

# БУДУЋНОСТ ФИЗИКЕ

– физика и креативност –

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

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

*Those that can do;  
Those that can't, teach.*

Горњи цитат непознатог аутора се појавио пре пар деценија у Америци и за кратко време се одомаћио по тамошњим физичарским институцијама. Превод на српски би гласио: *Ко уме, тај и чини; Ко не уме он подучава друге.* Систем образовања физичара у нашој земљи је, међутим, овај цитат схватио сасвим озбиљно. Циљ функционисања овог система је стварање компетентних истраживача (у чему је прилично успешан за малу земљу као што је наша). Овај циљ и није тако чудан ако образовање схватимо као обуку из постојећих знања и вештина.

Великој већини оних који нису у стању, или нису заинтересовани, да се квалификују у овај елитни клуб, као утешну награду, дајемо да обучавају и мотивишу будуће генерације. Није можда чудно да управо они који сами нису успели да се сместе у прве физичарске редове најчешће постају највећи правоверници оваквог уског схватања образовања. Отуд наставници који своје ученике гурају на многобројна домаћа и међународна такмичења која захтевају предани, али шаблонски, рад. Ако им се физика у међувремену не смучи, најуспешнији међу њима би могли да израсту у нову генерацију истраживача и да на тај начин испуне амбиције својих наставника и родитеља.

За напредак физике је заслужна армија стотина хиљада компетентних занатлија који су нас својим марљивим радом током више векова довели до завидног места на коме се сада налазимо. Ипак, више него у већини других дисциплина, напредак у физици са правом најчешће везујемо за рад много мањег броја изузетно креативних индивидуа. Требају нам добре занатлије, али нам свакако требају и креативне индивидуе које отварају нове области, упошљавају ту армију занатлија и који младима и људима ван области приказују нашу науку не као скуп опскурних и тешких знања и вештина, већ као живи и узбудљиви интелектуални изазов<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Дубоко сам убеђен да садашњи начин презентовања физике младима, начин оцењивања, као и већина такмичења које спроводимо, нису најоптималнији чак ни са становишта стварања добрих занатлија (што им је декларисани циљ). Педагози и психолози нам из својих кувара нуде општа решења како да побољшамо наставни процес. Треба, међутим, бити веома опрезан. Физика је далеко озбиљнија дисциплина од наведених (не)природних наука, како по питању нивоа развијености области тако и по квалитету расположивих људских потенцијала. У неком будућем наставку серије текстова о будућности физике бисмо се могли позабавити рационалним оптимализовањем процеса обуке у физици – не само зато што смо заинтересовани за судбину наше науке, већ првенствено зато што је рационална анализа управо оно чиме се физика и бави.

