

Dolje račun, živjela matematika!

Goran Knežević, Slavonski Brod



Conrad Wolfram britanski je matematičar, informatičar i poduzetnik (<http://www.conradwolfram.com/>). Brat je Stephena Wolframa, također matematičara koji je dizajnirao čuveni računalni programski paket *Mathematicu*. Zajedno su osmislili znanstvenu tražilicu *Wolfram Alpha*. Conrad Wolfram je 2010. godine nastupio na TED-u* u Oxfordu inspirativnim govorom *Učenje djece stvarne matematike s računalima*. Videosnimka s hrvatskim titlovima dostupna je na adresi https://www.ted.com/talks/conrad_wolfram_teaching_kids_real_math_with_computers/transcript?language=hr.

Iste ideje koje su se jednom davno javile, još dok je bilo mladenačkog poleta, danas su se ponovno, ničim izazvane, pojavile u sasvim običnom razgovoru za vrijeme uobičajene kave s uobičajenim društvom. Kao nastavnik matematike i informatike neskromno ću reći da sam u najmanju ruku solidno računalno potkovan, ili sam to barem bio. A i sada volim tako misliti, iako je vjerojatnije da me vrijeme poprilično pregazilo – ipak su računalne godine kraće od pasjih godina. No kako god bilo, istovremeno ću se posuti pepelom i priznati kako sam izrazito skloniji matematičar. Usprkos vještinama korištenja računala moje poučavanje matematike uglavnom počiva na starom kreda-ploča principu (spreman sam za drvље i kamenje od strane kolega,

roditelja...). Oduvijek sam smatrao da je ploča-kreda jedini ispravan način za poučavanje matematike, odnosno računa jer on ionako dominira onim što se od matematike učenicima nudi. No Conrad Wolfram je u svome predavanju što ga je sad već davne 2010. godine održao na TED konferenciji (engl. *Technology, Entertainment and Design*) doveo u pitanje ne samo način poučavanja, već i suštinu onoga što se u matematičarima poučava. Na njegovo predavanje naletio sam sasvim slučajno, lutajući bespućima interneta negdje u 2012. godini. Isto možete pogledati na poveznici https://www.ted.com/talks/conrad_wolfram_teaching_kids_real_math_with_computers.

Goran Knežević, prof., Gimnazija "Matija Mesić", Slavonski Brod, goran.knezevic@skole.hr

*TED (engl. Technology, Entertainment and Design) neprofitna je fondacija koja od 1984. održava godišnje konferencije (kratki nadahnuti govori o temama i idejama vrijednim širenja) podržavajući ideju besplatnog znanja dostupnog svima.

Iznesene ideje toliko odskaču od ustaljenih normi da zvuče poput znanstvene fantastike. No, zbog toga što ih nisam mogao odbaciti kao bezvezne, bijah uzdrman u svojim matematičkim temeljima. Osjetio sam stanovito previranje jer usprkos otporu njegovim idejama koji se po automatizmu uključio, osjećao sam kako to što čovjek govori ima smisla. Pogotovo ako se razmišlja u jednom puno širem vremenskom i civilizacijskom kontekstu usmjerenom na budućnost obrazovanja, ali i čovječanstva općenito. Stoga ću, uz poneki vlastiti komentar, pokušati što vjernije prenijeti poruke iz nekih dijelova tog predavanja ne bježeći od činjenice da je moj vlastiti doprinos ovim idejama nikakav, već da njihovim prenošenjem samo djelujem u duhu spomenute TED krilatice engl. *Ideas worth spreading* jer smatram kako se zaista radi o idejama koje su zavrijedile da ih se razglasi. Wolfram kaže:

U obrazovanju imamo velike probleme s matematikom. U osnovi nitko nije posve sretan. Oni koji je uče misle da je nepovezana, dosadna i teška. Poslodavci smatraju da istu ne znaju dovoljno. Vlade smatraju da je matematika vrlo važna za gospodarstvo, ali ne znaju kako popraviti stvar. A i nastavnici su frustrirani. Istovremeno, matematika je za svijet važnija sada nego u ijednom trenutku u ranijoj ljudskoj povijesti. Dakle, s jedne strane imamo pad interesa za matematičkim obrazovanjem, a s druge strane imamo svijet prožet matematikom, svijet koji je kvantificiran više nego ikada prije.

