више аспеката и упознати више дефиниција.

Кључне речи: *мултидисциплинарност, једначине, открића, обука*

Пут до мултидисциплинарности

Препознати обрасце мултидисциплинарности значи омогућити брз развој (напредак) војсци, регрутима, официрима. У овом раду предочава се њихово препознавање. Мултидисциплинарност је начин размишљања који јасно показује како се на проблем гледа са више аспеката. Она представља предуслов за проналаске и открића, утиче на обуку, на развој опреме и технологије намењене за војне сврхе и на нове области науке.

У раду ће бити речи о основним облицима једначине $a=b \cdot c$ и биће показано чему је, на основу те једначине, једнако b , а чему c . При том ће бити анализирано како то утиче на разумевање научних области и физичког света.

* Рад је настао у оквиру пројекта „Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерацijske перспективе“ (ОИ 179048 – област друштвених наука) који је финансирао Министарство просвете и науке Републике Србије.

** bojantomic@imsi.rs

Овај рад је почетак тематске целине Развој мисли у кретању до мултидисциплинарности у оквиру рубрике Војног дела Мултидисциплинарна истраживања.

Посматрање једне формуле на три начина

Почетак предавачке активности Френка Вилчека¹ (Frank Wilczek) на Принстону (Princeton University) обележен је догађајем који је утицао на његово посматрање вишеструких начина представљања исте једначине.² Френков ментор Сем Трајмен (Sam Treiman) упутио га је у садржај невеликог приручника, који се односио на војне операције током Другог светског рата. Наиме, морнарица је била у обавези да обучи регруте за успостављање и рад (оперативност) радио-комуникација. То је, сходно ситуацији, морало да буде учињено у журби. Уз претпостављену хитност постојао је још један проблем. Многи од регрута доведени су са фарми, тако да је обука и њихово стављање у службу био велики изазов. Након што је објаснио околности у којима је требало формирати јединице везе, Сем Трајмен је рекао: „Уз помоћ ове *Велике књиге*, морнарица је успела. То је ремек дело педагогије. Посебно прво поглавље“.

Након тога замолио је Вилчека да погледа садржај приручника. Прво поглавље носило је наслов – *Омова три закона*. Први од њих заснован је на чувеној релацији $U=I \cdot R$ која повезује напон (U), јачину струје (I) у електричном колу и отпор (R). Вилчек је, наравно, био упознат са првим законом и са нестрпљењем је потражио други. Он је гласио $I = U/R$. Претпоставио је да би Трећи Омов закон могао бити $R = U/I$, што се испоставило тачним. Вилчек је помислио да сваком ко има искуства са елементарном алгебром постаје јасно да су ова три закона еквивалентна. Та тривијалност у давању различитих имена за еквивалентне облике једне исте једначине није му се чинила превише озбиљном. Али, када је размислио, Френк је схватио да постоји дубља поента.

Разумео је да је у презентовању градива неискусним, необученим почетницима потребно да се иста ствар каже неколико пута, али не дословце поновљено већ исказано на нешто другачији начин.³ При том, било му је јасно да односи који су очигледни једном професионалцу не могу по аутоматизму то бити и онима који у дату проблематику улазе по први пут.

Овај образац представљања законитости није изолован, нити најдалекосежнији. Може га потврдити још епизода из историје науке. Вилчек сугерише пример Пола Дирака (Paul Adrian Maurice Dirac), добитника Нобелове награде за физику у 1933. години, а по многим и најбољег физичара 20. века. Дирак је директни или један од оснивача неколико поља истраживања: квантне механике, квантне електродинами-

¹ О Френку Вилчеку, добитнику Нобелове награде за физику у 2004. години и професору са MIT-а, као примеру савременог научника са упечатљивим размишљањима излагано је у раду: Томић, М. Бојан, Заједничке теме науке и теологије у 21. веку и једно војно питање, *Војно дело*, год. 63, бр. 4, 2011, 378-391.

² Wilczek, F., *The Lightness of Being: Mass, Ether, and the Unification of Forces*, Basic Books, New York, 2008, стр. 18, 19.

³ Ово је Френк назвао плитком поентом.

