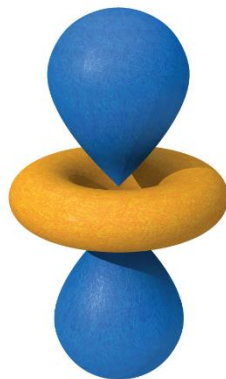


SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

# Feasyka – Physics Made Fun



Eva Jelavić, Luka Cavaliere Lokas, Matej Kovačević, Iskra Hrnčić, Vinko Dragušica,

Tonka Hrboka, Matija Uremović, Ian Juraj Štulić

Zagreb, 2022.



*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 2021./2022.*

## Sadržaj

SAŽETAK .....	1
SUMMARY .....	2
MOTIVACIJE I CILJEVI.....	3
PROVEDBA PROJEKTA .....	6
REZULTATI.....	18
POJEDINAČNA ZALAGANJA .....	20
ZAKLJUČAK.....	21
LITERATURA .....	22

## SAŽETAK

*Feasyka – Physics Made Fun* projekt je grupe studenata fizike Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu s glavnim ciljem popularizacije znanosti u osnovnim i srednjim školama te među studentskom populacijom. Primarni način provedbe programa su posjete obrazovnim ustanovama u Hrvatskoj tijekom kojih članovi projekta održavaju edukativna predavanja i interaktivne radionice. Za vrijeme nastupa sudionici imaju priliku izvesti eksperimente koje nisu često u mogućnosti vidjeti te im se pruža mogućnost izrade vlastitih mjernih instrumenata kojima mogu ispitati fizikalne zakone i naučene pojmove. Dodatno, članovi projekta snimaju edukativne video materijale o svakodnevnim fizikalnim pojavama, znanstvenim mitovima i drugim zanimljivim temama iz područja fizike te redovito objavljuju raznovrsne multimedijske sadržaje na društvenim mrežama. Rezultat ovog projekta je porast interesa učenika za prirodoslovnim znanostima što potvrđuje kvalitetu njegove izvedbe i dugoročnost ciljeva koji se njime ostvaruju.

Ključne riječi: fizika, popularizacija znanosti, edukativna predavanja, interaktivne radionice, multimedijski sadržaji

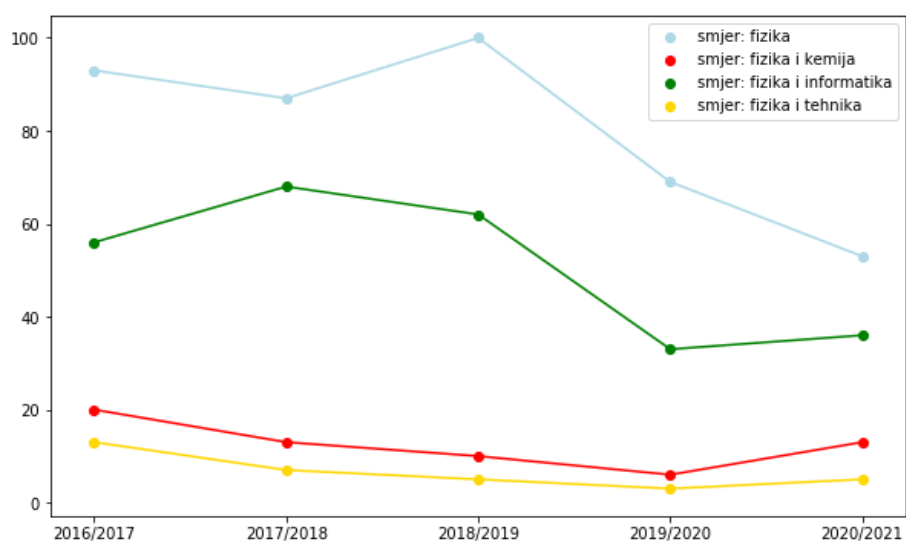
## SUMMARY

*Feasyka – Physics Made Fun* is a project of a group of physics students at the Faculty of Science University of Zagreb with the main goal of science popularization in primary and secondary schools and among the student population. The main activities consist of visits to educational institutions in Croatia, where project members give educative lectures and hold interactive workshops. During the performance, participants have the opportunity to do experiments that they are not often able to partake in and they are given the opportunity to make their own measuring instruments in order to test laws of nature and learned concepts. Additionally, project members create educational videos about everyday physical phenomena, scientific myths and other interesting topics in the field of physics while also regularly publishing a variety of multimedia content on social media. The result of this project is an increase in students' interest in the natural sciences and that confirms the quality of the project and long-term goals it achieves.

Keywords: physics, popularization of science, educative lectures, interactive workshops, multimedia content