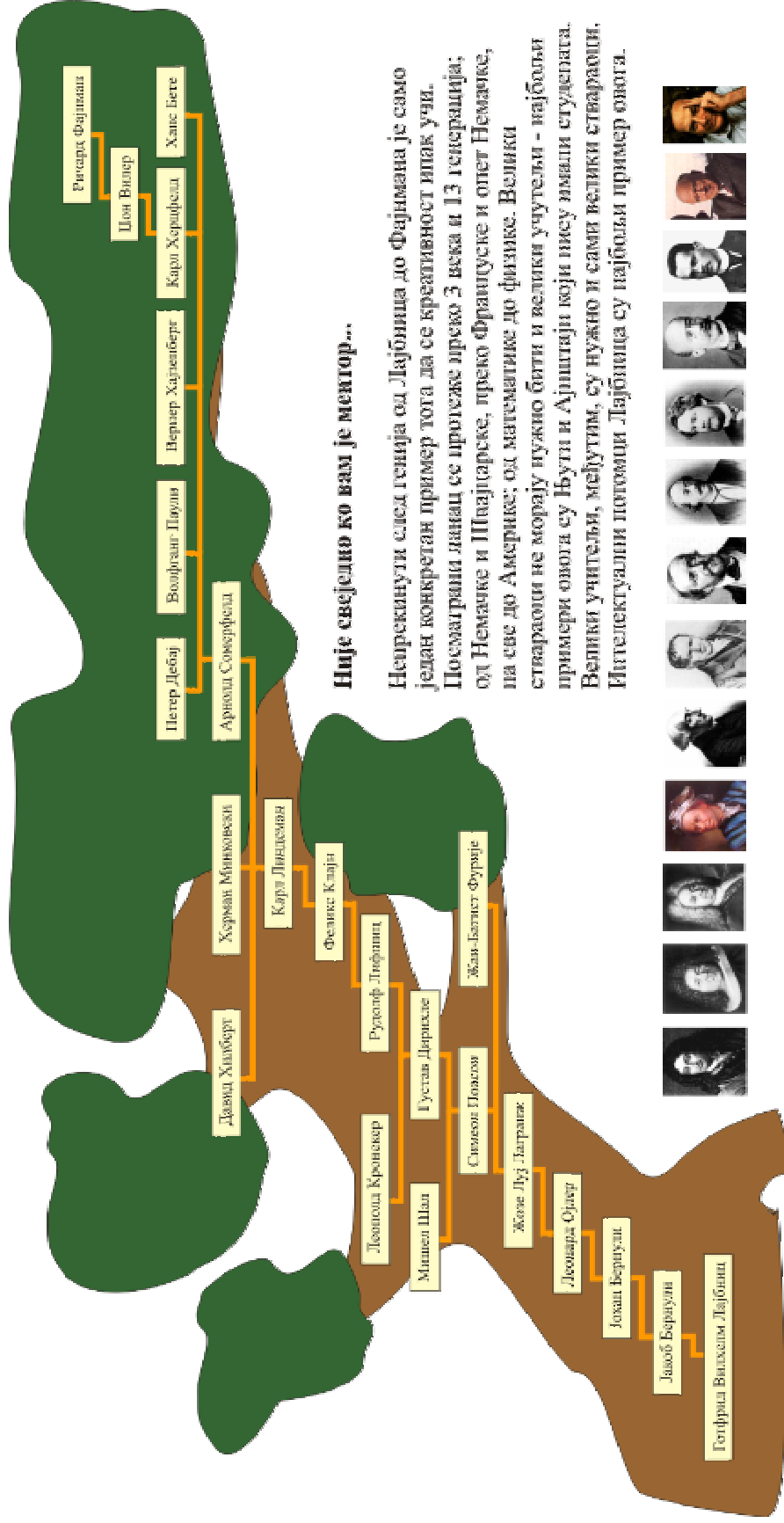
## Менторске везе

Младе људе подучавамо подацима, вештинама, радним навикама, но како да их учимо да буду креативни? Захуктавање цивилизације захтева повећани број креативних појединаца. Питање извора креативности је све мање академско, а све више практично питање. Будимо дакле сасвим практични – уместо да се бавимо прецизним дефиницијама разних врста креативности (или мерењем креативности) фокусирајмо се радије на најкреативније индивидуе из прошлости, на највеће од највећих. Чим то урадимо видимо да креативност није равномерно распоређена, ни у простору ни у времену. Неравномерна просторна расподела би се могла објаснити тиме да су неки народи креативнији од других, но како онда објаснити неравномерну расподелу по времену?

Крајем 15. века центар сликарства је био у Фиренци, релативно мањем градићу у коме су живели Леонардо, Микеланђело и Рафаел. Који су корени оваквог процвата креативности и зашто се она пар генерација касније преселила из Фиренце? Свакако да постоји више одговора на ово важно питање – постоје историјски аргументи, економски аргументи, објашњења повезана са религијским слободама или одсуством тих слобода, итд. Постоји, међутим, сасвим једноставна заједничка нит која повезује ова три генијална сликара – заједнички им је Андреа Верокио. Верокио је и сам био изванредан сликар у чијој мајсторској радионици је израстао и формирао се Леонардо, али и великани као што су Ботичели, Перуђино, и Ђиралдајо. Перуђино је даље био учитељ Рафаелу, Ђиралдајо Микеланђелу. Сви велики сликари фирентинског процвата су били део једне испреплетене мреже мајстора и њихових ученика, а централни део ове мреже је свакако био Верокио.

Много је примера оваквих мрежа креативности у науци и уметности. Мада и даље не знамо шта је то креативност, ови примери нам говоре да су током векова неки људи знали да негују и буду окидачи креативности код других. На креативног истраживача утиче мноштво људи (родитељи, учитељи, колеге), но у свим случајевима се испоставља да је један од кључних утицаја ко му је био ментор. Једна од најлепших академских генеологија је она која преко три века и тринаест генерација повезује Лајбница и Фајнмана (видети Слику 1. на следеће две стране).