Kakvo sjajno otvaranje predavanja. Ustoličio je matematiku kao temelj na kojem počiva rast gospodarstva. Pogledamo li samo ovlaš rezultate PISA testiranja u području matematičke pismenosti, očigledna je pozitivna korelacija između stupnja matematičke pismenosti i gospodarske snage pojedinih država. S pravom smijemo biti ponosni na važnost našeg predmeta, ali i svjesni odgovornosti koja proizlazi iz te važnosti. Posebno, možda još i važnije, C. Wolfram naglašava kvantificiranost današnjice. U surovom neoliberalnom kapitalizmu na snazi je *homo homini lupus est* i svatko tko se otisne u život, a nije se matematički izbrusio, stekao sposobnost analitičkog razmišljanja i donošenja brzih procjena (koji su nužne pozitivne posljedice učenja matematike), past će analogno kao što pada plijen što ga iz stada izdvoje i svladaju lavice u afričkim

savanama. Štoviše i samo stado se od ranjene jedinke izdvaja jer ne žele biti blizu kada lavice navale. Jer svi su svjesni da su najslabiji uvijek prvi na meti. U daljnjem govoru Wolfram odmah nudi ono što vidi kao rješenje.

U čemu je problem? Što je stvorilo toliki jaz? I što možemo učiniti da bismo popravili situaciju? Vidite, ja smatram da nam je odgovor cijelo vrijeme pred nosom. Valjalo bi se koristiti računalima. Ispravno korištenje računalima može pokrenuti interes za matematikom. Kako bih to pojasnio, pogledajmo najprije kako matematika izgleda u stvarnom svijetu i kako izgleda u obrazovanju. U stvarnom svijetu matematikom se ne bave nužno matematičari. Koriste je geolozi, inženjeri, biolozi i općenito svakakvi pojedinci. Modeliranje i simulacije su zapravo jako popularni. Ali u obrazovanju matematika izgleda bitno drukčije: oklaštreni problemi, puno računanja 'pješke', puno stvari koje samo naoko izgledaju jednostavno i čine se lakšima nego u stvarnom svijetu. I zaista se čine takvima – osim u slučaju da ih morate učiti.

Pomislih da mi čovjek sjedi u učionici. Štoviše, pomislih da mi čita misli. Kako se samo precizno izražava *Ispravno korištenje računalima može pokrenuti interes za matematikom*. Upravo suprotno od onoga što su, čini mi se, trendovi koji se javljaju u našem obrazovanju, a koje bih sazeo u frazi: *računalo prije svega – nije bitno ima li to smisla ili ne*. No o tome ću nešto kasnije.

Upitajmo se zašto ljude poučavamo matematičari? Koja je svrha poučavanja ljudi matematičari? Posebno, zašto je matematika obvezan predmet? Postoje otprilike tri razloga:

- 1. Poslovi tehničke naravi koji su ključni za svako gospodarstvo*
- 2. Svakodnevni život (da biste funkcionirali u svakodnevicu, morate biti prilično proračunati, danas puno više nego nekoliko godina ranije: morate znati izračunati svoje hipoteke i rate kredita, opravdati svoj skepticizam prema statističkim podacima koje objavljuje vlada...)*
- 3. Logičko treniranje mozga, razvijanje logičkog razmišljanja. U poziciji smo da logičko razmišljanje prožima svaki segment ljudskog društva,*

a matematika je izvrstan način da se priuči logičkom razmišljanju.

Potom daje osvrt na samu suštinu, pitajući što matematika jest. Točnije, što se podrazumijeva pod frazom 'učim matematiku', odnosno 'ljudi poučavam matematiku'. I ovdje navodi nama poznatu raščlambu.

Tu se ugrubo radi o četiri koraka:

1. Postavljanje pravih pitanja (što želimo pitati, što želimo saznati) – ovo je najzafkranija stvar u stvarnom svijetu, gora od ostalih dijelova koji čine matematiku. Često ljudi postavljaju kriva pitanja i onda su iznenađeni kada dobiju krive odgovore. A najvažnije pitanje je: Koji problem iz stvarnog svijeta želimo riješiti?
2. Prevođenje tog problema realnog svijeta u matematički problem.
3. Računanje – rješavanje matematičkog problema na način da se dobiva rješenje u obliku matematičkog izraza. Matematika je tu bez premca najjača.
4. Interpretacija rješenja u jeziku početnog problema. Formuliranje odgovora u kontekstu stvarnog svijeta. Je li dobiven odgovor na postavljeno pitanje? Ključni dio je provjera dobivenih rješenja.

