

Zvijezda je rođena - rad s darovitim učenicima na IF-u

Berti Erjavec, Silvije Vdović
Institut za fiziku, Zagreb

Sažetak. Rad s darovitim učenicima je oduvijek vrlo izazovan, jer redovna nastava ograničava i ne pruža dovoljno mogućnosti da bi se razvio interes i potencijal darovitih učenika. Iskustva prikupljena kroz desetogodišnji kontinuirani rad, preko 30 projektnih zadataka i preko stotinu darovitih učenika koji su sudjelovali u programu *Zvijezda je rođena* omogućilo nam je da predstavimo stručnoj javnosti način rada, iskustva i rezultate u proteklom razdoblju. To je dobar trenutak da se kritički osvrnemo iza sebe i rezimiramo rezultate, te evaluiramo proteklo razdoblje kako bismo, dijeleći iskustva, doprinijeli radu s darovitim učenicima.

UVOD

Institut za fiziku ima dugu tradiciju u različitim aspektima promidžbe fizike koji su uključivali učenike i nastavnike osnovnih i srednjih škola, studente, ali i građanstvo. Rad s motiviranim i darovitim učenicima započeo je 2011. godine u suradnji s *XV. gimnazijom u Zagrebu* i temelji se na Sporazumu o suradnji. Popularizacijske aktivnosti prepoznate su od *Ministarstva znanosti i obrazovanja* koje ga sufinancira kroz programe popularizacije znanosti već dugi niz godina. Od 2015. godine aktivnosti se odvijaju u sklopu projekta *Zvijezda je rođena* [1].

Daroviti učenici selektirani temeljem testiranja u školi odabiru prema svom interesu neku od ponuđenih tema. Učenici pod vodstvom znanstvenika i u pratnji svojih nastavnika dobivaju priliku raditi na odabranim temama u laboratorijima *Instituta za fiziku* u pravom znanstvenom okruženju. To je neprocjenjivo iskustvo za mlade darovite ljude, pa time *Institut* daje konkretni doprinos brizi za darovite učenike koje usmjerava prema STEM području (*Science, technology, engineering and mathematics* – Znanost, tehnologija, inženjerstvo i matematika). U tekstu ćemo predstaviti organizaciju i načina rada, aktivnosti vezane uz promidžbu, financijski aspekt, te pogled na projekt iz perspektive znanstvenika.

ORGANIZACIJA RADA

Na samom početku valja ukazati na materijalne i ljudske resurse kojima se raspolaže, kako bi se lakše mogla sagledati perspektiva cijele aktivnosti. Institut za fiziku je relativno mali institut koji ima ukupno 60-tak znanstvenika, pri čemu su skoro polovica njih doktorandi. To je dosta važno, jer doktorandi su izrazito opterećeni radom na svom doktoratu i ispitima, te nije moguće od njih očekivati veći angažman. Stoga smo ostali na tridesetak znanstvenika od kojih, zbog vođenja projekata i drugih zahtjeva na poslu, samo jedan dio u mogućnosti je angažirati se na projektu popularizacije znanosti.

Institut je kao znanstvena institucija opremljen vrhunskom znanstvenom opremom koja je raspoređena po laboratorijima, odnosno projektima koji su aktivni na institutu. Trenutno su aktivna 22 različita projekta, od kojih je deset "domaćih" projekata koje financira Hrvatska zaklada za znanost, šest bilateralnih projekata i šest europskih projekata. Posebno valja naglasiti dva velika infrastrukturna projekta, CALT – *Centar za napredne laserske tehnike* [2] i KaCIF – *Kriogeni centar Instituta za fiziku* [3]. Izvođenje projekata znači značajne građevinske radove na zgradi, premještanje laboratorija i opreme te druge aktivnosti koje posljednje godine otežavaju redovan rad Instituta, a time i dodatne popularizacijske aktivnosti.