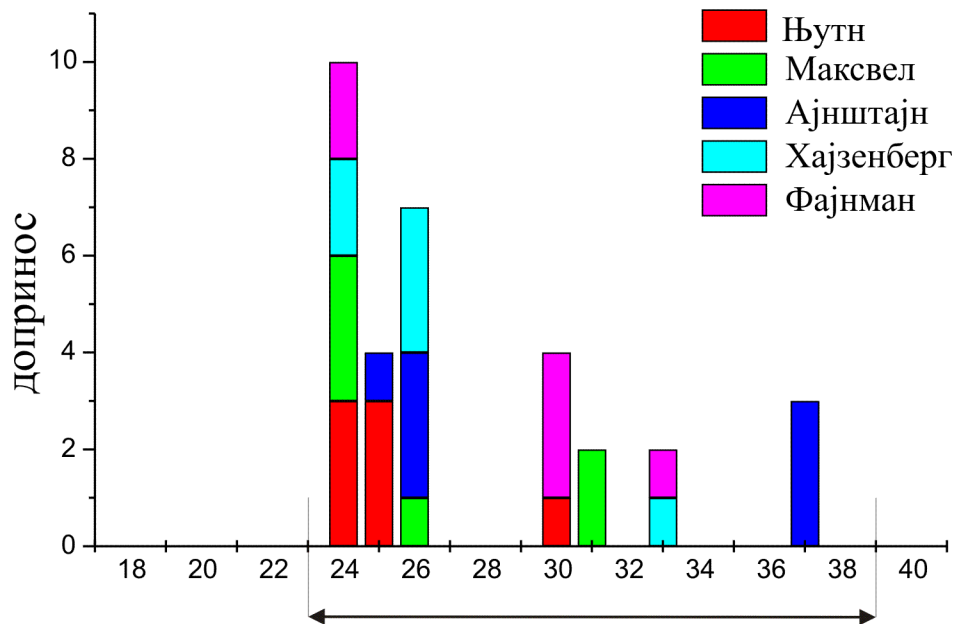
Шта је заједничко читавом овом академском стаблу? Свако од људи у овој запањујућој генеологији је истовремено био и истраживач највише категорије и фантастичан ментор и учитељ. Тако свака поједина гранчица овог стабла оповргава цитат са којим смо започели овај текст. Дихотомија између оних који умеју и оних који обучавају не важи за најкреативније. Генији се ретко спонтано рађају – у већини случаја они настају као нови изданци стабла креативности. Није свеједно ко вам је ментор (или ко је његов ментор био). Најбољи ментори су и сами изванредни истраживачи (обрнуто не важи баш увек). Под условом да испуњавате све остале потребне услове, они имају наизглед магичну моћ да у вама пробуде искру креативности. Чињеница да се посматрано стабло у континуитету зелени већ тринаест генерација говори о томе да се од добрих ментора, поред креативности, често «наслеђујете» и дар да и сами постанете добар ментор.



СЛИКА 1. Интелектуални потомци Готфрида Вилхелма Лајбница.

## Прозор креативности

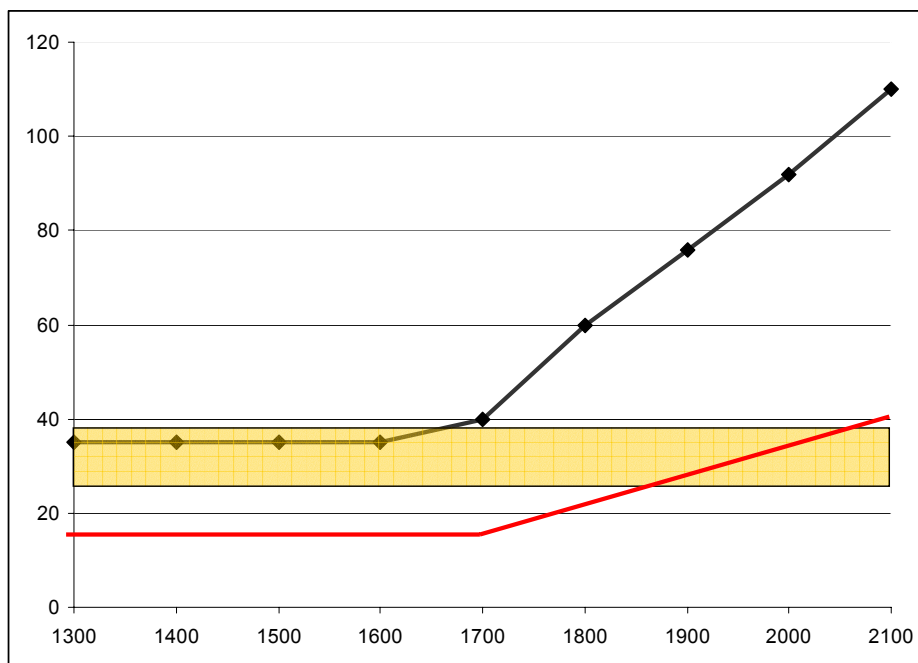
До сада смо се позабавили питањем извора креативности. Погледајмо сад у ком животном периоду се та креативност манифестује. Једноставан начин да стекнемо прву импресију о овоме је да посматрамо животе неколико кључних физичара и забележимо тренутке када су дошли до својих највећих открића. Скоро да је свеједно које научнике бирате. Лако ћете се уверити да већ вековима постоји нешто што би могли назвати прозором креативности: истраживачи до већине открића долазе у уском прозору између 23. и 39. године старости.