A sada evo lude činjenice: **U poučavanju matematike (najmanje!) 80 % vremena provodimo poučavajući treći korak, poučavamo ručno računanje. A to je jedini korak koji računala rade bolje od ljudi, čak iako su ti ljudi godinama vježbali. Uostalom i sam naziv – računalo – govori sve.** Umjesto toga trebali bismo se računalima koristiti za obavljanje trećeg koraka i omogućiti učenicima da najveći napor ulože u svladavanje prvog, drugog i četvrtog koraka. Nastavnikova primarna zadaća treba postati navođenje učenika na konceptualiziranje problema i primjenjivanje tih koncepta na stvarnost kojom su okruženi.

Ključna je činjenica da **matematika nije isto što i računanje. Matematika je daleko šira tema.** Svi nam je jasno da su ta dva pojma, matematika i računanje, vrlo isprepletena. Stolicima je jedini način za računanje bio uz pomoć papira i olovke. Ali u posljednjih nekoliko desetljeća to se potpuno

promijenilo. Od svih tzv. starih znanstvenih disciplina, u matematici je došlo do najvećih promjena ikada, sve to zahvaljujući pojavi i razvoju računala. Uobičajeni ograničavajući faktor bilo je računanje, a sada najčešće nije. Na neki način može se reći da je matematika oslobođena od računanja. Ali to oslobođenje od računanja još nije ušlo u obrazovni sustav.

Na računanje bi trebalo gledati kao na matematičku mašineriju. To je zadaća, obveza koju biste najradije izbjegli ako je moguće, za koju biste voljeli da je obavi nekakav stroj. **Računanje je sredstvo do cilja, a nikako cilj sam po sebi.** Automatizacija nam omogućava da imamo takav stroj – računalo. I ovdje se ne radi o malom problemu. Procjenjuje se da tijekom jednog dana čitavo čovječanstvo provede 106 prosječnih ljudskih života poučavajući računanje olovkom i papirom. Pri tome većini uključenih to nije bilo nimalo zabavno. A radi se o velikoj količini ljudskog vremena. Zato bismo trebali biti sigurni znamo li zaista zašto to činimo, i ima li to pravu svrhu?

Možda bi računanje trebali prepustiti računalima, dok bi računanje papirom i olovkom trebalo poučavati samo kada to ima smisla. A takvi slučajevi postoje, npr: **mentalna aritmetika (tj. računanje napamet) koja je izrazito važna za stvaranje vlastitih procjena.** Kada vam netko tvrdi da je nešto istina, možemo odvojiti trenutak kako bismo razmislili i sami donijeli procjenu toga. To je puno praktičnije činiti napamet, nego koristeći se računalima. I upravo je praktičnost jedan (ne i jedini) razlog zbog kojeg treba poučavati računanje olovkom i papirom.

Danas tjeramo ljude da uče matematiku jer se radi o najvažnijem predmetu. A ni trenutka ne zastanemo kako bismo te ljude savjetovali da ako nemaju interesa za računanjem uz pomoć papira i olovke, odnosno općenitije, ako imaju interesa za nekom temom, trebaju taj interes slijediti bez obzira koliko se to nekome moglo činiti bizarnim. To je apsolutno njihovo pravo – slijediti vlastiti interes. Osobno pokazujem interes za antičkom Grčkom. Ali nema potrebe inzistirati na tome da se čitavu populaciju poučava antičkoj Grčkoj. Tako nešto jednostavno nema opravdanja u današnjem svijetu. Treba praviti razliku između onoga na što tjeramo ljude da čine i onoga

što ljudi sami žele činiti, odnosno između sadržaja koji danas predstavljaju suštinu stvari i sadržaja koje ljudi prate iz vlastitog interesa.

Ovdje se sada uvijeno, u rukavicama, tvrdi kako nema smisla one koji to ne žele godinama prisilno poučavati računanju uz pomoć papira i olovke, pogotovo ako njihovi budući interesi ni na koji način neće zahtijevati poznavanje takvog računa. Za nastavnika matematike, poput mene, ovo na prvu zvuči 'bogohulno', ali s vremenom i iskustvom sve manje je tako. Evo primjera: kako će poznavanje ručnog rješavanja trigonometrijskih nejednadžbi pomoći čovjeku u ostvarenju njegovih glumačkih, sportskih, spisateljskih ili pravničkih ambicija? Ako već želimo pričati o rješavanju trigonometrijskih nejednadžbi s takvom populacijom, onda se možemo poslužiti računalnom vizualizacijom i davanju odgovora na pitanja "Gdje (za koje brojeve) je graf iznad/ispod neke referentne vrijednosti?" Što u konačnici omogućava razumijevanje kako se vizualno rješavaju nejednadžbe koristeći se grafovima funkcija, a njih računala crtaju kao od šale.

