

БУДУЋНОСТ ФИЗИКЕ – повратак у будућност –

др Александар Богојевић
Лабораторија за примену рачунара у науци
Институт за физику

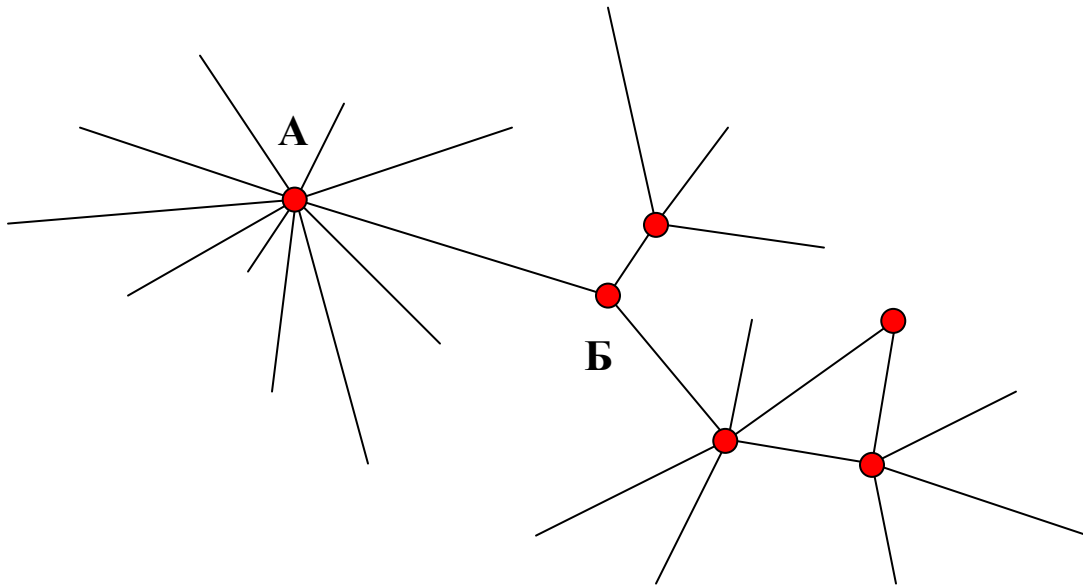
<http://scl.phy.bg.ac.yu/>

Супростављени погледи

При покушају сагледавања једне сложене и дуговечне креативне дисциплине као што је физика, могуће је одредити се за један од два комплементарна погледа. Први од ових је фокусиран на појединачне истраживаче који су унели нове идеје у нашу област, као и на међусобну узајамну испреплетеност тих идеја – како оних које су се до сада показале као успешне, тако и оних других. На претходној станици нашег путовања у будућност физике смо видели да су кључни истраживачи или настали или бар гравитирали географски и временски строго лоцираним центрима квалитета (школама мишљења) окупљеним око изузетно малобројних појединаца који су успевали да истовремено буду не само водећи истраживачи свог времена већ и водећи учитељи и ментори. То просторно и временско нагомилавање креативности је вишеструко повећавало размену, сучељавање и увезивање идеја и довело до револуционарних и често сасвим неочекиваних продора. Из ове визуре, историја и будућност физике нам личи на сложену мрежу појединаца и њихових интелектуалних веза. Овај поглед је у много чему сличан микрофизици у којој полазимо од мањег броја фундаменталних честица и интеракција и одатле покушавамо да изведемо сву сложеност макросвета који нас окружује.

Други поглед је комплементаран овом првом и далеко је присутнији у нашим школама и факултетима. Он у много чему подсећа на ефективне законе каквих је много у физици (нпр. хидродинамика), по томе што је фокус на континуалном току и стварању идеја. Временска зависност се у овом приступу не оцртава најјасније – кључни нагласак је на логичким везама између идеја, односно на стварању оптималних услова за синтезу успешних идеја. Овај поглед је више везан за логичко расуђивање, рационалну анализу, за занат. Он је апстрактан и науку у великој мери одваја од људи који је стварају. Имена која се спомињу у овом виђењу физике не означавају стварне људе већ конгломерате сачињене од доприноса мноштва људи – конгломерате који често поседују сасвим нове и изненађујуће особине које не поседује ни један стварни појединац. Имена која срећемо, дакле, нису имена научника од крви и меса већ неких «ефективних научника», амалгама великог броја људи и мноштва идеја. Сама имена су, у овом приступу, заправо ствар конвенције. Можда бисте очекивали да се имена тих «ефективних научника» бирају по имену најважнијег представника одговарајућег мноштва. Но ко је најважнији представник мреже идеја представљене на Слици 1? Да ли је то особа А (најкреативнији појединац, тј. чвор из кога излази највећи број

веза, односно идеја) или особа Б (један од најмање продуктивних појединаца у мрежи, но особа чије идеје повезује читаву структуру у јединствену целину)?