Rukovodeći se materijalnim i ljudskim resursima, vodeći računa o trenutnoj situaciji i mogućnostima instituta, uobičajeno se svake godine nude tri aktivnosti za darovite učenike. U svaku aktivnost je najčešće uključeno od 4 do 6 učenika, iako je bilo iznimaka.

Taj broj nije slučajno odabran. Naime, manji broj učenika nije preporučljiv iz razloga ekonomičnosti, ali i radnih zahtjeva tijekom aktivnosti. Veći broj učenika je teško smjestiti u prostore laboratorija, a pokazalo se da tada jedan dio učenika više nije dovoljno aktivan.

Svaki projektni zadatak ima najmanje jednog znanstvenog voditelja i profesora mentora. U nekim (interdisciplinarnim) aktivnostima uključen je i profesor mentor iz drugog područja – biologija, fizika, kemija. Znanstveni voditelj za poneke aktivnosti dodatno angažira i mlađe kolege – asistente, ali se njihova pomoć ograničava na pojedine etape ili specifične aktivnosti. Kako organizacija izgleda shematski kao primjer dajemo u tablici planiranih aktivnosti programa *Zvijezda je rođena* za 2019./2020. godinu, Tablica 1.

TABLICA 1. Program popularizacije znanosti *Zvijezda je rođena* 2019./2020.

Aktivnost	Voditelji	Vrijeme
LASERI I HLADNI ATOMI - LASERSKA PINCETA Rad u laboratoriju	dr. sc. Silvije Vdović Marko Movre, prof. Jelena Jakšić, Sven Palac, Nikola Mandić, Luka Passek Kumerički, Jasmin Jašarević, Tin Pizent	rujan 2019. -travanj 2020. 20 tjedana x 2 sata = 40 sati
NANOPRIMING - UTJECAJ NANOČESTICA NA BILJKE Rad u laboratoriju	dr. sc. Nikša Krstulović dr. sc. Slobodan Milošević Damjan Blažeka, asistent Julio Car, asistent Mihaela Marceljak Ilić, prof. Ines Dukić, prof. Eva Pleše, Magda Topić, Dominik Matišin, Filip Kusetić	rujan 2019.-travanj 2020. 20 tjedana x 2 sata = 40 sati
ELEKTRONI SURAĐUJU NA NISKIM TEMPERATURAMA - IZRADA JEDNOSTAVNOG KRIOSTATA Rad u laboratoriju	dr. sc. Damir Dominko Virna Kisiček, asistentica Marko Movre, prof. Eva Hudec, Matea Cvetković, Juraj Hostić, Filip Valjak, Karlo Grgičin	rujan 2019.-travanj 2020. 20 tjedana x 2 sata = 40 sati

Učenici su raspoređeni u timove na tri različita projektna zadatka. U svakom timu sudjeluje od 4 –6 učenika, uz jednog ili više znanstvenih voditelja i mentora. U praksi to znači da bi učenici dolazili u Institut za fiziku, u pratnji svojih nastavnika - mentora jednom tjedno po dva sata (sunčana), obično u poslijepodnevnim satima, nakon redovne nastave. U laboratoriju zajedno s znanstvenim voditeljima istražuju i rade na određenom projektnom zadatku. Procjena je da se na

rad u laboratoriju utroši 40 sati. Učenici dodatno s nastavnicima rade na projektnom zadatku, bilo da se dio rada odvija u školi ili se u školi proširuje znanje iz određenog područja.

Program aktivnosti se planira na trajanje od dvije školske godine, tako da isti učenici imaju priliku u prvoj godini stjecati znanje i iskustvo, te to znanje efikasno koristiti u drugoj godini rada. Broj učenika koji su odustali od programa je bio zanemarivo mali. Pregled programa popularizacije znanosti *Zvijezda je rođena* 2012. – 2020. dan je u Tablici 2.