ке, квантне теорија поља, релативистичке таласне једначине и антиматерије (пред-видео је њено постојање). Његова чувена реченица, у неку руку и животни мото, гласи: „*Велик део мог рада је само игра једначинама и посматрање шта оне дају*“.⁴ Иако изјава овог типа ономе који није математичар или физичар делује банално, неодговарајуће, чак и неспојиво са коментарисањем савремене науке, она упућује на околност да је различито гледање на исту ствар некада неопходан услов да се дође до великих открића.⁵

Такав став, уз огромну мисаону посвећеност, довео је до открића постојања антиматерије, односно пара свакој познатој честици⁶ која се разматра и као потенцијални извор енергије за нову генерацију нуклеарног оружја још од четрдесетих година 20. века.⁷ Та идеја је коришћена и на филму.⁸ Подсетимо да је данас једна од најинтригантнијих потрага у науци, али и целокупном интелектуалном свету, трагање за 96 процената садржаја универзума за који се не зна шта је, а који је окарактерисан „гностичким називима“ тамна материја и тамна енергија.⁹

Осим педагошког овај начин писања физичких формула крије хеуристички карактер (и епистемолошки). Различити начини писања једне исте једначине могу сугерисати различите ствари, чак иако су логички еквивалентне.¹⁰

Постоје и додатни, захтевнији примери који појачавају тезу, од којих ће два бити издвојена. То су де Брољева и једначина за Други Њутнов закон у облику $F=ma=0$.¹¹

⁴ Interview with Dr. P. A. M. Dirac, by T. S. Kuhn, at Dirac's home, Cambridge, England, May 7, 1963, Session III, http://www.aip.org/history/ohillist/4575_3.html

Berry, Michael, Paul Dirac: The purest soul in physics, *Physics World*, February 1998, http://www.phy.bris.ac.uk/people/berry_mv/the_papers/Berry291.pdf.

⁵ Она, такође, упућује на лепоту математике и физике. Математичари и физичари спремни су да цео радни век посвете тој *игри*.

⁶ Честице антиматерије имају исту масу као свој пар материје, али по једну различиту карактеристику попут наелектрисања.

⁷ Gsponer, Andre, *Fourth Generation Nuclear Weapons: Military effectiveness and collateral effects*, скраћена верзија рада презентованог на 2. симпозијуму „Nukleare und radiologische Waffen“, INT, Euskirchen, Germany, 20-22 Sept., 2005, <http://arxiv.org/pdf/physics/0510071v5.pdf>.

Gsponer, Andre and Humi, Jean-Pierre, *Antimatter underestimated*, *Nature*, vol. 325, 1987, 754.

⁸ Филм *Анђели и демони* снимљен је по књизи Дена Брауна.

Посебно су занимљиве две странице са сајта ЦЕРН-а на којима је обрађена ова тема.

<http://user.web.cern.ch/public/en/Spotlight/SpotlightInterview-en.html>

<http://user.web.cern.ch/public/en/Spotlight/SpotlightAandD-en.html>

⁹ Наведено, такође, у раду Томић, М. Бојан, Заједничке теме науке и теологије у 21. веку и једно војно питање, 380.

¹⁰ Ово је Вилчеков став, и управо је то за њега она дубока поента до које је дошао.

Могло би се на овом месту расправљати о односу математике и физике. Које су предности одређених значења која додајемо једначинама када посматрамо трансформацију из једног облика у други, у оквиру физике у односу на математику? Да ли физика која је оријентисана ка третирању стварности стице предност (нуди више објашњење) у односу на математику? Да ли је математика „сигурнија“ или експлицитнија? Већина математичких дисциплина, осим неких везаних за логику, математичаре непрекидно асоцира на физику и стварност.

