

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Mihaela Bačić, Luka Cavaliere Lokas, Fran Dabo, Karlo Delić, Karlo Kumiša,
Andreja Lasić, Ema Lipovščak, Ana Milinović, Petra Papoči, Gabrijela
Šamarija, Ian Juraj Štulić, Sara Zeko

Fizika ekspres 2018./2019.

Zagreb, 2019.

Ovaj rad izrađen je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u kategoriji „Nagrada za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici” u akademskoj godini 2018./2019.

Sadržaj

1	MOTIVACIJA I CILJEVI	1
2	RAZVOJNI PLAN	5
3	REALIZACIJA	7
4	REZULTATI	15
5	POJEDINAČNA ZALAGANJA	17
6	ZAKLJUČAK	19



FIZIKA EKSPRES

SAŽETAK

Fizika ekspres je projekt Studentske sekcije Hrvatskog fizikalnog društva s glavnim ciljem popularizacije fizike i znanosti općenito među učenicima osnovnih i srednjih škola. Primarna djelatnost projekta obuhvaća posjete školama diljem Hrvatske tijekom kojih studenti održavaju interaktivna predavanja i radionice. Na nastupima se demonstriraju pokusi koji se rijetko mogu vidjeti u okviru redovnog nastavnog programa te se mladima pruža mogućnost da samostalno izrade vlastite mjerne instrumente i na taj način u praksi provjere usvojene fizikalne zakone. Osim nastupa u školama, projekt sudjeluje na Danu otvorenih vrata Fizičkog odsjeka i drugim događanjima s ciljem popularizacije znanosti kao što su Znanstveni piknik, Noć istraživača, Dan za znanost i drugi. Provedbom projekta uočeni su pozitivni ishodi uloženog truda što izravno potvrđuje ishodišnu tezu - učenici naših škola zainteresirani su za prirodoslovna područja znanosti. Ovaj zaključak utemeljen je na činjenici da na nastupima prevladava izuzetno pozitivna i vedra atmosfera te su zaprimljeni brojni pozitivni komentari podrške projektu.

SUMMARY

Fizika ekspres is a project, supervised by Student section of Croatian Physical Society, whose main goal is popularizing physics and science in general among pupils taking part in elementary and secondary education. Project's primary activity encompasses visits to schools all over Croatia accompanied by interactive lectures and workshops conducted by the students. At the performances, the experiments which can rarely be seen within standard lectures are demonstrated and pupils' participation in workshops is encouraged, thus providing youngsters with chance of constructing their own measuring apparatus so as to verify acquired knowledge regarding various physical laws. Along with school appearances, project partakes in Department of Physics' Open Door Day and several other events aspiring to popularizing science such as Science Picnic, Explorers' Night, Science Day etc. Carrying this project out, positive results of invested efforts have been observed, confirming our original thesis - pupils in Croatian schools are interested in natural sciences. This conclusion stems from pleasant atmosphere present in all of the lectures and unequivocal encouragement project has received.

1 MOTIVACIJA I CILJEVI

Ključan čimbenik izgradnje naprednih i modernih društava u svijetu u kakvom danas živimo zasigurno je kvalitetno obrazovanje koje se razvijalo dugi niz stoljeća. Edukacija i poučavanje čine okosnicu razvoja čovječanstva i duboko su usađeni u sve kulture, a temelje se na ideji prijenosa iskustveno stečenih znanja i vještina na druge koji iste ne posjeduju. Upravo države s dobro razvijenim školstvom ubrajaju se među one s najvišom stopom društveno-ekonomskog razvoja i kolektivnog prosperiteta zajednice.

Hrvatska se svakodnevno bori s problemima u školstvu - ono predstavlja izrazito zahtjevan upravni resor. U državi, još od osamostaljenja, gotovo da nije postojala vladajuća struktura koja obrazovanje nije proglasila jednom od svojih prioritetnih zadaća te istovremeno i poligonom sa silnim prostorom za napredak i ulaganje. Uz ovo, gotovo svaka vlast u svom političkom programu nastupa s reformom školstva kao glomaznim projektom koji bi za vrijeme trajanja njihovog mandata trebao preobraziti djecu i mlade u našim školama u kvalitetne i dobro educirane odrasle ljude. No, iskustveno je poznato da te reforme najčešće bivaju neprovedive ili neprovedene te da obrazovni resor bude među prvima na udaru kada se pojavi potreba za rebalansima proračuna ili smanjenjima izdataka jer su se u međuvremenu pojavili naizgled relevantniji problemi u državi.

Unutar posljednjih dvadesetak godina svjedočili smo eksponencijalnom tehnološkom napretku i razvitku koji prožima sve pore društva i ljudskih djelatnosti. Dostupnost znanja i informacija veća je nego ikad u povijesti čovječanstva. S druge strane, pojava masovnih medija koji pretežito prenose isključivo zabavne sadržaje kod djece i adolescenata dovodi do zasićenja količinom primljenih informacija te uzrokuje sve teže postizanje fokusiranosti na rad i učenje. Posljedično se opaža sve manja zainteresiranost učenika za praćenje nastave i aktivno sudjelovanje u njoj.

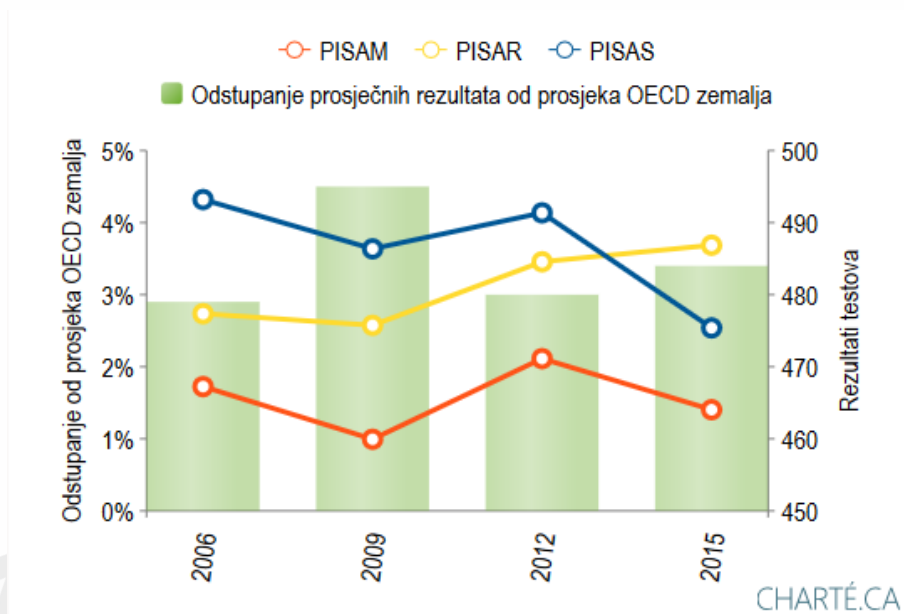
Prema rezultatima OECD-ova istraživanja *PISA 2015* provedenog na međunarodnoj razini, u sklopu kojeg se provjeravaju znanja i vještine petnaestogodišnjih učenika srednjih škola, utvrđeno je da hrvatski srednjoškolci pokazuju lošije rezultate nego njihovi europski i svjetski vršnjaci na svim poljima koja se istražuju. Ovaj podatak je alarmantan te bi stoga trebao zabrinuti naše društvo u cjelini budući da se projekt provodi u trogodišnjim ciklusima i analizom prethodno provedenih *PISA* testiranja vidljivo je kontinuirano slabljenje u ostvarivanju rezultata u periodu od 2006. godine pa nadalje. Ključan čimbenik zbog kojega upravo ovo istraživanje smatramo relevantnim i objektivnim pokazateljem kvalitete našeg obrazovnog sustava je pro-