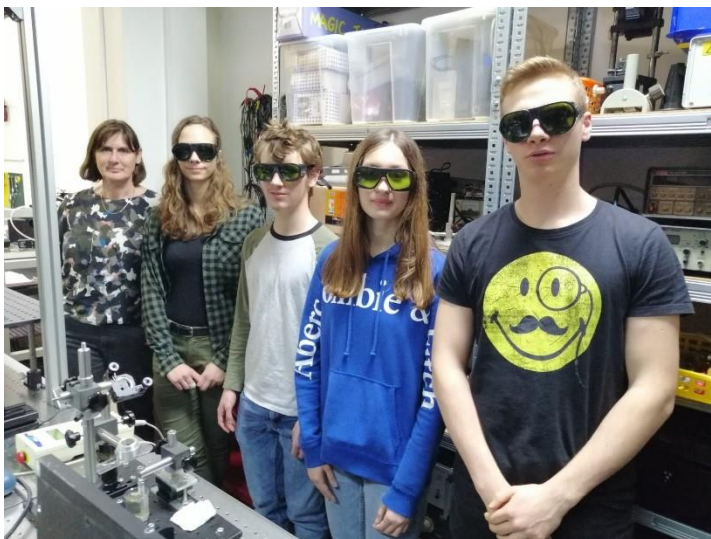
TABLICA 2. Program popularizacije znanosti *Zvijezda je rođena* 2012. – 2020.

Šk. god.	Projektni zadatak	Broj učenika
2019./2020.	Laserska pinceta,	6
	Nanoprining – utjecaj nanočestica na biljke,	4
	Jednostavni kriostat	5
2018./2019.	Utjecaj mikrovalnog zračenja na žive organizme,	4
	Laseri i hladni atomi,	5
	Plazma voda,	4
	Elektroni surađuju na niskim temperaturama	5
2017./2018.	Digitalna holografija – koja žarulja više svijetli?	3
	Optička svojstva tankih 2D slojeva,	3
	Plazma poljoprivreda, Utjecaj mikrovalnog zračenja na žive organizme	4
		9
2016./2017.	Digitalna holografija – Zašto je značajna?	2
	Digitalna holografija – Traženje rezonantne frekvencije čaše,	3
	Plazma poljoprivreda, Optička svojstva atomskih 2D slojeva	3
		3
2015./2016.	Sonolevitacija,	5
	Infinity Box,	4
	Određivanje koeficijenta linearnog rastezanja pomoću holografske interferometrije,	4
	Metoda magnetronskog raspršenja	4
2014./2015.	Digitalna holografija - izrada digitalnog holograma,	5
	Magnetska svojstva tvari,	4
	Fizika polimera	2
2013./2014.	Digitalna holografija - izrada digitalnog holograma,	5
	Magnetska svojstva tvari,	4
	Nanokarakterizacija grafena,	6
	Fizika polimera	5

	Digitalna holografija – gitara,	3
	Digitalna holografija – mobitel,	2
2012./2013.	Magnetska svojstva tvari,	4
	Nanokarakterizacija grafena,	6
	Magnetske interakcije	3

U Tablici 2 je vidljivo da je kroz osam školskih godina, u periodu 2012. - 2020. proveden 31 projektni zadatak uz sudjelovanje 130 darovitih učenika. Kao znanstveni voditelji s Instituta za fiziku sudjelovali su znanstvenici: dr.sc. Nazif Demoli, dr.sc. Marko Kralj, dr.sc. Željko Marohnić, dr.sc. Ognjen Milat, dr.sc. Danijel Grgičin, dr.sc. Slobodan Milošević, dr.sc. Silvije Vdović, dr.sc. Marijan Biščan, dr.sc. Mario Rakić, dr.sc. Nataša Vujičić, dr.sc. Nikša Krstulović, dr.sc. Damir Dominko. Kao nastavnici – mentori u programu su sudjelovali Ines Dukić, prof., Bernarda Mlinarić, prof., Mihaela Marceljak Ilić, prof. te Marko Movre, prof. Uz Bertija Erjavca, dipl.ing. kao voditelja i koordinatora programa, vidimo da je u programu popularizacije sudjelovalo ukupno 12 znanstvenika i 4 nastavnika.