## MOTIVACIJE I CILJEVI

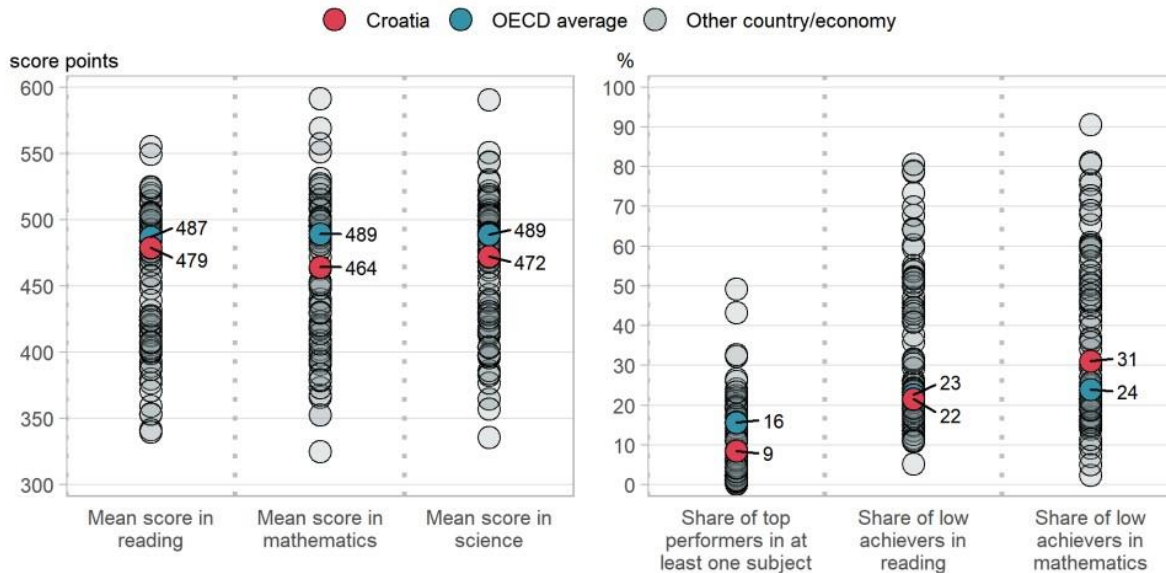
Uvijek se govori da na mladima svijet ostaje te da je u njih potrebno najviše ulagati. Unatoč tome, mnoge od osnovnih i srednjih škola u gradu Zagrebu, ali i diljem Hrvatske nisu adekvatno opremljene za izvođenje nekih od osnovnih fizikalnih eksperimenata koji bi pratili naučno gradivo. Također, posljednjih godina pojavljuje se sve veći problem nedostatka educiranog nastavnog kadra koje bi izvodio nastavu fizike te se procjenjuje da oko deset posto nastavnika fizike u školama nema za to potrebne kvalifikacije.



Slika 1. Grafički prikaz broja upisanih studenata na pojedinom nastavničkom smjeru Fizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu za pojedinu akademsku godinu

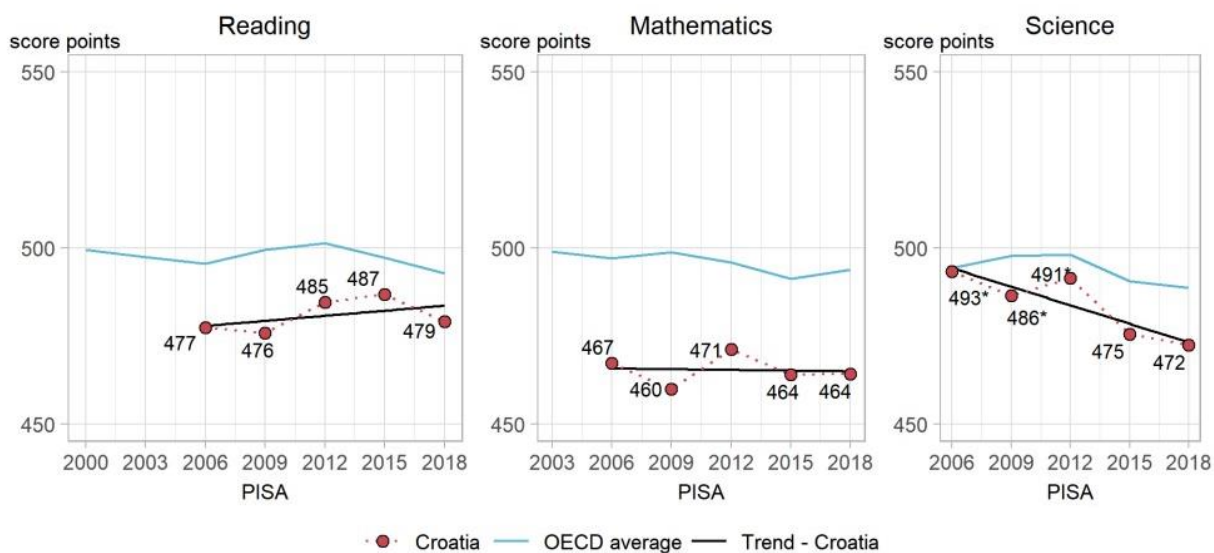
Kao što je vidljivo na grafu na slici 1, broj upisanih studenata na nastavničkim smjerovima iz godine u godinu se smanjuje te je to još jedan od problema današnjeg obrazovnog sustava. Osim toga, dvije godine pandemije, tijekom kojih se nastava održavala virtualnim putem, utjecale su na obrazovanje učenika i na njihovu zainteresiranost za prirodoslovno područje.

Rezultati internacionalnog istraživanja *PISA 2018* na kojemu su sudjelovali petnaestogodišnji učenici iz Hrvatske i svijeta pokazuje da su učenici iz Republike Hrvatske ispod prosjeka kada je u pitanju znanje matematike i fizike. Samo četiri posto učenika pokazuje znanje samostalne primjene naučenih znanstvenih koncepata i sposobnost njihove upotrebe u novonastalim situacijama.



Slika 2. Rezultati istraživanja *PISA 2018* – prikaz znanja učenika u usporedbi s ostalim državama koje su sudjelovale na istom istraživanju [1]

Također, usporedbom ostvarenih rezultata na istraživanju u 2018. godini s ranijim godinama kada je ono provedeno, uočen je nagli pad bodova ostvarenih na području prirodoslovnih znanosti, dok je razina znanja u matematici ostala podjednaka s blagim padom, a čitanje s razumijevanjem se u prosjeku neznatno poboljšalo.