vođenje ispitivanja na slučajnom uzorku učenika, što osigurava njegovu nepristranost. Usto, njime se ne provjeravaju prethodno naučena znanja predviđena školskim kurikulumom, već se ispituje sposobnost primjene stečenih znanja u rješavanju praktičnih problema. Upravo u tom segmentu naše školstvo ne uspijeva ispuniti vlastiti potencijal jer djeci najčešće prezentira činjenično znanje i od njih zahtijeva reprodukciju istoga bez poticanja propitivanja i istraživanja. Umjesto da im se prenose znanja i vještine kojima samostalno mogu doći do odgovora na problemska pitanja bez jasno definiranih rješenja te da ih se nauči da je kritičko razmišljanje i inovativnost pristupa ključ, kako osobnog, tako i socio-gospodarskog rasta i razvoja, njima se servira ogromna količina najčešće beskorisnih podataka koje moraju usvojiti jer reprodukcija istih uvjetuje njihove ocjene.

Bitno je istaknuti da su *PISA* ispitivanjem posebno utvrđene vrlo loše sposobnosti naših učenika u primjeni prirodoslovne i matematičke pismenosti, kao što je vidljivo iz grafičkog prikaza na Slici 1.0.1. Upravo primjena znanja stečenih na području te dvije discipline čini ključ razvoja svakog gospodarstva. Očito je da država bez visokoobrazovanih rukovodećih kadrova ne može ostvariti napredak na područjima industrijske i poljoprivredne proizvodnje koje bi trebale sačinjavati bazni udio njenog BDP-a. Također, pitanje energetske samoodrživosti Hrvatskoj nastavlja predstavljati velik problem. Ona nevjesto balansira između ponuda zapadnoeuropskih, transatlanskih, istočnoeuropskih pa i azijskih multinacionalnih kompanija koje šire svoje ekonomske interesne sfere na tranzicijske države u razvoju poput naše. Povećanjem broja stručnjaka na prethodno nabrojanim poljima gospodarstva značajno bi se učvrstio hrvatski integritet te bi se ispunile težnje ka samostalnosti u okviru međunarodnih organizacija kroz prepoznatljivost naše države kao autonomne i suverene u današnjem smislu suvereniteta ostvarenog na globalnoj razini.

Iskustveno je moguće uočiti naizgled paradoksalnu činjenicu - učenici naših osnovnih i srednjih škola redovito pokazuju zanimanje za izvannastavne sadržaje te su voljni sudjelovati u radionicama i pohađati predavanja dok god ona nisu temeljena na suhoparnom izlaganju činjenica koje oni moraju uzimati zdravo za gotovo, bez prostora za kritičko razlaganje istih. Ovaj rezultat zasigurno iznenađuje svakoga tko se aktivno bavi analizom prosvjetnih djelatnosti u svijetu budući da je Hrvatska pri samom dnu liste europskih država po pitanju izdvajanja novčanih sredstava za školstvo, kao što je prikazano na Slici 1.0.2.

Dakako, sasvim je logično da države s visokim udjelom BDP-a uloženi u razvitak obrazovnog sustava uspijevaju kvalitetnije poučavati mlade i time im otvaraju veći broj raznorodnih

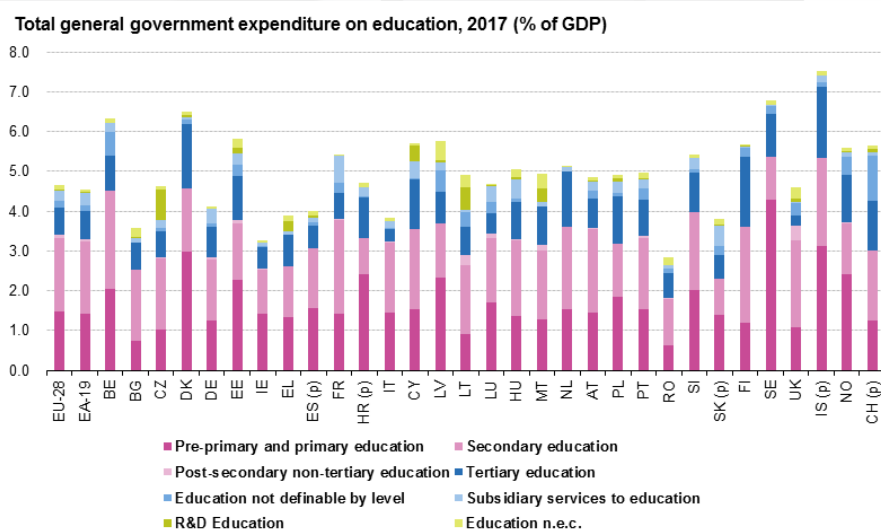


Slika 1.0.1 – Rezultati PISA testova po kategorijama i odstupanje prosječnih rezultata od prosjeka OECD zemalja.

PISAM - rezultat ispitivanja matematičke pismenosti

PISAR - rezultat ispitivanja čitalačke pismenosti

PISAS - rezultat ispitivanja prirodoslovne pismenosti



Source: Eurostat (gov_10a_exp)
(p) provisional

eurostat

Slika 1.0.2 – Ukupno ulaganje vlada u obrazovanje izraženo kroz udjele u BDP-u u 2017. godini.

smjerova u kojima prilikom zapošljavanja mogu krenuti. No, postoje i one unutar kojih ne opažamo visoku stopu rasta BDP-a i ostvarenje proračunskih suficita kojima bi se škole moglo i trebalo redovitije i potpunije opskrbljivati boljom opremom u svrhu predstavljanja kvalitetnijih nastavnih sadržaja. U Hrvatskoj je, kao zemlji predstavnici prethodno opisane skupine, s ciljem postizanja značajnijeg udjela visokoobrazovanog stanovništva potreban drugačiji pristup rješavanju problema u školstvu koji bi u konačnici trebao rezultirati porastom stope prosperitetnosti naše zemlje na svim područjima ljudskih djelatnosti, po uzoru na razvijenije države europskog kontinenta.