СЛИКА 1. Шематски приказ дела мреже идеја (представљене везама) и њихових твораца (представљени чворовима мреже) коју, из данашње перспективе, доживљавамо као јединствену логичку целину.

Када учите у школи или на факултету о Њутну, Ајнштајну или неком другом великану онда заправо не говорите о одређеној особи већ о вишеструко испреплетеној мрежи људи и идеја (далеко сложенијој од оне приказане на Слици 1) коју из данашњег ракурса доживљавамо као једну логичку целину у чијем «тежишту» се налази стварни Исак Њутн или Алберт Ајнштајн.

Оба погледа о којима је било реч су важна. Један нас, кроз примере, учи како да се пробијемо кроз до сада не прокрчени коров и шикару. Други нам омогућава да боље сагледамо предео који смо прешли. Вишевековна револуција у физици је довела до огромне пролиферације знања и вештина којима треба овладати да би сте се бавили нашом облашћу. Као резултат тога, данас је начин сагледавања физике који смо означили као микроскопски изузетно запостављен у нашим (али и у светским) образовним институцијама. Проблем, међутим, је у томе што је овај пут тесно повезан са људском интуицијом, упорношћу, грешкама и њиховом превазилажењу, са емоцијама и креативношћу. Због недовољног експлицирања те своје људске и емотивне компоненте, физика данас младима (али и широј јавности) делује све мање привлачно. С друге стране, услед запостављања неговања креативности у физици долази до кризе идеја о којој смо причали у једном од ранијих наставака овог серијала. Последица запостављања разумевања људске/индивидуалне компоненте великих истраживача, односно великих открића, јесте да, за разлику од пре, све више научника јесу занатлије (боље или лошије зависно од квалитета школе из које излазе), но не и уметници. Међутим, прави ствараоци у физици су увек били и једно и друго. Тако ће морати бити и убудуће.

Повратак

Ако нам је циљ да изнедримо нову генерацију ствараоца нових идеја онда их морамо упознати са неким њиховим претечама, њиховим успесима, заблудама, предубеђењима, интуицијама. Морамо их приближити животним проблемима и искуствима људи који, кад их мало боље сагледамо, често делују ововременски, чак и ако су живели пре више векова. Будућим ствараоцима морамо организовати једну посебну екскурзију у прошлост у којој ће се суочити са срећом и несрећом, са преданошћу и опседнутошћу, са рационалним и мистичним, пријатним и непријатним странама ранијих ствараоца.

У прошлом наставку смо открили да постоји непрекинут менторски ланац који повезује 13 генерација врхунских истраживача из математике и физике почев од Лајбница па све до Фајнмана. Наша екскурзија не мора да буде исцрпна – довољно је да се на том путу упознамо са неколико врло различитих ликова. Свеједно је одакле кренемо на ово путовање. Пођимо зато од почетка, од Лајбница.



Готфрид Вилхелм фон Лајбниц (1646-1716) је био један од последњих великих универзалиста, не у тривијалном смислу да је био широко образован, већ да га је интересовало широко поље интелектуалних делатности. Намерно је игнорисао међе које деле области а недостатак квалификација у некој области га никад није спречавао да многим таквим областима удене свеж дах своје интуиције. Један од разлога зашто је био толики противник универзитета као институција је што је сматрао да њихова подела на факултете спречава оплодњу идеја између области коју је сматрао суштином знања и мудрости. Иронија је у томе да је сам одиграо кључну улогу у процесу све веће специјализације до које је дошло као последица техничких продора који су све већи број дисциплина удаљавали од интелигентних људи који нису уски стручњаци за дату област. Академску каријеру је започео изучавајући права, но и поред тога већ од самог почетка математика је играла централну улогу у његовим интересовањима. Повећани фокус на математику је у великој мери дошао и као последица дружења са Хајгенсом. Заједно са Њутном Лајбниц слови за оца диференцијалног рачуна. Сукоб око приоритет у овом открићу је далеко превазишао њих двојицу као индивидуе. Њутн му је замерао, не без разлога, да није решио «ни један проблем који пре тога није био решен», но Лајбницов приступ се показао као кључан за будући развој анализе. На пољу динамике је имао амбициозне идеје које су биле испред свог времена. Управо та амбициозност га је спречила да и на овом пољу укрсти мачеве са Њутном.