Slika 3. Rezultati istraživanja *PISA* – vremenska usporedba ostvarenih rezultata ostvarenih u čitanju s razumijevanjem, matematici i prirodoslovnim znanostima [1]



Uz navedeno, više istraživanja provedenih u 2021. godini pokazuje da je utjecaj društvenih mreža na život pojedinaca postao nezanemariv te da je upravo to najčešći način prijena informacija, a samim time i znanja. No, tijekom korištenja društvenih mreža i pretraživanja interneta vrlo je bitno znati kritički razmišljati te odvojiti točne informacije od netočnih, odnosno naučiti dobro filtrirati ponuđeni sadržaj. S druge strane, bitno je iskoristiti potencijal društvenih mreža kako bi se na pristupačan i jednostavan način prezentirala složena materija koja se uči u školama te je na taj način moguće zainteresirati mlađu publiku za znanost.

Upravo su iz tih razloga, studenti Fizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pokrenuli projekt za promociju znanosti, konkretnije fizike, koji će omogućiti učenicima osnovnih i srednjih škola drugačiji pogled na jednu od temeljnih znanosti o prirodi, a uz to im dati bolji uvid u život znanstvenica i znanstvenika. Izuzev činjenici da se radi o vrlo kompleksnoj i zahtjevnoj grani prirodoslovlja, fizika predstavlja vrlo interdisciplinarnu znanost koja svoj doprinos daje u različitim aspektima ljudskog djelovanja te u drugim granama znanosti i gospodarstva jer se znanja stečena na tom polju prenose na mnoga područja poput elektrotehnike, strojarstva i građevine. Stoga su nastupi u okviru projekta zamišljeni u obliku edukativnih predavanja te interaktivnih eksperimenata i radionica gdje se sudionici potiču na kritičko razmišljanje, predviđanje tijeka pokusa te postavljanje hipoteze koja se na kraju dokazuje ili odbacuje. Pri tome, svaki nastup predstavlja svojevrsnu interakciju publike i demonstratora u kojem studenti učenicima prenose znanje, a učenici nerijetko nude inovativni i maštoviti pogled na svijet koji ih okružuje.

Fizika je tijekom osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja često percipirana kao zahtjevna i teško shvatljiva, no studenti koji sudjeluju na ovom projektu imaju drugačije viđenje fizike koje žele prenijeti na svoju publiku. Za njih, fizika je znanost kao niti jedna druga, ona opisuje sve od najsitnijih dijelova materije, kao što su elementarne čestice, do golemih galaksija i čitavog Svemira. Ona predstavlja savršen spoj filozofije, matematike i tehnike koji počinjemo izučavati od najranijeg djetinjstva otkrivajući svijet oko sebe i zbog toga je moguće mnoge fizikalne koncepte shvatiti uz kvalitetno mentorstvo i ispravan pristup.

## PROVEDBA PROJEKTA

Tijekom pandemijskog razdoblja 2020. godine velik broj različitih aktivnosti, među njima i one popularizacijskog karaktera, bile su obustavljene ili prevedene u virtualni oblik, no tada grupa studenata fizike započinje osmišljavanje novog projekta pod nazivom *Feasyka – Physics Made Fun* koji će objediniti dva pristupa promociji fizike. Prvi je svakako inovativnost zbog korištenja multimedijских sadržaja objavlјivanih na društvenim mrežama, dok je drugi tradicija koja se očituje u posjetama školama i odlascima na javna događanja gdje se pokazuju zanimljivi pokusi i interaktivne radionice naslijeđene od već postojećeg projekta pod nazivom *Fizika ekspres*, koji djeluje od 2005. godine.

Za vrijeme akademske godine 2020./2021. članovi projekta osmišljavali su nove eksperimente i radionice te su birali teme za snimanje video materijala. Uz to, nabavili su različitu opremu potrebnu za provedbu projekta te su dio novog programa, sukladno epidemiološkim mjerama, prikazali u virtualnom formatu prilikom nekoliko događanja. U tom periodu, koji je prethodio ovom početku ovog projekta, novi članovi su na redovitim edukacijama razvijali vještine predavanja, demonstriranja pokusa i radionica te javnog nastupa pod vodstvom starijih i iskusnijih kolegica i kolega. Također, dio studenata razvio je čitav niz vještina povezanih uz osiguravanje materijalnih i financijskih sredstava potrebnih za nabavku opreme i funkcioniranje budućeg projekta te je dodatan napor uložen u poboljšanje vidljivosti i kvalitete prikaza provedenih aktivnosti na društvenim mrežama. U nastavku teksta navedeni su pokusi i radionice razvijeni i prikazani u više navrata, a zatim su nabrojane posjete školama i javnim događanjima, kao i ostale aktivnosti na projektu.

### POKUSI

TEKUĆI DUŠIK – pokusi s tekućim dušikom obuhvaćaju demonstraciju ukaplјivanja plina, supravodljivosti te opis specifičnog toplinskog kapaciteta, Leidenfrostovog efekta i plinskih zakona. Dušik se pri standardnim uvjetima nalazi u plinovitom stanju, no na  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  i pri atmosferskom tlaku dolazi do njegovog ukaplјivanja te ga je potom moguće transportirati u

posebnoj termos boci, odnosno Dewarovoj posudi. Tijekom izvođenja eksperimenta tekući dušik ulijeva se u poseban spremnik izrađen od toplinskog izolatora koji sprječava trenutno isparavanje dušika. Pokus započinje stavljanjem banane u tekući dušik kako bi se demonstrirale posljedice dugotrajnije izloženosti ljudske kože niskim temperaturama. Potom se proučava jednadžba stanja idealnog plina stavljanjem napuhanog balona u tekući dušik čime se njegov volumen smanji. Također, korištenjem supravodiča napravljenog od posebne legure materijala te tračnica sastavljenih od neodimijskih magneta, objašnjava se kvantni efekt supravodljivosti i pojava magnetske levitacije. (autor: Leon Jurčić, prof.)