*Koji se problemi najčešće navode vezano za ovakav pristup? Jedan od njih svakako jest izjava 'najprije se trebaju usvojiti osnove'. Ne bi se smjelo koristiti računalo dok se ne usvoje osnove predmeta. Uobičajeni odgovor na ovo pitanje također bi moglo biti pitanje: 'A što se točno smatra osnovama? Osnove čega?' Jesu li osnove vožnje automobila naučiti kako ga servisirati? Ili ga možda dizajnirati? Jesu li osnove pisanja naučiti kako šiljiti olovku? Pa i ne baš. **Potrebno je razdvojiti osnove onoga što želite postići od načina, odnosno sredstva kojim se to postiže.** Automatizacija vam pomaže u postizanju tog razdvajanja. Istina, ako ste željeli voziti automobil prije stotinu godina, zaista ste morali dosta toga znati o mehanici automobila. Ali automatizacija u automobilima omogućila je da se te dvije stvari potpuno odvoje. Znači vožnja automobilom postala je takoreći zaseban predmet od servisiranja automobila.*

*Još jedna stvar kad smo kod osnova: **mnogi su ljudi zbunjeni i brkaju redoslijed otkrivanja alata i naprava s redoslijedom kojim bi se te alate trebalo koristiti.** Samo zato što je papir otkriven prije računala ne znači da će se osnove bolje usvojiti*

ako se poučavajući matematiku koristimo papirom umjesto računalom.

Autor navodi vrlo poučnu i šaljivu anegdotu kojom dodatno poentira.

Moja kći uživa izrađujući tzv. laptope od papira. Upitao sam je 'Znaš, kad sam bio tvojih godina, nisam ih izrađivao. Što misliš zašto?'. Nakon što je nekoliko trenutaka promislila, odgovorila je pitanjem: 'Zar tada nije postojao papir?'

I sam imam sličan primjer gdje moja kći s godinu i nešto dana, nakon što je već neko vrijeme uspješno 'čačkala' po ekranu osjetljivom na dodir, u susretu sa sličicom u nekom časopisu (mislim da je bio Bug) istu pokušala povećati na način na koji se to čini na pametnom telefonu (tzv. *pinch zoom*).

Kad ste rođeni u vremenu u kojem imate i papir i računalo, svejedno je čime ćete poučavati matematiku dokle god se koristite najboljim dostupnim alatom.

Drugi problem koji se spominje kod korištenja računalima u matematici jest: 'Računala poglupljuju matematiku, na način da se koristeći računalom sve svodi na klikanje po gumbima bez potrebe za razmišljanjem. A ako to činite pješke, sve je intelektualno i misaono.' Ovaj argument me pomalo i živcira. Zar zbilja vjerujemo da je matematika koju većina ljudi radi u školama nešto više od primjenjivanja postupaka na probleme koje zapravo ne razumiju iz razloga koje im se ne navodi? I da bude još gore, ono što i nauče danas, u praksi im više nije od koristi. Možda bi im bilo korisno prije pedeset godina, ali danas više nije. Kada izađu iz sustava obrazovanja, vjerujte, sve rade na računalima.

Računala, jednako kao i svi drugi odlični alati, mogu se koristiti bez upotrebe mozga. Na primjer, moguće je sve svesti na multimedijalni zabavni događaj. Ili još gori primjer, gdje pri poučavanju rješavanja jednadžbi računala preuzmu ulogu učitelja i učenike uče kako 'pješke' riješiti jednadžbu – nije li to besmisleno? Zašto se koristiti računalom za poučavanje učenika kako papirom i olovkom riješiti problem koji bi ionako trebalo rješavati računalom? Sve je to naopako.