Таласи и честице у једној једначини

Де Брољева једначина названа је по чувеном физичару и добитнику Нобелове награде за физику у 1929. години Луису де Брољу (Louis de Broglie).¹² Идејно и са знајно де Брољ је стасао у Првом светском рату, док је служио у војсци. Он је био припадник бежичне телеграфске секције и цео ратни период 1914–1918. провео је стационаран у Ајфеловом торњу. Током тих година све своје (слободно) време провео је размишљајући о техничким аспектима физике. Али, он је више од експерименталног и инжењерског волео теоријски рад. Занимала га је „мистерија“ теоријске физике. У свом интервјуу, датом 1963. године, описао је како је дошао до открића по којем ће касније бити познат и за које је добио Нобелову награду – открићу таласне природе електрона.¹³ Био је то „тренутак“ мисаоног повезивања честица, геометријске оптике, квантних феномена и таласног кретања.

Наиме, године 1924, у оквиру своје тезе *Истраживања о квантној теорији (Recherches sur la théorie des quanta)*, истакао је идеју да свака честица мора бити транспортована као талас.¹⁴ Тиме је свакој честици био придружен талас. Оно што је њега прославило, а човечанству променило поглед на „мале ствари“ јесте позната честица електрон.¹⁵ Предложио је теорију према којој материја има особине и честица и таласа.¹⁶ То је све учињено, искористимо Диракове речи, на основу „играња једначином“ $h = \lambda \cdot p$, где је λ таласна дужина, h Планкова константа, а p импулс. Наиме, та једначина може се представити у два облика, од којих први приказује једнакост за λ , а други за p . Први облик ($\lambda = h/p$) показује да постоје таласна својства, а други ($p = h/\lambda$) да постоје честица. Велико откриће, које данас представља парадигму разумевања света и односа материје и светлости, може се интерпретирати само на основу ове једне формуле.

¹¹ На ову значајну репрезентацију аутора текста је, још као студента, упутио професор техничке физике на Шумарском факултету и велики љубитељ небеске механике – Милутин Марјанов.

¹² Од значаја за Војску је Центар за примењену механику при Институту „Анри Поанкаре“ у Паризу, где су извођена истраживања из оптике, кибернетике и атомске енергије, а чији је оснивач де Брољ. Такође, де Брољ је био и саветник француске Комисије за атомску енергију.

¹³ de Broglie, L., George, A., Kahan, T., Kuhn T. S., *Oral history interview with Louis de Broglie*, 1963 January 7 and 14, American Physical Society and APS. Joint Committee on the History of Theoretical Physics in the Twentieth Century, Collection, <http://www.amphilsoc.org/mole/view?docId=ead/Mss.530.1.Ar2.5-ead.xml>.

Louis de Broglie – Biography, Nobelprize.org.,

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1929/broglie-bio.html.

¹⁴ *Wave mechanics : the first fifty years : a tribute to Professor Louis de Broglie, Nobel laureate, on the 50th anniversary of the discovery of the wave nature of the electron*, Price, W. C., Chissick, S. S., Ravensdale, T. (eds.), Wiley, New York, 1973.

¹⁵ Таласну природу електрона експериментално су потврдили 1927. године Девисон, Кансман и Џермер (C. J. Davisson, C. H. Kunsman, L. H. Germer) у Америци и Томсон (G. P. Thomson син нобеловца Џозефа Џона Томсона (Joseph John Thomson)) у Шкотској (Aberdeen).

¹⁶ de V. Heathcote, N. H., Prince Louis-Victor de Broglie, in *Nobel prize winners in physics, 1901-1950*, Henry Schuman, New York, 1953, 287-296.

Класична једначина космоса

Остало је још да се размотри једна од најчувенијих формула физике $F=m \cdot a$,¹⁷ позната као једначина за Други Њутнов закон. У облику $F-ma=0$ можемо га повезати са Лагранж-Даламберовим принципом. У ствари, од основног закона динамике ($F=m \cdot a$) добија се један квазистатички закон тако што се производ $m \cdot a$ пребацује на леву страну једначине. Други Њутнов закон у овом облику може се чак проширити на цео универзум и постати закон класичне физике читавог универзума. То може, само на основу класичне физике, бити крајњи облик посматрања једначине космоса, што је до краја 19. века и био случај. Али, чини се да он ипак има ограничења због тога што у себе не уноси квантне ефекте.