VAN DE GRAAFFOV GENERATOR – uređaj je koji pomaže objasniti fizikalne koncepte naboja i električnog potencijala. Vrtnjom gumenog remena pokretanog elektromotorom, negativan naboj uklanja se s površine metalne kugle te ona ostaje pozitivno nabijena. Ukoliko osoba dotakne kuglu s oba dlana, negativni naboji se počinju uklanjati i s ljudskog tijela što za posljedicu ima podizanje kose na glavi osobe. Na ovaj način se zabavno demonstrira postojanje dvije vrste naboja te njihovo međudjelovanje. (autori: Damjan Jelić, mag. phys.-geophys, Leon Jurčić, prof.)

VAKUUM – pomoću ovog eksperimenta demonstriraju se svojstva zrakopraznog prostora, odnosno vakuuma. Iz staklenog zvona postavljenog na stolić zrak se usisava korištenjem vakuumske pumpe te se potom izvodi pokus s napuhanim balonom gdje se demonstrira kako promjena tlaka utječe na volumen zraka u balonu. Zatim se čaše napunjena vodom postavlja pod stakleno zvono te se odvođenjem zraka dovodi u stanje ključanja, odnosno isparavanja. Time se prikazuje da za ključanje vode nije bitna samo temperatura, već i tlak para nad otopinom. Postavljanjem mobilnog telefona pod vakuumsko zvono moguće je objasniti prirodu mehaničkih valova poput zvuka i elektromagnetskih valova. Također, povučena je i poveznica s trokutom gorenja koji su učenici učili na satovima kemije te je pomoću svijeće pokazano da uistinu gorenje nije moguće u odsustvu kisika. (autori: Goran Jeras, izv. prof. dr. sc. Mihael Grbić)

RUBENSOVA CIJEV – pokus s Rubensovom cijevi služi za vizualizaciju zvučnih valova. Za izvedbu pokusa koristi se cijev na kojoj su u pravilnim razmacima izbušene rupice kroz koje se propušta zapaljivi plin. Puštanjem određene frekvencije kroz zvučnik dolazi do titranja

membrane zvučnika i zatim membrane balona navučenog na otvoreni kraj cijevi te se tako zvuk prenosi na plin u cijevi. Plin izlazi kroz rupice gdje se može zapaliti. Prolaskom zvučnog vala kroz cijev dolazi do zgušnjavanja i razrjeđivanja plina, odnosno nastanka stojnog vala, što rezultira vidljivim valom na površini cijevi, odnosno plamenom koji je negdje viši, a negdje niži. (autori: dr. sc. Iva Šrut Rakić, Miro Šrut, Đuro Đaković)

LEVITATOR – aparatura se sastoji od dva transformatora koji se povezuju s dvjema zavojnicama namotanim jedna oko druge te od aluminijske ploče u obliku tanjura. Pokus se izvodi spajanjem zavojnica na transformatore povezane na napon gradske mreže tako da se u njima stvaraju vremenski promjenjiva magnetska polja suprotnih orijentacija. Potom se iznad zavojnica postavlja aluminijska ploča koja, zbog pojave vrtložnih struja, ne dodiruje zavojnice, već levitira iznad njih. (autor: Marko Pavić, mag. phys., prof. dr. sc. Miroslav Požek, Hrvoje Mesić, prof., izv. prof. dr. sc. Mihael Grbić)

MIKROVALNA PEĆNICA – princip rada mikrovalne pećnice zasniva se na stvaranju mikrovalova unutar vodljive šupljine koji nam u svakodnevnom životu omogućavaju zagrijavanje hrane zbog rotacija molekula vode u hrani. Zagrijavanjem čokolade moguće je na zabavan način prikazati i izmjeriti fizikalne veličine kao što su valna duljina, brzina svjetlosti te objasniti elektromagnetski spektar. (autor: Ana Marija Kožuljević, mag. phys.)

NARANČA – pokus se izvodi korištenjem velike posude napunjene vodom i dvije naranče podjednake početne mase od kojih se jednoj oguli kora, a druga ostaje neoguljena. Naranča bez kore tone na dno posude, dok ona s korom ostaje plutati, iako ima veću masu od oguljene naranče. Time se demonstrira utjecaj sile uzgona te njezina ovisnost o masi, volumenu i gustoći tijela. Uz to, povlači se analogija s plivanjem koje je svima dobro poznato. (autor: Matej Kovačević)

KELVINOVA KAPALJKA – uređaj korišten za objašnjavanje principa elektrostatike. Sastoji se od drvenog postolja na čijem vrhu se nalazi spremnik s vodom iz kojeg ona istječe kroz dvije gumene cijevi i potom pada kroz dva metalna prstena koji su spojeni na dvije metalne čaše iz kojih slijede izolirane žice. Eksperimentalni postav radi na principu indukcije naboja koja se

dogaća između dva sustava nabijena nabojima suprotnog predznaka. Ukoliko se žice postave na izolator, između njih je moguće stvoriti električnu iskra. (autorica: Martina Horvat, mag. educ. math. et. phys. [2], nadogradnja: Iskra Hrnčić)

MASLINOVO ULJE I LASER – pokus koji razbija mit o provjeri kvalitete maslinovog ulja pomoću zelenog lasera. Puštanjem zelene ili plave laserske svjetlosti kroz maslinovo ulje, zraka unutar ulja mijenja boju iz zelene ili plave u crvenu te nakon prolaska kroz ulje ponovno postane zelena ili plava. Ova pojava objašnjava se ekscitacijom i deekscitacijom molekula klorofila u ulju koji prilikom deekscitacije otpušta svjetlost veće valne duljine, odnosno svjetlost crvene boje. Kako bi se dokazalo da se ovim postupkom ne može utvrditi radi je li ulje djevičansko ili nije, laserska svjetlost potom se pustiti kroz bilo koje biljno ulje s većim udjelom klorofila te se ondje primjećuje isti efekt. Također, ovim pokusom objašnjava se i potpuna refleksija svjetlosti koja nastaje na površini ulja. (autor: Luka Cavaliere Lokas)