Slika 1. prikazuje neke od učenika i voditelja tijekom rada na tretiranju vode nanočesticama u laboratoriju za hladne plazme. Detaljan opis svih provedenih programa i rezultata programskih zadataka vidljivi su na web stranici Instituta posvećenoj popularizaciji znanosti [4].



Slika 1. Učenici i profesorica Ines Dukić u laboratoriju za hladne plazme

DISEMINACIJSKE AKTIVNOSTI

Nakon završetka rada u laboratoriju i dovršenja nekog projektnog zadatka poželjno je rezultat rada prezentirati što široj publici. Nastoji se završiti rad do sredine travnja, kada započinju promotivne aktivnosti. Uobičajeno je da sami učenici u suradnji s mentorima i znanstvenim voditeljima kreiraju izvještaj o svome radu u obliku postera i prezentacije. U pravilu se izrađuje i *power point* prezentacija kojom se predstavlja odgovarajuća aktivnost, a u novije vrijeme, naročito zbog ograničenja uzrokovanih pandemijom Covid virusa i video materijalom. Tako se učenici dodatno educiraju načinu kako treba komunicirati znanost široj publici. Prema mogućnostima nastoji se i konkretno prikazati neki uređaj ili demonstrirati određeni znanstveni

postupak neposredno pred publikom. Radovi nastali u programu *Zvijezda je rođena* prezentirani su do sada na brojnim manifestacijama popularizacije znanosti:

- Otvoreni dan Instituta za fiziku, Zagreb
- Mala znanstvena konferencija, 15. gimnazija Zagreb
- Festival znanosti, Zagreb
- Znanstveni kvart, Interliber, Zagreb
- Europska noć istraživača
- Znanstveni piknik, Zagreb
- Međužupanijska izložba inovacija, Ivanić-Grad
- SciChallenge – online međunarodno natjecanje
- Međunarodno natjecanje istraživačkih projekata MEF, Istanbul, Turska
- Science on the ‘Edge’: Perspectives for the Future, Međunarodna konferencija, Zagreb

Na tim manifestacijama učenici su dolazili u doticaj s drugim učenicima, ali i širom publikom, te su predstavljajući vlastita istraživanja i aktivnosti doprinikli širenju zanimanja za znanost, pogotovo STEM područje. Takvi događaji ujedno djeluju vrlo poticajno i za same učenike kojima je to iskustvo dragocjeno za budući rad.

Iako je u program *Zvijezda je rođena* uključen relativno mali broj učenika, procjena je da se kroz popularizacijske aktivnosti animira veliki broj drugih učenika i šire publike. Prema službenim podacima samo na Europskoj noći istraživača naš izložbeni prostor posjetilo je preko 2000 posjetitelja, slika 2.



Slika 2. Europska noć istraživača, Zagreb 2019.

FINANCIRANJE PROGRAMA

Program *Zvijezda je rođena* sufinanciran je sredstvima Ministarstva znanosti i obrazovanja u proteklih osam godina. Dodijeljena sredstva posljednjih godina kretala su se u iznosu od 10 – 15 tisuća kuna godišnje. Ta sredstva utrošena su na materijalne troškove provođenja programa, što većinom čini potrošni materijal i nešto laboratorijske opreme. Sredstva koja se dodjeljuju ne mogu se trošiti za naknadu rada znanstvenika, te njima taj rad nije dodatno plaćen. Ukupni trošak programa uključuje i cijenu rada znanstvenika, te korištenje vrhunske znanstvene opreme Instituta, koja je nabavljena kroz druge projekte. Samo rad znanstvenika u laboratoriju u bruto