S ovim se moram složiti. Ispravno korištenje računala u nastavi matematike podrazumijeva upregnuti računalne resurse kako bismo postigli nešto što nije moguće postići klasičnim pristupom. No to je puno zahtjevnije nego što bi se isprva moglo činiti. Da biste napravili jednu interaktivnu animaciju koristeći se specijaliziranim programima nerijetko morate utrošiti cijeli dan (ili noć u mom slučaju). Ako je ona metodički primjerena, učenici će u pet minuta rada i interakcije ostvariti ishode učenja koji klasičnim pristupom zahtijevaju cijeli školski sat. Učinkovito s jedne strane, iz perspektive nastavnog sata. S druge strane imate cijeli dan posla (koji nitko ne vidi, posljedično vam ne plati) za *pet minuta slave* u učionici. Što bi o tome rekla analiza troška i koristi za nastavnika? Dalje nastavlja:

*Evo kako probleme možemo učiniti teškima u računskom smislu. U školi se uči kako riješiti kvadratnu jednadžbu, a koristeći se računalom možete od kvadratne jednadžbe vrlo jednostavno načiniti jednadžbu četvrtog stupnja. Iako se primjenjuju isti matematički principi, računanje je bitno teže. A problemi u stvarnom svijetu zaista i jesu 'zeznuti' i zastrašujući. Dlakavi su – kako ja volim reći. Stvarni problemi nisu nimalo jednostavni poput oklaštenih problema koje rješavamo u školskoj matematici. I razmislite o stvarnom svijetu – jesu li se tehničke znanosti, biologija, kemija i sve ostale stvari koje su toliko profitirale zbog računala i matematike, neka-ko reducirale zbog upotrebe računala? Mislim da se dogodilo upravo suprotno. **Stvarni problem koji imamo u poučavanju matematike nije u tome što će matematika otupaviti upotrebom računala, već u tome što sada bez računala rješavamo nerealne (priglupе) probleme.***

Još jedan problem koji se navodi jest da postupci računanja papirom i olovkom vode razumijevanju. U smislu da ako se prođe puno primjera, bolje će se razumjeti kako funkcioniraju osnove čitavog tog sustava. Ovdje postoji jedna valjana činjenica: razumijevanje principa i postupaka zaista jest važno. Ali u našem modernom svijetu postoji fantastičan način da se to postigne. Taj način se zove programiranje. Većina procesa i postupaka danas se zapisuju programiranjem, ne na papiru kao u nekakvoj knjizi recepata. I to je odličan način da se učenici još više uključe i na takav način se provjeri

*razumiju li oni zaista. **Želite li vidjeti koliko razumijete matematiku, probajte je isprogramirati. Dakle programiranje je način na koji se danas može postići i provjeriti razumijevanje.***

Matematika zaista nudi jako puno sadržaja čije razumijevanje možemo postići kroz programiranje. Na primjer, napisati program koji će za proizvoljne realne koeficijente kvadratne jednadžbe ispisati njezina rješenja (i realna i kompleksna) možete samo ako zaista razumijete ulogu diskriminante. Ili pak napisati program koji će provesti faktORIZACIJU proizvoljnog kvadratnog trinomа. Učenici skloni radu na računalu će se vrlo rado uhvatiti u koštac s takvim zadacima. Svladavajući problem implementacije matematike kroz funkcionalan računalni kod, oni zapravo postižu dubinsko razumijevanje matematičkog sadržaja od interesa. Na primjer, ove je školske godine već u drugom tjednu nastave učenik prvog razreda napisao aplikaciju za pametni telefon na Android platformi koja implementira Eratostenovo sito. A samo sam usput natuknuo kako bi bilo zgodno kad bi to pokušali isprogramirati. Znači interes zaista postoji, jer implementacija matematike u računala predstavlja izazov koji ih privlači.

Imamo jedinstvenu priliku učiniti matematiku istovremeno i praktičnijom i konceptualnijom. Ne mogu se sjetiti ni jednog predmeta u kojem je to odnedavno moguće. Uvijek se tu radilo o suprotstavljenim stranama, praktičnost protiv konceptualnosti, manu-fakturnost protiv intelektualnosti. A ovdje ispada da možemo imati oboje istovremeno. Otvara se ogroman broj mogućnosti, možemo se uhvatiti ukoštac s puno više problema. Učenici mogu više nego ikada ranije stjecati istovremeno i intuiciju i iskustvo. Mogu iskusiti bitno složenije probleme. Mogu se igrati s matematikom koja postaje interaktivna. Mogu je osjetiti. I želimo da učenici matematiku osjete svojim instinktom. To je ono što nam računala omogućavaju.