MAGLENA KOMORA – pokus se sastoji od velike prozirne posude s metalnim poklopcem s čije unutarnje strane se postavlja komad tkanine natopljen 96 postotnim alkoholom. Zatvorena posuda postavlja se na spremnik izrađen od toplinskog izolatora u koji je prethodno stavljen suhi led. U komori se stvaraju alkoholne pare koje se zbog temperaturnog gradijenta pri dunu posude pretvaraju u maglicu. Prolaskom različitih nabijenih čestica iz kozmičkog zračenja stvaraju se centri kondenzacije koji su vidljivi kao bijeli tragovi. (autori: Luka Cavaliere Lokas, Matej Kovačević, Ana Kožuljević, mag. phys.)

## RADIONICE

DINAMOMETAR - mjerni instrument kojim se ispituje iznos neke sile. Za njegovu izradu potrebna je plastična šprica, metalna kukica i vruće ljepilo. Vrućim ljepilom zalijepi se vrh neotvorene šprice kako ne bi došlo do ulaska zraka u nju, dok se metalna kukica zavije u površinu kružnog oblika na drugom kraju šprice. Nakon što se ljepilo osuši, moguće je baždariti dinamometar vješanjem predmeta različitih poznatih masa o metalnu kukicu.

**SPEKTROSKOP** – ovim uređajem prikazuje se razlaganje bijele svjetlosti na spektar boja od kojih se ona sastoji. Za izradu je potreban kartonski cilindar, papir, crni flomaster te komadić DVD-a ili CD-a . Iz papira je potrebno izrezati dva kruga dimenzije poprečnog presjeka kartonskog cilindra te ih je potrebno obojati flomasterom. Na jednom od krugova napravi se tanki prorez, dok se na drugome napravi veći otvor i na njega se zalijepi komadić DVD-a ili CD-a s kojeg je prethodno skinut sjajni dio tako da je komadić proziran. Potom se na krajeve kartonskog valjka zalijepi već izrezani papirnati oblici te se spektroskop usmjeri prema izvoru svjetlosti s tankim prorezom na vrhu kako bi kroz njega ulazila svjetlost. Na većem otvoru spektroskopa moguće je vidjeti spektar boja svjetlosti koja prolazi kroz prorez na suprotnoj strani uređaja. (autorica: Eva Jelavić)

**ELEKTROSKOP** – mjerni instrument kojim se može provjeriti je li tijelo naelektrizirano ili nije. Izrađuje se pomoću staklenke na čijem se poklopcu probuši rupa kroz koju se provuče komad bakrene žice. Na drugi kraj žice objesi se listići aluminijske folije i taj se dio zatvori u unutrašnjost staklenke. Ukoliko se takav elektroskop približi nabijenom tijelu, listić aluminijske folije će se raširiti te tako dokazati da tijelo na svojoj površini ima naboj.

**BATERIJA OD VOĆA ILI POVRĆA** – zabijanjem bakrene i cinkove pločice u limun ili krumpir moguće je proizvesti razliku potencijala na krajevima elektroda. Time se efektivno dobije baterija čiji se napon može ispitati voltmetrom. Spajanjem više takvih baterija u serijski spoj moguće je dobiti napone dovoljne snage da upale led lampicu. (autor: Luka Cavaliere Lokas)

**MOŠTOMJER** – mjerni uređaj za određivanje udjela šećera u moštu. Za izradu ovog uređaja potrebne su dvije epruvete od kojih je jedna uža, a druga šira, vijak, vruće ljepilo, menzura, šećer te milimetarski papir. Najprije se vijak s glavom prema dolje pažljivo spusti na dno šire epruvete, a uža epruveta se okrene otvorom prema dolje i umetne u širu epruvetu. Mjesto spajanja epruveta se učvrsti vrućim ljepilom tako da cijela konstrukcija stoji što ravnije. Za baždarenje uređaja koristi se menzura napunjena vodom u kojoj se postupno otapaju poznati volumni udjeli šećera. Nakon otapanja šećera, visina vodene otopine, na kojoj pluta moštomjer, zapisuje se na

milimetarskom papiru te se nakon više ponavljanja ovog postupka izrađuje mjerna skala koja se može koristiti kako bi se odredio udio šećera u nepoznatoj otopini. (autor: Luka Cavaliere Lokas)

**BAROMETAR** – uređaj za mjerenje tlaka zraka. Na praznu otvorenu staklenku navuče se balon. Nakon toga se na površinu balona zalijepi drveni štapić kojemu vrh prelazi rub staklenke te ukoliko se iza postavi papir, moguće je baždariti uređaj. Princip rada uređaja temelji se na činjenici da se atmosferski tlak svakodnevno mijenja i da različitom silom pritišće opnu balona na staklenci. Ukoliko se tlak poveća, opna balona će se udubiti jer će tlak u staklenci biti manji i vanjski zrak će djelovati većom silom na opnu što će rezultirati pomicanjem vrha štapića prema gore. U slučaju manjeg tlaka zraka, opna će se napuhati te će doći do suprotnog efekta. (autor: Luka Cavaliere Lokas)

**TERMOMETAR** – uređaj za mjerenje temperature nekog tijela. U epruvetu se ulije voda obojena prehrambenom bojom te se u nju umetne vrlo tanka staklena cjevčica na način da ne dodiruje dno epruvete te se otvor epruvete dobro zatvori komadom glinamola ili plastelina. Primanjem epruvete u ruku voda se zagriju i zbog termalnog širenja dolazi do podizanja razine tekućine u kapilari. (autor: Luka Cavaliere Lokas)