Prethodno izloženi razlozi predstavljaju glavni motiv studentima koji sudjeluju na ovom projektu da daju svoj doprinos u popularizaciji fizike. Fizika svakako predstavlja ishodište svim ostalim prirodoslovnim znanostima, a u današnje vrijeme uviđa se sve veća korelacija fizikalnih pojava sa sociološkim fenomenima. Upravo fizika u osnovnoškolskom i srednjoškolskom obrazovanju biva polazište za nastavak školovanja na području strojarstva, građevine i elektrotehnike. Ona opstaje sama za sebe, ali paralelno sve više preuzima status interdisciplinarne znanosti koja svoj nemjerljiv doprinos može dati u raznim segmentima ljudskih djelatnosti. Jedinstven spoj tehnike, matematike i filozofije isprepletenih u prikladnom omjeru generira tu izuzetno zahtjevnu i zanimljivu znanstvenu disciplinu - dok očarava svojom ljepotom nalik na umjetnost, istovremeno je i sveprisutna kroz praktične primjene u svakodnevnom životu. Sav tehnološki napredak i razvoj civilizacija kroz materijalne aspekte dugujemo njoj. Zbog svega ovoga fizika predstavlja srž opće ideje znanosti - onoga što jest i što bi trebala biti. Moguće je navoditi veličanstvene podvige poput kontrole Sunčevog sustava, galaksije i sličnih kao posljedicu potpunog poznavanja fizikalnih zakona, no prije toga je svakako nužno ovladati ovozemaljskim izazovima modernog doba. Uz navedene aspekte razvoja društvene zajednice i posljedično poboljšanje kvalitete ljudskih života, posebno se ističe i važnost globalnih klimatskih promjena kao jedan od gorućih problema koji traži hitno djelovanje i rješavanje jer prijete opstanku živih bića na jedinom planetu u čitavom svemiru za koji smo sigurni da podržava život ljudi, biljaka i životinja.

Fizikalni zakoni gospodare svemirom od astronomskih prostranstava do prostornih skala na kojima titraju čestice veličina nezamislivo malenih čak i u odnosu na same atome. Zapravo je nevjerojatno sjajna i idejno romantična misao nas kao glomazne nakupine atoma koja udružena uspijeva pojmiti i biti svjesna same sebe te je u stanju razviti formalizam kojim opisuje svijet u kojem postoji. Takvo viđenje fizike imaju studenti sudionici ovog projekta. Želimo popula-

rizirati taj zahtjevan školski predmet i kroz interaktivan i zabavan sadržaj te igru prenijeti ovu djetinju zavidljivost na ostale koji su voljni slijediti vlastitu znatiželju i širiti horizonte ljudskog znanja do trenutno neslućenih prostranstava.

2 RAZVOJNI PLAN

Projekt *Fizika ekspres* postoji već dulje vrijeme, a s provedbom je započeo još 2005. godine koja je ujedno proglašena međunarodnom godinom fizike. Tada ga je nosila manja skupina entuzijastičnih studenata koji su željeli podijeliti svoju strast i interes za fizikom sa pripadnicima mlađih generacija. Kroz nekoliko godina, Hrvatsko fizikalno društvo prepoznalo je važnost projekta i počelo ga ozbiljnije financirati putem svoje Studentske sekcije. Time je projekt dobio na zamahu te se područje njegovog provođenja proširilo na veći broj škola u čitavoj Hrvatskoj. Kroz posljednjih nekoliko godina interes studenata za sudjelovanjem ponešto je oslabio i zato je provedba bila usmjerena na djelovanje u Zagrebu i njegovoj užoj okolini. Unatoč slabijoj realizaciji, temelji za nastavak projekta, kao i njegova misija i vizija, ostali su očuvani i spremni za daljnji razvoj. Krajem prošle akademske godine dolaskom novog voditelja uslijedilo je restrukturiranje kojim će projekt ponovno dobiti na važnosti i ugledu u široj zajednici.

Glavna je ideja motivirati učenike svih dobnih skupina na proučavanje prirode i njezinih fizikalnih zakona. Potreba za *Fizikom ekspres* dijelom počiva i na prevladavajućim stavovima učenika. Oni fiziku smatraju izrazito zahtjevnom znanošću koju nije lako razumjeti. Dakako, nisu daleko od istine budući da fizika zbilja jest jedna od znanosti koja nudi više pitanje nego odgovora, a samo je malen dio tih odgovora intuitivno lako dohvatljiv. Ono što se pokazuje problematičnim zadatkom za većinu profesora jest približavanje tako kompliciranog i konceptualno zahtjevnog školskog predmeta djeci i mladima koji ga na kraju školske godine na neki način moraju i položiti. Prilikom proučavanja fizike učenicima dodatni problem predstavlja činjenica da se prirodni zakoni koji uređuju naš svemir prezentiraju aksiomatski kroz određene matematičke formalizme, bez dodatnih objašnjenja i, još važnije, bez eksperimentalne potvrde njihove valjanosti. Ovakav pristup nakon osmogodišnjeg osnovnoškolskog i četverogodišnjeg srednjoškolskog obrazovanja kulminira ispitima na državnoj maturi tijekom kojih se također ne provjerava eksperimentalna vještina ispitanika, već se isključivo analiziraju konceptualni i numerički zadaci, što u principu isključuje samo ishodište fizike kao znanosti. Paralelno tome, prevelika količina nastavnog sadržaja kojeg učenici moraju usvojiti tijekom pojedine školske

godine da bi bili spremni napredovati u slijedeću ili pristupiti državnoj maturi rezultira nedostatkom vremena i prostora za demonstracije eksperimenata kao egzaktne potvrde jednadžbi koje učenicima profesori predstavljaju kao istinite. Konačno, ne smije se zaboraviti da je opremljenost kabineta iz fizike u hrvatskim školama izuzetno loša, što je posljedica dugogodišnjeg zanemarivanja i neulaganja u ovaj resor, usprkos tome što je ključan za ozbiljan razvoj svake države. Posljednju tvrdnju možemo potkrijepiti i dodatnim razmatranjem, uz kratkotrajno odmicanje od fizike u svrhu stjecanja šire slike ove problematike. Pristup koji prirodoslovne znanosti njeguju zasniva se na raščlanjivanju zahtjevnih situacija na manje i lakše rješive cjeline, potom razmišljanju na nekonvencionalne načine, zaključivanju temeljenom isključivo na spoju činjenica i iskustava te mijenjanju perspektiva prilaska problemima. Nužnost predavljanja ovih aspekata prirodoslovnih znanosti mladima ne treba dodatno napominjati budući da su mladi ljudi najskloniji kvalitetnom upijanju novih činjenica i iskustava[4][5].