прозор креативности од 23. до 39. године

**СЛИКА 2.** Највећа открића пет великана физике квалитативно градирана од 1 до 3 према процени утицаја на физику и науку уопште (са 1 су оцењена открића чији се допринос мери деценијама, са 2 она чији се допринос мери вековима, док 3 означавају открића која дају трајни допринос). Сва наведена открића су начињена у периоду који би могли назвати прозором креативности (од 23. до 39. године живота).

Узмимо дакле постојање овог прозора креативности као чињеницу, ма који био разлог за његово постојање. У сваком случају границе прозора су нешто што се веома споро мења, односно нешто што се може узети као константа бар у следећих неколико векова. Додајмо сад овоме и два кључна податка која се јесу мењала кроз векове: просечни људски век, односно старост која је означавала почетак самосталног истраживачког рада. Слика 3. нам показује да је тек од почетка осамнаестог века просечни људски век изашао ван прозора креативности. И пре тога је наравно пуно људи живело дуже од просека, но постоји велики број примера генијалних људи који су умрли на самом почетку фазе у којој се од њих очекивао највећи допринос.



**СЛИКА 3.** Однос прозора креативности, просечне смртности и минималне старости за самостални креативни рад кроз векове.

Развој науке, који је на крају за последицу имао и продужење људског века, имао је и другу последицу: да би постали самостални истраживачи, млади научници, морали су апсорбовати све више знања, овладати са све више вештина. Средином деветнаестог века ова крива самосталности је по први пут ушла унутар прозора креативности. Данашњи млади истраживачи у најбољем случају тек у раним тридесетим годинама завршавају своје докторате и последокторске студије. Данас већ не користимо две трећине прозора креативности. Ако се ништа не промени онда би крајем овог века дошли у ситуацију да смо у потпуности ван тог прозора. Дакле, ако ништа не променимо у начину образовања и усавршавања нове генерације истраживача, физика ће свакако доживети свој крај – неће више бити нових идеја.

Наравно, глад људског друштва за новим идејама је управо оно што ће горњу песимистичку екстраполацију учинити неважећом. Начин превазилажења проблема је јасан – ми смо заправо тек у последњих пар векова оштро временски одвојили образовање од креативног истраживачког рада. У мајсторским радионицама Ренесансе млади уметници, занатлије и научници су учили од својих мајстора радећи паралелно са њима. Физика 21. века, да би била успешна, мора се вратити оваквом флексибилном комбиновању научног шегртовања и континуалног образовања. Ово повлачи и стварање сасвим нових врста високошколских установа. Универзитети ће се тим променама здушно опирати, али они који се не прилагоде неће ни опстати – на крају се увек вратимо на Дарвина.

Подразумева се такође да ће све ово довести до суштинске реорганизације и свих осталих образовних институција. Живимо у узбудљивим временима – не само да су нам економија, друштвени систем и систем вредности у транзицији, већ је у транзицији и систем образовања.

Физика, и наука уопште, свакако ће играти кључну улогу у том процесу. Доминантни утицај наше науке на свет у коме живимо је претходних неколико векова био кроз технологију. Тај се утицај вероватно неће смањивати, но у 21. веку треба очекивати да ће још већи утицај наше науке управо бити у успостављању темеља једног суштински другачијег система образовања.

\* \* \* \* \*

Предлажем да се следећи пут мало одморимо од предвиђања будућих токова физике и детаљније се позабавимо интелектуалним потомцима Лајбница и њиховим делима. Овог пута смо их само набројали, а они заслужују много више од тога. Већина тих имена би требала да буду позната читаоцима Младог физичара, но није згорег набројати шта су све урадили, а интересно је и видети какви су људи они заправо били. Следећу станицу нашег путовања би стога са правом могли назвати повратак у будућност.