**DETEKTOR ZRAČENJA** – radionica se izvodi pomoću seta za lemljenje, neizoliranih i izoliranih žica, limenke, voltmetra, tranzistora, otpornika i baterije. Na dnu limenke se s vanjske strane probuši mala rupica kroz koju se provuče neizolirana žica koja ne dodiruje limenku i na čiji je vanjski kraj zalemljena baza tranzistora. Na kolektor i emiter istog tranzistora zalemljene su izolirane žice koje su naknadno spojene s kućištem za bateriju i voltmetrom. Uz to, na dno limenke zalemljen je otpornik koji se spaja na drugi pol baterije. Otvor limenke prekrije se aluminijskom folijom kao i gornji dio limenke na mjestu gdje je tranzistor. Približavanjem izvora zračenja ovom detektoru, primjerice postavljanjem detektora u podrumsku prostoriju ili u blizinu slabog izvora zračenja može se primijetiti promjena u naponu koji očitava voltmetar. (autorica: Iskra Hrnčić)

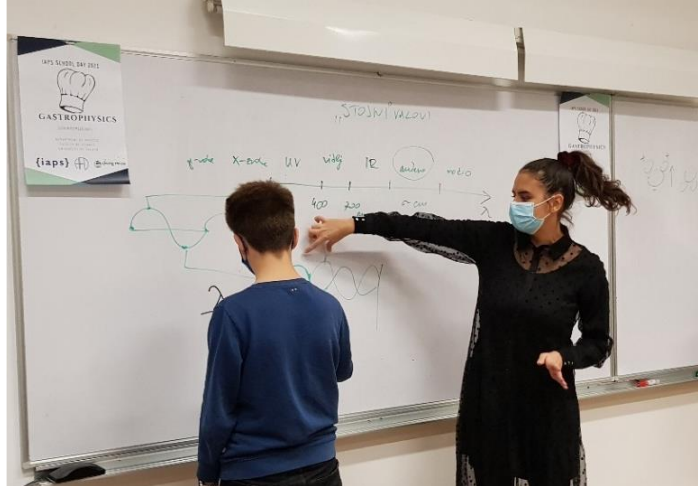
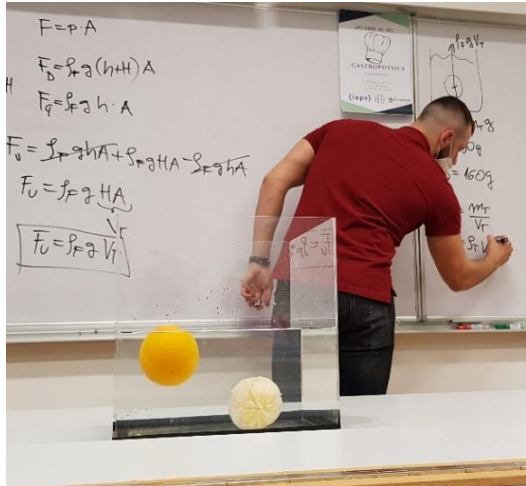
FIZIKA ELEMENTARNIH ČESTICA – radionica kojom se sudionici uvode u koncepte fizike elementarnih čestica korištenjem programskog paketa koji omogućava virtualno promatranje sudara zabilježenih u detektorima čestica. Analizom sudara moguće je rekonstruirati koje su čestice stvorene u tom sudaru, od kojih se najčešće traga za Higgsovim bozonom. Tijekom provedbe radionice, sudionici su upoznati s različitim elementarnim česticama, njihovim svojstvima te mogućim procesima njihova nastajanja. (autori: Luka Cavaliere Lokas, Vinko Dragušica, Filip Mirković [3])

ENTROPIJA – radionica se provodi korištenjem igraćih kockica čijim se bacanjem i analizom dobivenih rezultata nauče jednostavni statistički koncepti vjerojatnosti. Utvrđuje se kako je vjerojatnost dobivanja pojedinog broja na kocki jednaka, no vjerojatnost zbroja vrijednosti dobivenih na kockicama se razlikuje. Pomoću kockica se iz broja događaja dobije određena vjerojatnost svakog od njih što sudionike vodi na fizikalni pojam entropije koju je fizičar Ludwig Boltzmann definirao kao veličinu proporcionalnu broju svih mogućih mikroskopskih stanja koja odgovaraju jednom makroskopskom stanju sustava. Potom se ove ideje prenose na konkretne fizikalne sustave, odnosno na energetska stanja atoma i sudionicima se prenosi način intuitivnog shvaćanja entropije. (autori: Karlo Delić, mag. phys., Luka Cavaliere Lokas)

## POSJETE ŠKOLAMA

U studenom 2021. godine posjećena je II. Gimnazija u Zagrebu gdje su učenici drugih i trećih razreda imali priliku vidjeti pokuse povezane s hranom u sklopu međunarodnog Dana škola pod pokroviteljstvom Međunarodne udruge studenata fizike. U tu svrhu korišten je tekući dušik koji se primjenjuje u prehrambenoj industriji, izračunata je brzina svjetlosti pomoću čokolade otopljene u mikrovalnoj pećnici te je izveden pokus s narančama i tako je objašnjen uzgon. Tijekom radionica učenici su imali priliku izraditi baterije od limuna i krumpira te su potom objašnjeni pojmovi struje i napona.





Slika 4. Fotografije posjete II. Gimnaziji: lijevo pokus s narančom, desno pokus s mikrovalnom pećnicom

U prosincu 2021. godine posjećena je Osnovna škola Ive Andrića u Zagrebu gdje su u sklopu EU Erasmus+ projekta *Sea Inspired Active Learning of United STEAM* učenicima i učiteljima iz Hrvatske, Italije, Grčke, Latvije i Turske pokazani pokusi s tekućim dušikom, vakuumom i Van de Graaffom.