Razvoj projekta odlučili smo uskladiti s modernim pedagoškim pristupima te velikom količinom analiziranih istraživanja. Proučavajući obrasce kojima se vode slično motivirani ljudi u zemljama s kvalitetnije strukturiranim obrazovnim sustavima došlo se do modela prikladnog za našu zemlju. Prvotno smo proučili trenutnu stopu interesa za fizikom na razini cijele Europe i posebice Hrvatske[6]. Uz citirano istraživanje, prikupili smo i rezultate skupa anketa provedenih diljem države te u kombinaciji s poznavanjem sklonosti srednjoškolaca i osnovnoškolaca zaključili da interes za prirodoslovna područja znanosti u našoj zemlji ne samo da postoji, već je i u porastu.

Usprkos nedostacima kojima su prožete sve razine obrazovnog sustava u Hrvatskoj, efikasnom i lako uklopljivom smatramo metodu vizualne prezentacije. Ona za početak djeluje stimulirajuće na mlade umove, nasuprot rigoroznom izlaganju činjeničnog znanja. Uz spomenuto, navodimo da više istraživanja upućuje na kvalitetnije usvajanje informacija praćenih vizualnim demonstracijama[7]. Stoga se eksperimentalnu fiziku postavlja u fokus naših predavljanja učeničkoj populaciji. Nadalje, kao jedan od temeljnih blokova tzv. „skandinavskog pristupa obrazovanju” preuzimamo kooperativno učenje, odnosno učenje kroz suradnju. Slijedeće istraživanje pokazuje poboljšanje konačnog uspjeha u edukaciji učenika, bez obzira na željene obrazovne ishode[8]. Osim interaktivnih predavanja, u naš je projekt uklopljeno više eksperimentalnih radionica unutar kojih učenici imaju priliku učiti kroz vlastiti angažman. Naime, dok sklapaju i oblikuju predmete koje mogu primijeniti u svakodnevnom životu, potiče ih se na međusobnu suradnju i uzajamnu pomoć. Kolaborativnoj atmosferi doprinose i članovi

projekta koji učenicima pomažu u sastavljanju mjernih instrumenata. Motiv primjeni interaktivnog pristupa u učenju proizlazi, kako iz nedavnog istraživanja[9], tako i iz našeg višegodišnjeg predavačkog iskustvom stečenog provedbom projekta. Komunikacijom između predavača i publike osigurava se kvalitetnije poimanje koncepata koji se predstavljaju tijekom predavanja i radionica.

Ovaj nestandardni pristup, uz već navedene pedagoške prednosti, ujedno predstavlja i najbrži način za razbijanje predrasuda o studiju fizike te kasnijem životu znanstvenika. Mlade upućuje na zanimljive i korisne aspekte takvih djelatnosti te ih potiče pridruživanju znanstvenoj zajednici, što je korisno za društvo u cjelini.

3 REALIZACIJA

Prilikom realizacije projekta u periodu od početka svibnja 2018. do početka istog mjeseca 2019. godine sudjelovalo se na više većih i manjih manifestacija sa zajedničkim ciljem popularizacije znanosti. U svibnju 2018. godine održala su se dva veća događanja u kojima su naši predstavnici sudjelovali - Znanstveni piknik i natjecanje STEM Games. Znanstveni piknik je za članove projekta već tradicionalno događanje tijekom kojega u prirodi pokazuju pokuse široj publici, kao što je vidljivo na Slici 3.0.1, a u sklopu natjecanja u znanju i sportu pod nazivom STEM Games nastupili su i u osnovnoj školi u Poreču.



Slika 3.0.1 – Znanstveni piknik.

Početkom akademske godine 2018./2019., raspisan je natječaj kojim su traženi novi sudionici projekta. Na natječaj se javilo troje starijih članova koji su već imali iskustva u provođenju

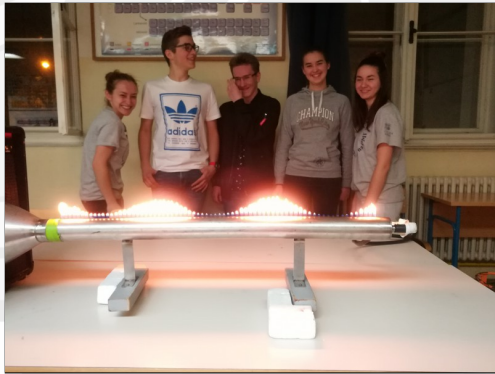
projekta te osmero novih bez prethodnog iskustva s tim aktivnostima. Potom je uslijedila obuka članova započevši s radionicama na kojima su razvijane komunikacijske vještine s ciljem boljeg upoznavanja novih članova te stjecanja osjećaja sigurnosti i samouvjerenosti prilikom javnih nastupa. Radionice je održao jedan od bivših voditelja projekta Damjan Jelić, trenutačno asistent na Geofizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu.

Nakon kraće faze razvoja govorničkih vještina uslijedila je priprema za konkretne nastupe u školama. Na većem broju radionica koje su se održavale u izvannastavnim terminima, studenti su imali priliku isprobati pokuse koji se prikazuju u okviru standardnog programa projekta. Pokusi su slijedeći:

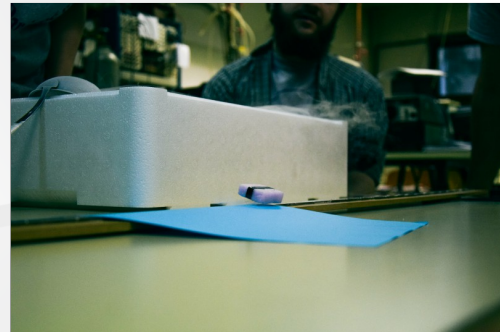
1. RUBENSOVA CIJEV - Ideja pokusa vizualna je demonstracija valne prirode zvuka. Pripadna aparatura sastoji se od cijevi koja s gornje strane ima na pravilnim razmacima raspoređene male šupljine. Na jedan njezin kraj priključeno je crijevo za dovod ukapljene mješavine propana i butana, dok je na drugom kraju otvor cijevi zatvoren napetim balonom na koji se nastavlja pojačalo zvuka. Kada se u cijev pusti plin, on počne nesmetano istjecati kroz šupljine te se šibicom zapali kako bi se dobili manji plameni jezičci. Puštanjem glazbe iz mobilnog telefona putem pojačala u cijevi nastaju stojni valovi, što rezultira vizualnom pojavom područja s visokim plamenim jezičcima i područja s niskima koja dokazuje valnu prirodu zvuka. Sam izgled izvođenja eksperimenta može se vidjeti na Slici 3.0.2.
2. TEKUĆI DUŠIK - Ovom serijom pokusa prikazuje se dušik u nesvakidašnjem faznom stanju tekućine. Iako se on na sobnoj temperaturi i atmosferskom tlaku nalazi u plinovitom stanju, spuštanjem temperature do $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ dolazi do njegova ukapljivanja. Za potrebe pokusa dušik se transportira u posebno dizajniranoj termos boci naziva Dewerova posuda, dok se prilikom izvođenja eksperimenta čuva u manjem bazenu izrađenom od stirodura koji dobrim izolacijskim svojstvima sprječava trenutačno isparavanje. Skup pokusa među ostalima obuhvaća: umakanje banane na dulji vremenski period u dušik kako bi se pokazale posljedice dugotrajne izloženosti ljudske kože tako niskim temperaturama; stavljanje prethodno napuhanog balona na površinu tekućeg dušika što rezultira ukapljivanjem dušika u balonu i smanjenjem njegovog volumena - nastavno na to u balon se dodaje manja količina tekućeg dušika te tako pokazuje inverzni proces napuhavanja balona isparavanjem dušika; izuzetno kratkoročno umakanje prstiju u dušik kako bi se pokazalo da je izloženost ljudske kože ekstremno niskim temperaturama bezopasna ako