iznosu jednak je ili premašuje iznos sufinanciranja. Najam znanstvene opreme iznosio bi barem jednako, ako ne i više. Tu su i drugi indirektni i režijski troškovi koje snosi Institut. Valja istaknuti da financiranje uopće nije najveći izazov provođenja programa popularizacije. Daleko najvažniji čimbenik su ljudi, znanstvenici, koji su spremni odvojiti svoje vrijeme i laboratorijske resurse za izvođenje programa popularizacije i rad s darovitim učenicima. Znanstvenici, nažalost, nisu ni na koji način stimulirani, niti financijski niti pravilnicima o napredovanju za takvu vrstu aktivnosti. Takva situacija predstavlja otegotnu okolnost za uključivanje većeg broja, pogotovo mladih znanstvenika, u popularizacijske aktivnosti.

POGLED ZNANSTVENIKA

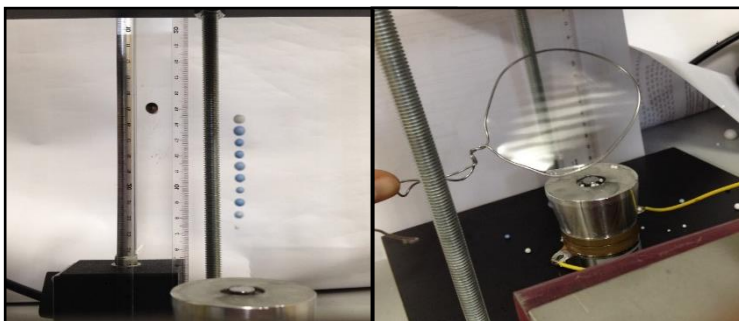
Jedan od izazova programa bio je prilagoditi temu nivou znanja učenika. Pri tome smo nastojali pružiti dovoljno znanstvene podloge, teorijske i praktične, kako bi učenici razumjeli projektni zadatak i proširili svoje znanje iz određenog područja fizike bez da izgube interes zbog nedovoljnog razumijevanja svih elemenata. Za pripremu projekata ponekad su korišteni znanstveni članci kao npr. u projektu sonolevitacije [5] čije rezultate prikazuje slika 3. Za objašnjavanje pojmova iz fizike s kojima se učenici još nisu susreli u nastavi, kao što su na primjer stvaranje stojnih valova, između ostaloga korišten je i dostupan multimedijски sadržaj na internetu [6]. U uvodnim susretima učenici su upozoreni na mjere sigurnosti kojih se trebaju pridržavati kako prilikom izrade eksperimentalnog postava i za vrijeme provođenja mjerenja ne bi došlo do ozljeda.

Osim rada na projektom zadatku, uobičajeno je bilo tijekom jednog od prvih posjeta Institutu pokazati i najzanimljivija istraživanja kojima se bave znanstvenici u svojim laboratorijima. Rad je, osim znanstvenog dijela koji je mahom pokrivaio područja iz fizike, često uključivao stjecanje određenih znanja iz računalnog programiranja, elektronike i mehaničke obrade materijala. Posebna pažnja u pripremi zadataka posvećivana je planiranju eksperimentalnih postava na način da budu relativno lako prenosivi i koliko je više moguće neovisni o institutskoj infrastrukturi, kako bi se radovi mogli predstaviti široj publici.

U periodu upoznavanja s učenicima važno je bilo prepoznati sklonosti pojedinaca prema određenom tipu aktivnosti: jedni učenici skloniji su praktičnom radu, drugi već imaju dovoljno znanja da mogu samostalno izraditi potrebnu programsku podršku, a neki imaju prirodni talent za prezentaciju rezultata ili su skloni dubljem teorijskom razumijevanju problema. Za vrijeme provedbe projekta te informacije su korisne kako bi se svakom članu grupe prema sklonostima dao određeni zadatak koji će mu biti dovoljno zanimljiv i jasan.