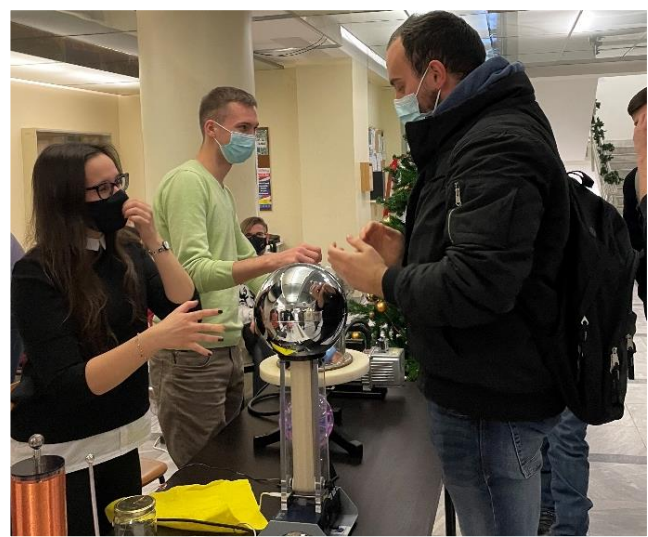
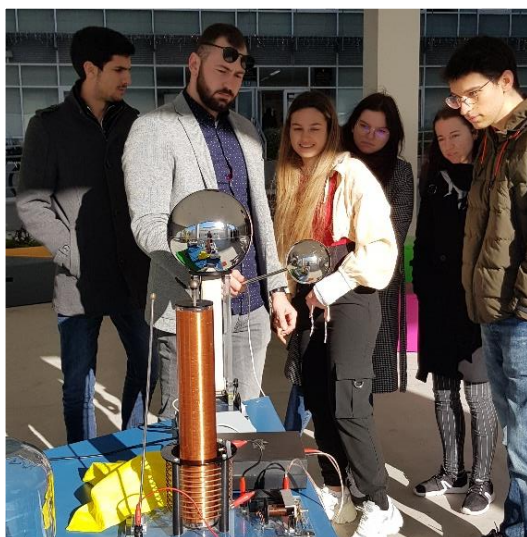
Slika 5. Fotografije posjete OŠ Ive Andrića: lijevo pokus s vakuum, desno pokus s tekućim dušikom

U sklopu Međunarodne olimpijade mladih prirodoslovaca natjecatelji su nas posjetili na Fizičkom odsjeku gdje su imali priliku vidjeti naprednije pokuse poput levitatora i Rubensove cijevi te naučiti nešto o entropiji.



Slika 6. Fotografije posjeta Olimpijada: lijevo pokus s Rubensovom cijevi, desno pokus s levitatorom

Krajem prosinca po prvi put je održano događanje *Fizika studentske svakodnevce* tijekom kojeg su članovi projekta svojim kolegama u Zagrebu te kolegama Fizičkog odjela PMF-a Split pokazali pokuse koji opisuju svakodnevne pojave poput munje koju su demonstrirali Van de Graaffovim generatorom.



Slika 7. Fizika studentske svakodnevce: pokusi s Van de Graaffovim generatorom



U travnju 2022. godine posjećena je Osnovna škola Šime Budinića i Gimnazija Franje Petrića u Zadru gdje su uz standardne pokuse izrađeni dinamometri i moštomjeri.



Slika 8. Posjeta OŠ Šime Budinića i Gimnaziji Franje Petrića u Zadru: lijevo izrada moštomjera, desno pokus s tekućim dušikom

Tijekom svibnja 2022. ponovno je posjećena Osnovna škola Ive Andrića u Zagrebu povodom Dana škole. Učenicima sedmih i osmih razreda eksperimentalno su pokazani neki od pojmova koje su oni već naučili na nastavi.



Slika 9. Fotografije posjete Danu škola OŠ Ive Andrića: lijevo pokus s Van de Graaffovim generator, desno pokus s narančom

U lipnju 2022. godine članovi projekta sudjelovali su na Danu za znanost u Koprivnici gdje su pokazani pokusi s Van de Graaffovim generatorom, narančom i tekućim dušikom. Sudionici su imali priliku izrađivati i vlastite spektroskope te dinamometre.



Slika 10. Fotografije posjete Dana za znanost u Koprivnici: lijevo Van de Graaffov generator, slika desno izrada dinamometra

## SNIMANJE VIDEOA

Članovi projekta tijekom veljače i ožujka započeli su sa snimanjem video materijala za YouTube kanal pod nazivom *Feasyka – Physics Made Fun* te su kreirali sadržaj za Instagram stranici projekta. Cilj videa je svaku temu objasniti na dva načina, jednostavniji korištenjem izraza i formula koje se uče u osnovnim i srednjim školama te na malo napredniji gdje se na matematički višoj razini objašnjava pozadina fizikalnog koncepta ili pojave. Tema o kojoj se snima video praćena je pokusom od kojih se neki mogu vrlo jednostavno samostalno ponoviti.

## SLOBODNI PAD – 1. DIO

Prvi dio o slobodnom padu objašnjava fizikalno naizgled jednostavan koncept slobodnog padanja tijela bez početne brzine. Kao što je iz iskustva poznato, pero u zraku pada sporije od kamena, no ukoliko ih zatvorimo u jednake kutijice, oboje će pasti istovremeno. Objašnjenje stoji iza toga da nije masa ta koja utječe na vrijeme slobodnog pada tijela, već je za to zadužen njegov oblik.