kratko traje. Valja napomenuti i da se tekući dušik koristi u nizu ostalih eksperimenata koji se prikazuju.

3. SUPRAVODIČ - Određena vrsta materijala nakon hlađenja do jako niskih temperatura pokazuje neobična svojstva. Ovim pokusom demonstriramo jedno od njih - supravodljivost. Eksperimentalni postav sastoji se od posudice izrađene od stirodura unutar koje je zalijepljen komad supravodljivog materijala te od tri duga niza snažnih neodimijskih magneta učvršćenih na podlogu. Pokus se izvodi ulijevanjem tekućeg dušika u posudicu radi hlađenja supravodiča koji potom levitira nad magnetima. Laganim pokretom ruke posudica počinje kliziti iznad magneta bez trenja kao po tračnicama bez dodira. Efekt opažamo dokle god je supravodič ohlađen ispod vlastite kritične temperature. Slika 3.0.3 prikazuje izvođenje eksperimenta.



Slika 3.0.2 – Rubensova cijev.



Slika 3.0.3 – Supravodič.

4. LEVITATOR - Pokusom se prikazuje levitacija metalnih objekata. Aparatura obuhvaća dva transformatora koji se povezuju sa dvjema zavojnicama namotanim aksijalno simetrično jedna izvan druge te aluminijsku ploču u obliku tanjura. Pokus se izvodi spajanjem ulaza transformatora na napon gradske mreže te potom njihovih izlaza na zavojnice povrh kojih se postavlja aluminijski tanjur. Namještanjem prikladnog napona na zavojnicama dolazi do levitacije tanjura iznad njih što postaje uočljivo njegovom nesmetanom vrtnjom nakon što je u početku zarotiran. Fizikalni princip u pozadini ovog efekta počiva na indukciji vrtložnih struja u tanjuru. U svrhu pojačanja efekta, tanjur se hladi tekućim dušikom, kao što je prikazano na Slici 3.0.4.
5. VAKUUM - Pokusi ovog tipa demonstriraju svojstva vakuuma, odnosno zrakopraznog prostora. Eksperimentalni postav sastoji se od vakuumske zvonice s podlogom i sustavom

ventila, vakuumske pumpe, balona i čaša. Serija pokusa obuhvaća: umetanje slabo napuhanog balona unutar zvona nakon čega se isiše zrak te se balon zbog smanjenja tlaka unutar zvona napuše; postavljanje mobilnog telefona na kojem se reproducira glazba koja se sve slabije čuje porastom količine isisanog zraka; umetanje čaše vode ili tekućeg dušika pod zvono što nakon isisavanja zraka rezultira isparavanjem vode pri sobnoj temperaturi ili kristalizacijom dušika unutar čaše; postavljanje zapaljene svijeće koja se isisavanjem zraka gasi pod zvono kao pokazatelj nemogućnosti gorenja bez tvari koja će ga podržati. Naposljetku, kako bi se dočarala stvarna snaga vakuuma, publici se dozvoljava pokušaj podizanja zvona nakon čega uviđaju da je to nemoguće upravo zbog postojanja podtlaka unutar samog zvona. Primjer jednog takvog pokušaja prikazan je na Slici 3.0.5.



Slika 3.0.4 – Levitator.



Slika 3.0.5 – Vakuum.

6. MIKROVALNA PEĆNICA - Poznato je da određene predmete ne smijemo stavljati u mikrovalnu pećnicu. Ovaj pokus to demonstrira i prikazuje neka dodatna zanimljiva svojstva i mogućnosti mikrovalnih pećnica. Pokusna aparatura sastoji se od mikrovalne pećnice, pregorjelih žarulja koje nemaju čitavu žarnu nit i šibica. Pokusom se prikazuje nastanak plazme uzrokovan mikrovalnim zračenjem. U tu se svrhu zapaljena šibica umeće u pećnicu koja paljenjem stvara ljubičaste izboje. Oni se kratko zadržavaju na vrhu unutrašnje stijenke pećnice. Sličan efekt opažamo i kad žarulju, prethodno uronjenu u čašu vode da izbjegnemo pregrijavanje i pucanje stakla, izložimo mikrovalnom zračenju koje tanku volframovu nit naglo zagrije do izuzetno visokih temperatura, što u ovoj situaciji dovodi do nastanka plazme unutar staklenog kućišta žarulje.
7. FOTOLEKETRIČNI EFEKT - Tijekom upada na površinu metala, svjetlost iz nje izbija elektrone mehanizmom poznatim pod nazivom fotoelektrični efekt. Postav za njegov prikaz sastoji se od tri žarulje međusobno različitih veličina, odnosno intenziteta zračenja,

UV lampe i elektroskopa s aluminijskom pločicom na vrhu. Pokus se provodi osvjetljenjem elektroskopa - prvo žaruljom najmanje izlazne snage tj. intenziteta, potom srednje i na kraju najveće snage te se očekuje nekakva promjena na elektroskopu budući da je svjetlost val. Nijedna od žarulja ne izaziva nikakav efekt na elektroskopu, ali paljenjem UV lampe dolazi do njegovog otklona uvjetovanog izbijanjem elektrona s površine aluminijske pločice. Time se potvrđuje dvojna priroda svjetlosti, odnosno činjenica da se u određenim pokusima svjetlost ponaša kao val, dok u drugima kao čestica.

8. VAN DE GRAAFFOV GENERATOR - Ovim se pokusom prikazuje mogućnost elektriziranja ljudskog tijela pomoću Van de Graaffovog generatora. Aparatura obuhvaća spomenuti generator uz drveno postolje koje se postavlja na zemlju. Pokus započinje uspinjanjem sudionika na postolje i primanjem kugle Van de Graaffovog generatora - potom se generator uključuje. Vrtnjom gumenog remena negativni se naboji fizički skidaju s površine kugle, a time i s ljudskog tijela što za posljedicu ima podizanje kose ili dlaka na rukama, a u slučaju dodira s drugom osobom dolazi do manjeg izboja naboja u obliku iskre. Ovim se putem publici na veseo način demonstrira postojanje električnih naboja i mogućnosti elektriziranja bilo kojeg tijela. Primjer provedbe pokusa vidljiv je na Slici 3.0.6.