Најпознатији од Лајбницових доктораната је свакако био Јакоб Бернули (1654-1705) који је дао велике доприносе у алгебри, анализи, рачуну варијација, механици, теорији низова и теорији вероватноће. Био је својеглав, тврдоглав, агресиван, осветољубив, опхрван осећајем инфериорности а ипак чврсто уверен у своје способности. Са оваквим особинама је јасно да је долазио у сукоб са својим братом кога су такође красиле сличне особине. На надгробном споменику му је уклесана логаритамска спирала и речи: *Eadem Mutata Resurgo* (васкрснућу исти а ипак промењен). Многобројни чланови породице Бернули су били математичари светског ранга, а њихов пример се често узима као један од главних аргумената да су гени важнији у формирању генија од утицаја средине. Но био би то изузетно површан закључак. Судбине неколико генерација Бернулијевих су биле повезано не само родбинским везама. Јохану Бернулију је Јакоб био не само брат већ и ментор.



Јохан Бернули (1667-1748) је био 12 година млађи од Јакоба. Брат му је платио образовање, био ментор а на крају и највећи ривал. Јохан је испитивао низове и диференцијалне једначине користећи методу парцијалне интеграције, сумирао је редове и откривао адиционе теореме тригонометријских и хиперболичких функција. Професуру у Гронингену је добио по препоруци Хајгенса. За време боравка у Гронингену такмичење са братом је прерасло у огорчено ривалство. 1696 је предложио проблем налажења брахистохроме криве. Поред Јохана проблем су независно решили Лајбниц и Јакоб Бернули. Да не би остао у сенци свог млађег брата Јакоб је затим предложио изопериметријски проблем – налажење криве дате дужине која омеђује најмању површину. Јоханово решење је било мање елегантно од Јакобовог, но 1718. је нашао ново елегантно решење које је постало основа варијационог рачуна. Јохан Бернули је такође дао важан допринос механици. Још један пример његове зависти је био неуспели покушај краће резултата из хидродинамике његовог рођеног сина Данијела Бернулија. У току живота Јохан је стекао велику славу. Био је члан академија у Паризу, Берлину, Лондону, Петрограду и Болоњи. Био је познат као *Архимед свога времена*, што му и пише на надгробном споменику.



Леонард Ојлер (1707-1783) је докторирао код Јохана Бернулија. Његов допринос математици је био толики да са сигурношћу можемо рећи да је далеко надвисио и свог великог ментора. Ојлер је учинио кључне продоре у геометрији, анализи и теорији бројева. Ујединио је Лајбницов диференцијални рачун са Њутновим методом флуksiја створивши тиме математичку анализу. Увео је бета и гама функције и интеграционе факторе за диференцијалне једначине. Бавио се механиком континуума, месечевим кретањем, проблемом три тела, еластичношћу, акустиком, таласном теоријом светлости, хидрауликом и музиком. У својој књизи *Теорија кретања крутих тела* је поставио темеље аналитичке механике. Ојлеру дугујемо нотацију $f(x)$ за функције, базу за природне логаритме e , имагинарну јединицу i , број π ,

нотацију за суме, диференције, итд. Његова је и магична формула $e^{i\pi} + 1 = 0$ која уједињује пет најважнијих бројева у математици: 1, 0, i , π , и e . Ојлер је иза себе оставио суштинске резултате у диференцијалној геометрији, испитивао је теорије површина и њихових кривина. Многе његове необјављене резултате је касније независно открио Гаус. Друга геометријска испитивања су га одвела до фундаменталних идеја у топологији као што су Ојлерове карактеристике полиедара. Извео је фундаменталне резултате у теорији варијација. Каратеодори је његову књигу *Methodus inveniendi lineas curvas* сматрао за «једно од најлепших дела математике икада написаних». Са друге стране, менторско умеће је показао извајавши себи равног – Жозе Луј Лагранжа.

Прескочићемо Лагранжа, и његове студенте Поасона и Фуријеа, као и Дирихлеа, Кронекера, Клајна и Линдемана из наредне четири генерације. Прескочићемо и Линдеманове студенте Хилберта, Минковског и Зомерфелда, као и Зомерфелдове многобројне интелектуалне потомке који су нам дали добар део модерне физике. Овде ћемо стати, јер негде морамо стати. Овде ћемо стати и зато што нам животи Лајбница, браће Бернули и Ојлера пружају довољно разноликости да од њих започнемо сасвим лична путовања на којим се можемо сусрести са самим границама људске креативности, надарености и преданости, али истовремено и надмености, покварености и глупости. Откријете ли у њиховим мрачнијим странама део себе, можда ћете имати права да се понадате у то да постоји мала шанса да у себи откријете и однегујете неки део онога што их је чинило великим. Ако у томе успете онда се не треба бринути о будућности физике.