Такође, ова једначина везује се за испитивање кретања авиона и будућност њиховог развоја. Општи динамички формализам постаје важан за разматрање карактеристика летилица у будућности, што је показано у раду француског научника Ив Гурината (Yves Gourinat).¹⁸ Током изградње првих летелица није се узимала у обзир динамика. Оне су биле конструисане као статички или квазистатички објекти, у облику сфере (балон), а касније у облику елипсоида (цепелин). Динамика структуре представља главни изазов за дизајн модерних летећих објеката, а за динамичку стабилност, перформансе и безбедност летелице основна је једначина из Другог Њутновог закона.

Закључак

Различити облици једне једначине могу описивати другачије ствари. То је резултат који упућује на мултидисциплинарност. Одлика мултидисциплинарности је, управо, посматрање из више углова. Она даје слику предмета проучавања која је употпуњена искуствима другачијег типа. Унутар једне области, посматрање из више углова је корисно, јер оном ко се први пут среће са новим појмом нуди објашњење које је свеобухватније, будући да је исказано на различите начине.

Литература

1. Томић, М. Бојан, Заједничке теме науке и теологије у 21. веку и једно војно питање, *Војно дело*, год. 63, бр. 4, 2011, 378–391.
2. Wilczek, F., *The Lightness of Being: Mass, Ether, and the Unification of Forces*, Basic Books, New York, 2008.
3. *Interview with Dr. P. A. M. Dirac*, by T. S. Kuhn, at Dirac's home, Cambridge, England, May 7, 1963, Session III, http://www.aip.org/history/ohilist/4575_3.html (посећено 26. 11. 2012).

¹⁷ Једначина је овде дата у скаларном облику.

¹⁸ Gourinat, Yves, *F-Ma = 0 : the unique certitude in Aerospace?*, in 3rd European LS-Dyna Conference, 18-19 June 2001, Paris, France, <http://oatao.univ-toulouse.fr/3092>.

4. Berry, Michael, Paul Dirac: The purest soul in physics, *Physics World*, February 1998, http://www.phy.bris.ac.uk/people/berry_mv/the_papers/Berry291.pdf (посећено 26. 11. 2012).
5. Gsponer, Andre, *Fourth Generation Nuclear Weapons: Military effectiveness and collateral effects*, скраћена верзија рада презентованог на 2. симпозијуму „Nukleare und radiologische Waffen“, INT, Euskirchen, Germany, 20–22 Sept, 2005, <http://arxiv.org/pdf/physics/0510071v5.pdf> (посећено 26. 11. 2012).
6. Gsponer, Andre and Hurni, Jean-Pierre, Antimatter underestimated, *Nature*, vol. 325, 1987, 754.
7. <http://user.web.cern.ch/public/en/Spotlight/SpotlightInterview-en.html> (посећено 26. 11. 2012).
8. <http://user.web.cern.ch/public/en/Spotlight/SpotlightAandD-en.html> (посећено 26. 11. 2012).
9. de Broglie, L., George, A., Kahan, T., Kuhn, T. S., *Oral history interview with Louis de Broglie*, 1963 January 7 and 14, American Physical Society and APS. Joint Committee on the History of Theoretical Physics in the Twentieth Century, Collection, <http://www.amphilsoc.org/mole/view?docId=ead/Mss.530.1.Ar2.5-ead.xml> (посећено 26. 11. 2012).
10. *Louis de Broglie – Biography*, Nobelprize.org, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1929/broglie-bio.html (посећено 26. 11. 2012).
11. *Wave mechanics : the first fifty years : a tribute to Professor Louis de Broglie, Nobel laureate, on the 50th anniversary of the discovery of the wave nature of the electron*, Price, W. C., Chissick, S. S., Ravensdale, T. (eds.), Wiley, New York, 1973.
12. de V. Heathcote, N. H., Prince Louis-Victor de Broglie, in *Nobel prize winners in physics, 1901–1950*, Henry Schuman, New York, 1953, 287–296.
13. Gourinat, Yves, *F-Ma = 0 : the unique certitude in Aerospace?*, in 3rd European LS-Dyna Conference, 18–19 June 2001, Paris, France, <http://oatao.univ-toulouse.fr/3092> (посећено 26. 11. 2012)