Slika 3.0.6 – Van de Graaffov generator.

9. TESLIN TRANSFORMATOR - Eksperimentalni postav koji prati ovaj pokus sastoji se od transformatora i neonske lampe. Teslin transformator čine, kao i svaki uređaj tog tipa, dvije zavojnice s različitim brojem namotaja, ali ono što ga razlikuje od ostalih jest promjena frekvencije električne struje s nekoliko desetaka herzta na nekoliko megahertza ili čak i više. Ova karakteristika omogućava osobi da primi jedan kraj transformatora bez ozljeda koje bi nastale u kontaktu sa strujom iz gradske mreže. Takođere, približavanjem

neonske lampe transformatoru, bez izravnog kontakta dolazi do svijetljenja kao posljedice ionizacije zraka oko transformatora na visokom naponu. Ovako ioniziran zrak kao vodič dio je principa rada neonske svjetiljke. Prikaz izvedbe eksperimenta dan je na Slici 3.0.7.

10. CHLADNIJEVE PLOČE - Tijekom izvedbe ovog pokusa prikazuju se oblici koji nastaju na tzv. Chladnijevim pločama. Aparatura se sastoji od spomenutih ploča, pijeska i zvučnika koji služi za poticanje titranja ploča. Pokus se izvodi njihovim učvršćivanjem na zvučnik te posipanjem pijeska po njihovim površinama. Puštanjem zvukova različitih frekvencija putem zvučnika vibracije se prenose na ploče što dovodi do nastanka zanimljivih oblika formiranih od pijeska, kao što je prikazano na Slici 3.0.8.



Slika 3.0.7 – Teslin transformator.



Slika 3.0.8 – Chladnijeve ploče.

11. MALA ŠKOLA ZVUKA - Ovom serijom pokusa želimo razjasniti načine nastanka zvukova u glazbenim instrumentima. U tu svrhu koristimo gitaru ili ukulele te neki puhački instrument, primjerice trubu. Demonstracije započinju razlikovanjem šuma od npr. udarca o stol i tona dobivenog nekim od instrumenata. Potom se na gitari ili ukulelama promatra utjecaj duljine, debljine i napetosti žice na formiranje tona. Nastavno na ovo, prikazuje se efekt kombinacije više otvorenih i zatvorenih svirala na puhačkom instrumentu i pripadni nastanak drukčijeg tona. Na kraju se pojašnjava pojam rezonancije pobuđivanjem jednog glazbala pomoću drugoga. Izvedba pokusa prikazana je na Slici 3.0.9.

Valja istaknuti da su, uz već postojeće eksperimente, u pripremi i dva nova pokusa čiji je cilj proširiti katalog pojava i fenomena koje je moguće diskutirati na nastupima našeg projekta u školama.

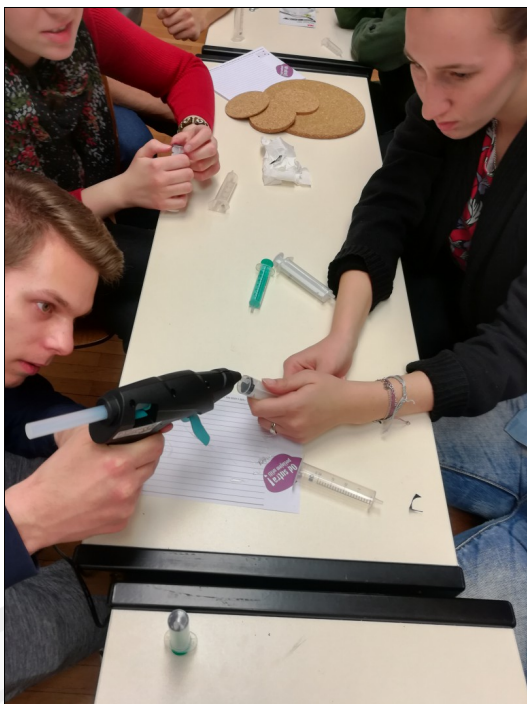


Slika 3.0.9 – Mala škola zvuka.

Uz pokuse, već je navedeno da je ključan predstavnik noviteta ovogodišnjeg projekta uključivanje radionica kao sastavnih segmenata svakog nastupa. Budući da one čine potpuno novu cjelinu projekta, zahtijevale su najveći mogući angažman od pripreme do realizacije. Prvotni zadatak svih članova koji sudjeluju na projektu bio je da samostalno pronađu izvedbu nekog mjernog instrumenta te je prezentiraju ostatku kolega na zajedničkom okupljanju. Kao relevantni kriteriji prilikom odabira mjernih instrumenata koji će se izrađivati na radionicama, u obzir su uzeti jednostavnost i vremensko opterećenje izvedbe pojedinog instrumenta, dostupnost i cijena materijala za izradu te mogućnost pojašnjenja fizikalnih principa na temelju kojih oni funkcioniraju. Nakon odabira nekoliko mjernih instrumenata koji su svojim karakteristikama zadovoljili navedene kriterije, krenulo se u nabavku materijala za izradu. U nastavku je održano nekoliko radionica na kojima su članovi projekta uvježbavali izradu instrumenata, kao što je prikazano na Slici 3.0.10 i Slici 3.0.11.

Mjerni instrumenti izrađivani tijekom interaktivnih radionica su slijedeći:

1. VAKUUMSKI DINAMOMETAR - Ovim se mjernim instrumentom ispituje jakost neke sile uz pomoć vakuumskog podtlaka. Materijali i alati potrebni za njegovu izradu su plastična šprica, metalne kukice i vruće ljepilo. Dinamometar se sklapa tako da se jedna metalna kukica zavida u vrh šprice te se učvrsti vrućim ljepilom kako ne bi došlo do ulaska zraka u unutrašnjost šprice. Nakon toga, druga se kukica zagrije i provuče kroz držač klipa šprice te se ondje također učvrsti vrućim ljepilom. Time je dinamometar osposobljen i pruža mogućnost vješanja o čvrsto uporište jednom kukicom, dok se na drugu ovjesi predmet kojeg se primjerice želi izvagati. Bitna značajka ovog dinamometra je ta da nema linearnu skalu rastezanja i zato pruža mogućnost da se onima koji ga izrađuju prenese ideja baždarenja kao sastavnog dijela izrade bilo kojeg preciznog instrumenta.



Slika 3.0.10 – Koncentrirana izrada mjernih instrumenata.