Još je jedna stvar koju bi nam računala omogućila – preslagivanje kurikula. **Tradicionalno je kurikulum usstrojen prema težini potrebnog računa. A danas bismo kurikulum mogli ustrojiti prema tome koliko je teško usvojiti koncept, neovisno o tome koliko bi računanje bilo teško.** Tradicionalno se diferencijalni račun uči relativno kasno. Zašto? Jer je

računanje prilično teško. Ali zapravo su mnogi koncepti smisleni čak i puno mlađoj dobnoj skupini. Na primjer: što se dogodi kada se broj stranica pravilnog mnogokuta poveća na jako veliki broj? Možete vidjeti da je ovo vrlo rani korak u limes i diferencijalni račun, a to je ono što imate kada stvari odvedete do ekstrema (neizmjerivo veliki broj neizmjerivo malenih stranica mnogokuta). Naravno, ovo je vrlo jednostavan primjer. Ali to je pogled na svijet koji ljudima ne nudimo dok ne dođu u jednu zreliju dob. Iako je to jedan vrlo važan praktični pogled na svijet.

Ovo sam čak svojedobno i provjerio sa svojom kćeri, koja je promatrajući animaciju mnogokuta kojem se povećava broj stranica, na upit što vidi, već kod dvanaesterokuta pobjedonosno uzviknula: "Tata pa to je krug!". Važno je pri tome spomenuti da je tada imala svega tri i pol godine! Dakle, i malom je djetetu intuitivno jasno što se tu događa iako, žargonski rečeno, "nema pojma o životu".

Jedna od prepreka u promicanju ove ideje jesu ispititi, odnosno provjere znanja. Ako na kraju sve provjeravamo isključivo na principu papir-olovka teško je za očekivati promjene kurikula koje bi rezultirale korištenjem računala tijekom obrazovanja. Znači da bi bilo potrebno uvesti računala u provjeru znanja. E, tek tada bismo mogli postavljati prava pitanja! Pitanja poput: "Koja je najbolja policia životnog osiguranja?", ili "Je li isplativo uzeti kredit za financiranje određenog poslovnog poduhvata?" Stvarna su to pitanja koja ljudi imaju u svakodnevnom životu. A koja se trenutačno potpuno ignoriraju.

Očito je da se ovdje ne radi o suptilnoj promjeni evolucijskog tipa, već o velikom skoku naprijed kojim se želi preskočiti jaz između školske matematike i matematike realnog svijeta u kojem živimo. Radi se o potpuno novom kurikulu, nanovo izgrađenom od nule i utemeljenom na činjenici da su računala ovdje i da ih je nemoguće izbjeći. Računalni strojevi su posvuda, odnosno bit će zaista posvuda u punom značenju te riječi za svega nekoliko godina. Upitno je bi li trebalo takav predmet zvati matematikom, ali nije upitno da će se raditi o najvažnijem predmetu budućnosti.

Kako ga uvesti kod nas? Njegova implementacija je ono što mene kopka otkad sam prvi put

čuo za gore iznesenu argumentaciju. Spomenuti predmet mogao bi se poučavati pored postojeće matematike, za početak i neobvezatno, npr. već u završnim razredima srednjih škola, a pogotovo na fakultetima. Prethodnu rečenicu napisao sam 12.2.2015. Sada u rujnu 2017. sa zadovoljstvom mogu reći da je između ostalog i na temelju ove priče u Gimnaziji "Matija Mesić" u Slavonskom Brodu realiziran projekt STEM genijalci (<http://www.stem-genijalci.eu>). U sklopu projekta nastali su kurikuli izbornih predmeta iz STEM područja, između ostalog i predmeta "Primijenjena matematika podržana računalom" čija se prva implementacija očekuje ove školske godine. Dakle, može se.



STEM genijalci u studijskom posjetu
Institutu Ruđer Bošković Zagreb
Izvor: <http://www.stem-genijalci.eu/galerija-fotografija#prettyPhoto>

Nastavnicima koji bi prihvatili računalo kao alat u poučavanju matematike najveći bi izazov postalo kako naučiti učenike da budu pažljivi kada odluče razmjenjivati kompleksnost za točnost, naučiti ih da prepoznaju što to trebaju znati, pronaći, izračunati i na kraju provjeriti. Ukratko, naučiti ih kako misliti, a ne učiti ih što da misle, kako provoditi određene postupke bez ikakva kritičkog osvrta. Možda još važnije, kroz zanimljive i izazovne zadatke trebamo učenicima/studentima usaditi samopouzdanje u radu s problemima koji nemaju uvijek samo lijepe, kratke, umjetne odgovore, nego i 'ružne' odgovore, koji dozvoljavaju alternativne pristupe rješavanju, ali i onim problemima koje dosad nitko nije riješio – baš kao što je to slučaj s problemima s kojima će se susretati u stvarnom svijetu.