Većina problema koje smo rješavali su i za nas znanstvenike bili novi jer nisu bili dio naših uobičajenih znanstvenih aktivnosti. Stoga smo ponekad nailazili na neočekivane probleme i neuspjehe koje smo nastojali rješavati zajedno s učenicima, kako bi ih naučili znanstvenim metodama i kritičkom razmišljanju. S druge strane, projekt je pomogao i nama znanstvenicima da steknemo neka nova znanja i vještine koje smo kasnije primjenjivali u svom znanstvenom radu.

Znanstvenici su uz nastavnike-mentore pomagali i u pripremi prezentacije rezultata rada u obliku postera, video materijala i usmene prezentacije na raznim skupovima. Nastojali smo naučiti učenike da na uvjerljiv način iznesu najvažnije činjenice i rezultate te objasne važnost svog rada i eventualnu moguću primjenu u znanosti ili industriji. Uobičajeno je bilo prvu prezentaciju prirediti za Malu znanstvenu konferenciju XV. gimnazije, tradicionalni skup na kraju školske godine, na kojemu daroviti učenici ove škole predstavljaju svoje projekte iz raznih znanstvenih disciplina.



Slika 3. Lijeva slika prikazuje levitaciju stiropornih kuglica u zraku pomoću ultrazvučnog stojnog vala, a desna slika prikazuje ultrazvučni stojni val vizualiziran uz pomoć mjehura od sapunice. Rad je nastao u sklopu programa popularizacije znanosti Zvijezda je rođena 2015./2016.

Rad s darovitim učenicima zahtjeva određena odricanja, potrebno je prirediti projektne zadatke i prije svakog susreta odvojiti određeno vrijeme za pripremu, no vjerujem da je najveća nagrada oduševljenje učenika kada nakon mjeseci rada eksperiment koji su pripremali uspije i rezultati slijede zakone fizike. Osim toga, većina učenika je kroz sudjelovanje u aktivnostima popularizacije znanosti pomogla Institutu za fiziku da taj dio svoje misije provede još kvalitetnije i da se barem dio učenika kasnije odluči za studij fizike ili neke druge prirodne znanosti.

ZAKLJUČAK

Rad s darovitim učenicima predstavlja veliki izazov, i ovaj prikaz našeg rada ne predstavlja idealno rješenje problema. Unatoč brojnim slabostima, prvenstveno ograničenje na grad Zagreb i jednu školu, te broj uključenih učenika, ipak daje određeni doprinos. Otvaraju se pitanja kako uključiti veći broj darovitih učenika i regionalno proširiti dostupnost programa. Zbog nastale epidemiološke situacije, neka rješenja neočekivano su se ponudila kroz alate koji omogućuju suradnju na daljinu. Također se nadamo da će ovaj prikaz djelovati inspirativno na druge znanstvenike i nastavnike da, na sličan ili drugačiji način, ostvare suradnju na dobrobit darovitih učenika i društva u cjelini.

LITERATURA

1. Zvijezda je rođena, URL: <http://popularizacija.ifs.hr/projekti/2021-zvijezda-je-rodena-2020-mzo/> (16.3.2021.).
2. CALT, Centar za napredne laserske tehnike, URL: <http://calt.ifs.hr/> (16. 2. 2021.).
3. KaCIF, Kriogeni centar Instituta za fiziku, URL: <http://kacif.ifs.hr/> (9. 2. 2021.).
4. Popularizacija, Institut za fiziku, URL: <http://popularizacija.ifs.hr/projekti/> (21.1.2021.).
5. A. Marzo, A. Ghobrial, L. Cox, M. Caleap, A. Croxford i B. W. Drinkwater, *Realization of compact tractor beams using acoustic delay-lines*, Applied Physics Letters **110**, 014102 (2017).
6. Acoustics and Vibration Animations, Daniel A. Russell, *Standing Sound Waves (Longitudinal Standing Waves)* URL: <https://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/StandingWaves/StandingWaves.html> (20.2.2021.)