Slika 3.0.11 – Popravljanje pokusne aparature uz izradu instrumenata.

2. **SPEKTROSKOP** - Bijela se svjetlost sastoji od širokog spektra boja - kaže se da je polikromatska. Upravo to svojstvo demonstriramo pomoću ovog instrumenta. Materijali i alati potrebni za njegovu izradu su crni flomaster, komadić DVD-a ili CD-a, škare, ljepilo i papirnata šablona. Spektroskop se sklapa izrezivanjem pripremljene šablone iz papira te njenim daljnjim bojanjem u crnu boju. Potom se na nju zalijepi komadić DVD-a ili CD-a tako da je svojom sjajnom stranom okrenut na njenu nebojenu stranu. Nakon provedbe tih koraka, plašt spektroskopa valja zalijepiti u iscertani oblik nalik kvadru. Završivši izradu, kroz otvor namijenjen za gledanje promatra se spektar boja ocrtan na površini DVD-a ili CD-a u unutrašnjosti spektroskopa uzrokovan prolaskom svjetlosti kroz tanak prorez na nasuprotnom kraju mjernog instrumenta.

3. **ELEKTROSKOP** - Ovim se mjernim instrumentom demonstrira naelektriziranost nekog tijela. Materijali i alati potrebni za njegovu izradu su staklenka, bakrena žica, listići aluminijske folije i čavao. Elektroskop se izrađuje probijanjem male pukotine na metalnom poklopcu staklenke pomoću čavla te daljnjim provlačenjem bakrene žice kroz nju. Zatim se na komad žice koji ulazi u limenku postavlja preklopljeni listić aluminijske folije. Kada se elektroskopu primakne naelektrizirano tijelo, listići aluminijske folije se rašire i

na taj način dokazuju prisutnost naboja na površini primaknutog tijela.

Navedeni mjerni instrumenti prikazani su na Slici 3.0.12. Paralelno njihovoj konstrukciji, idejno je zamišljena i izrada homopolarnih elektromotora te jednostavnije izvedbe parnih strojeva, no zbog problema dostupnosti materijala i pribavljanja istih još uvijek ih nije moguće izraditi. No, imajući na umu da su oni zapravo vrsta igračaka s primijenjenom fizikom na djelu, njihova se izrada očekuje u bliskoj budućnosti. Uz to, članovi projekta svakodnevno pronalaze nove ideje te se provedbeni program s vremenom obogaćuje i nastavlja rasti, a upravo radionice mjernih instrumenata predstavljaju okosnicu oko koje će se vršiti daljnji razvoj.



Slika 3.0.12 – Vakumski dinamometar, spektroskop i elektroskopi.

4 REZULTATI

S ciljem unaprijeđenja projekta, odnedavno je veći fokus postavljen na povratne informacije publike s kojom se susrećemo. U tu je svrhu započeto prikupljanje dojmova putem anketa koje se provode na nastupima. Analizom rezultata anketa prati se entuzijazam i interes za fizikom kod učenika. Ispunjavanjem ankete prije i nakon samih predavanja promatra se promjena njihove zainteresiranosti za uključivanje u znanstvene aktivnosti te se uz to saznaje i jesu li im uspješno približeni fizikalni koncepti izloženi na nastupu. Primjer takve ankete dan je na Slici 4.0.1. Usprkos potvrdi već zapaženih trendova, koji upućuju na porast interesa naše publike za proučavanjem fizike, detaljniju analizu rezultata anketa prepuštamo budućnosti projekta te zasada navodimo samo jednu od mnogih pozitivnih reakcija na naše zalaganje.

[...], uživali smo na radionicama i zahvaljujemo na dobroj volji za suradnjom. Odlična ste ekipa, s puno entuzijazma, znanja i vještina i samo hrabro naprijed. Šaljemo par fotografija s radionica i veselimo se nekom novom susretu kad budete mogli. Samo javite ako ikako možemo pomoći. Puno sreće i uspjeha u daljnjem radu cijelom vrijednom timu i pozdrav iz Knjižnice Voltino.

ĖVALUACIJSKI UPITNIK
★ Fizika ekspres ★

Ime škole: _____

Razred: _____

• Osnovna škola: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.

• Srednja škola: 1. 2. 3. 4.

Spol: M Ź

1. Kako ocjenjujete opremljenost školskog kabineta iz fizike?
a) Izvrsno b) Osrednje c) Loše
2. Koliko Vam se dosadašnja nastava fizike činila razumljivom?
a) Jako b) Osrednje c) Nimalo
3. Koliko zanimljivim smatrate posao fizičara?
a) Jako b) Osrednje c) Nimalo
4. Źelite li se baviti fizikom u budućnosti?
a) Da b) Ne c) Ne znam
5. Koliko često imate priliku poslušati ovakvo ili slično predavanje?
a) Jako često b) Ponekad c) Rijetko
6. Koliko su Vam zanimljivi bili predavači?
a) Jako b) Osrednje c) Nimalo
7. Što Vam se najviše sviđjelo tijekom predavanja?

8. Što Vam se najmanje sviđjelo tijekom predavanja?

9. Źelite li da Vas predavači opet posjete?

10. Što biste poručili predavačima?

Slika 4.0.1 – Primjer evaluacijskog upitnika - ankete koju provodimo nakon predavanja i radionica.

Komentari poput ovoga, koji dolaze iz publike, neupitno potvrđuju uspješnost provedbe projekta. Smatramo da su brojni dječji osmjesi i njihovo stalno postavljanje pitanja ispunjenje naših ciljeva te nam predstavljaju poticaj za daljnje ulaganje truda za napredak projekta. Uz pozitivne komentare, svakodnevno nam putem elektroničke pošte pristižu upiti zainteresiranih profesora koji se raspituju kada bismo mogli doći nastupiti u njihovim školama što jasno dokazuje potrebu za nastavkom ovog i formiranjem njemu sličnih projekata.

5 POJEDINAČNA ZALAGANJA

Prilikom održavanja radionica u svrhu obuke sudionika projekta, svaki od članova istaknuo se svojim jedinstvenim sposobnostima i dao zamjetan doprinos realizaciji projekta. Dakako, teško bi bilo ocijeniti tko je doprinio ponajviše, ali to se na kraju ne smatra niti relevantnom, niti mjerljivom veličinom jer *Fizika ekspres* predstavlja zajednički projekt studenata okupljenih oko istog cilja i vođenih istim entuzijazmom.

U Tablici 5.0.1 navedeni su značajniji pojedinačni doprinosi prilikom rada na projektu - ona služi isključivo kao orijentir za daljnji osobni rast i razvoj naših članova.

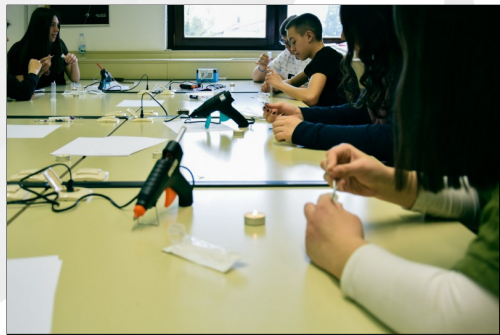
Tablica 5.0.1 – Pojedinačni doprinosi projektu.

Ime i prezime	OIB i JMBAG	Smjer i godina studija	Doprinos projektu
Mihaela Bačić	81715428661 0119045871	Nastavnički; 1. godina	održala 1 predavanje; sudjelovala na Danu i noći PMF-a
Luka Cavaliere Lokas	66194889377 0119038389	Istraživački; 3. godina	voditelj; održao 6 predavanja; sudjelovao na Znanstvenom pikniku; sudjelovao na Smotri Sveučilišta u Zagrebu; vodio radionice i obuku novih članova; nabavljao materijale za provedbu projekta; pisao natječajnu dokumentaciju; dogovarao posjete
Fran Dabo	75956113594 0119048852	Istraživački; 1. godina	održao 1 predavanje; sudjelovao na Danu i noći PMF-a
Karlo Delić	22239642211 0119040438	Istraživački; 3. godina	održao 5 predavanja; rukovodio na Danu i noći PMF-a; vodio obuku novih članova; nabavljao materijale za provedbu projekta; dogovarao posjete
Karlo Kumiša	68406323077 0119042203	Nastavnički; 2. godina	održao 3 predavanja; sudjelovao na Danu i noći PMF-a
Andreja Lasić	94234110379 0119018907	Nastavnički; 4. godina	održala 2 predavanja; sudjelovala na Danu i noći PMF-a; sudjelovala na Smotri Sveučilišta u Zagrebu
Ema Lipovščak	89017903344 0119028882	Nastavnički; 4. godina	održala 4 predavanja; sudjelovala na Danu i noći PMF-a; posjetila školu u sklopu STEM Gamesa; sudjelovala na Danu za znanost; sudjelovala na Smotri Sveučilišta u Zagrebu
Ana Milinović	97174715239 0119009680	Nastavnički; 5. godina	održala 3 predavanja; sudjelovala na Danu i noći PMF-a; sudjelovala na Znanstvenom Pikniku; sudjelovala na Smotri Sveučilišta u Zagrebu; pisala natječajnu dokumentaciju; dogovarala posjete
Petra Papoči	38655522321 0119048067	Nastavnički; 1. godina	održala 4 predavanja; sudjelovala na Danu i noći PMF-a
Gabrijela Šamarija	27883452209 0119048990	Nastavnički; 1. godina	održala 4 predavanja; sudjelovala na Danu i noći PMF-a; nabavljala materijale za provedbu projekta
Ian Juraj Štulić	89747917531 0119049683	Nastavnički; 1. godina	održao 3 predavanja; sudjelovao na Danu i noći PMF-a; nabavljao materijale za provedbu projekta
Sara Zeko	22897727826 0119040048	Istraživački smjer 2. godina	održala 5 predavanja; sudjelovala na Danu i noći PMF-a; vodila radionice i obuku novih članova; nabavljala materijale za provedbu projekta

6 ZAKLJUČAK

Uz trenutno zamjetnu učestalost održavanja nastupa, u bližoj se budućnosti očekuje daljnja i sve brža ekspanzija projekta. Naime, zbog vrlo aktivnog marketinškog segmenta, popularnost mu brzo raste te se broj članova na projektu u posljednjih nekoliko mjeseci naglo povećao. Popularizacija projekta najčešće se vrši putem društvenih mreža i javnih oglašavanja događanja. Porast broja članova ujedno znači i nove ideje za eksperimente, novije pristupe predavanjima te mogućnost održavanja većeg broja nastupa. Također, iako je projekt trenutno ograničen na škole unutar Zagreba i njegove šire okolice, isplanirane su posjete ostalima dijelovima Hrvatske s manjim mogućnostima u odnosu na Zagreb, započevši s Istrom i Kvarnerom početkom svibnja ove godine paralelno manifestaciji STEM Gamesa te potom na više lokacija diljem hrvatskog primorja i kontinenta. Uz ovo, u daljoj budućnosti očekuje se jačanje regionalnih odnosa sa susjednim državama. Dugogodišnja povezanost članova projekta sa studentima iz Bosne i Hercegovine, Slovenije i Srbije otvara put ka međusobnoj suradnji koju se nadamo pobuditi te potom ojačati.

Vjerujemo da kvalitetnim obrazovanjem, u sklopu kojeg dolazi do boljeg razumijevanja i poznavanja prirodnih zakona, ovaj svijet možemo učiniti ljepšim mjestom za život. Ova plemenita misija i vizija predstavljaju težak zadatak za bilo koju državu na svijetu, a posebice za našu u kojoj se na školstvo nažalost još uvijek gleda kao trećerazrednu i usputnu aktivnost u životu, umjesto da bude ključna i vitalna te upravo ona na kojoj počiva čitav razvoj države od gospodarstva i ekonomije do umjetnosti i znanosti. No, usprkos trenutačnoj situaciji, ne gubimo vjeru u bolju i svjetliju budućnost niti entuzijazam za stalnim radom unutar projekta *Fizika ekspres* kako bismo doprinijeli općem dobru unutar naše države. Zaključili bismo ovaj rad porukom svima onima koji se smatraju učenicima, odnosno željnima znanja i spremnima za hvatanje u koštac s dosad neriješenim problemima. Poruku je izrekao filozof Francis Bacon, a glasi „**Znanje je moć!**“



Literatura

- [1] <https://www.ncvvo.hr/objava-rezultata-oecd-ova-medunarodnoga-istrazivanja-pisa-2015/>
- [2] <https://macrohub.net.efzg.hr/analize/22-02-2018-pisa-u-hrvatskoj>
- [3] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Government_expenditure_on_education
- [4] Carey S., *The Origin of Concepts*, Journal of Cognition and Development, 1(1):37-41, 2000.
- [5] Gopnik A., Wellman HM., *Reconstructing constructivism: causal models, Bayesian learning mechanisms, and the theory theory*, Psychological Bulletin, 138(6):1085-108, 2012.
- [6] Krapp A., Prenzel M., *Research on Interest in Science: Theories, Methods and Findings*, International Journal of Science Education, 33(1):27-50, 2011.
- [7] Bobek E., Tversky B., *Creating visual explanations improves learning*, Cognitive Research: Principles and Implications, 1:27, 2016.
- [8] Slavin R.E., *Cooperative Learning*, Review of Educational Research, 50(2):315-342, 1980.
- [9] Damşa C.I., Ludvigsen S., *Learning through interaction and co-construction of knowledge objects in teacher education*, Learning, Culture and Social Interaction, 11:1-18