Slika 11. Fotografije videa Slobodni pad – 1. dio

## SLOBODNI PAD – 2. DIO

Drugi dio videa o slobodnom padu obrađuje kompliciraniji slučaj slobodnog pada s uključenim otporom zraka koji linearno ovisi o brzini. Osim objašnjenja uz ponovljeni pokus, riješena je i diferencijalna jednačba te je pokazan graf nacrtan korištenjem programskog jezika Python koji pomaže u vizualizaciji.



$$\int \frac{dv}{g - cv} = \int dt$$
$$-\frac{1}{c} \ln(g - cv) = t + C_0 \quad / \cdot (-c) / e^{\wedge}$$
$$g - cv = e^{-ct} e^{-C_0 c} \Rightarrow v = \frac{g - A e^{-ct}}{c}$$
$$v(t=0) = 0 \Rightarrow A = g, \quad c = \frac{g}{m}$$
$$v(t) = \frac{mg(1 - e^{-\frac{g}{m}t})}{g}$$

Slika 12. Fotografije videa Slobodni pad – 2. dio

## REZULTATI

Ove godine članovi projekta bili su iznimno aktivni te su komentari bili izuzetno pozitivni.

*„Tijekom kratkotrajnog usavršavanja učitelja u sklopu Erasmus+ projekta Sea inspired Active Learning of United STEAM članovi projekta Feasyka – Physics Made Fun održali je pokaznu interaktivnu radionicu s učenicima OŠ Ive Andrića gdje su u 3 sata prikazali zanimljive i poučne pokuse. Učenici nisu mogli sakriti oduševljenje! Radionica je i u evaluaciji s učiteljima iz Turske, Latvije, Italije i Grčke ocijenjena kao događaj iznimne vrijednosti.“* – Vida Bilogrević Gatolin, prof. biologije i kemije, učiteljica mentorica i koordinatorica Erasmus+ projekata

*„Članovi projekta Feasyka – Physics Made Fun u drugom su posjetu OŠ Ive Andrića održali četverosatne radionice na Znanstvenom danu u sklopu Otvorenih vrata škole. Na stručan, znanstven i nadasve zanimljiv način učenicima 7. i 8. razreda produbili (i približili) su znanja iz nastavnog predmeta Fizike. Učenici su s velikim zanimanjem sudjelovali u aktivnostima i pokazali da je ovakav pristup usvajanju znanja daleko najvrjedniji i najprihvatljiviji. Pristup studenata prema učenicima iznimno je topao, susretljiv i vrlo profesionalan. Posebno je potrebno istaknuti da je članovima projekta izuzetno važna povratna informacija o reakcijama učenika čime pokazuju ozbiljan pristup onome što im je cilj: potaknuti interes što većeg broja učenika za fiziku, a time i za ostala STEM područja.“* – Stanislava Bakić, dipl. učiteljica mentorica

*„Hvala Tonki, Evi, Luki i Mateju što su nam pokazali kako fizika može biti zabavna.“* – Gimnazija Franje Petrića Zadar, društvene mreže

*„Uvijek naučim nešto novo uz Vas, hvala Vam Matej.“* – komentar na YouTube kanalu

Komentari nastavnika od velikog su nam značaja jer potvrđuju da je ispunjena svrha projekta time što na zanimljiv i zabavan način prenosimo znanje i interes prema fizici i znanosti. Brojna pitanja učenika ukazuju da su zainteresirani za sadržaje koji su im prezentirani i uz to im se jako sviđa činjenica da se kroz radionice mogu samostalno okušati u izradi jednostavnih mjernih instrumenata što ih dovodi korak bliže stvarnom znanstvenom procesu. Također, komentari na društvenim mrežama su nadasve pozitivni te i oni predstavljaju dodatni poticaj za daljnji razvoj i napredak projekta.

## POJEDINAČNA ZALAGANJA

Projekt *Feasyka – Physics Made Fun* okupio je ambicioznu grupu studenata u kojoj svaki član svojim radom, iskustvom i znanjem ima veliki doprinos. U nastavku se nalazi tablica s pojedinačnim zaslugama svakog člana projekta.

Tablica 1. Individualni doprinos projektu

Ime i prezime	Godina studija i smjer	Doprinos projektu
Eva Jelavić	4. godina, istraživačke fizike	voditeljica projekta; prijavljivanje projekta na natječaj, vođenje financija, priprema radionica, nabava materijala za radionice, vođenje Facebook stranice, Instagram stranice te YouTube kanala, dogovaranje posjeta školama, snimanje i uređivanje dva videa, sudjelovanje na sedam posjeta
Luka Cavaliere Lokas	5. godina, istraživačke fizike	voditelj projekta; prijavljivanje projekta na natječaj, vođenje financija, priprema radionica, nabava materijala za radionice, dogovaranje posjeta školama, snimanje i uređivanje videa, sudjelovanje na pet posjeta
Matej Kovačević	4. godina, istraživačke fizike	voditelj edukacija za članove; priprema radionica, nabava materijala za radionice, dogovaranje posjeta školama, osmišljavanje i snimanje dva videa, sudjelovanje na šest posjeta, pisanje skripte za članove
Iskra Hrnčić	2. godina, istraživačke fizike	priprema radionica, nabava materijala za radionice, osmišljavanje novih radionica i pokusa, sudjelovanje na četiri posjete, pisanje skripte za članove
Vinko Dragušica	4. godina, istraživačke fizike	priprema radionica, izrađivanje potrebnih materijala za radionice, sudjelovanje na četiri posjete
Tonka Hrboka	4. godina, istraživačke fizike	priprema radionica, sudjelovanje na četiri posjete, dogovaranje posjeta školama, snimanje jednog videa, crtanje grafa u programskom jeziku Python
Matija Uremović	1. godina, istraživačke fizike	priprema radionica, sudjelovanje na tri posjete
Ian Juraj Štulić	2. godina, nastavnički smjer fizike i informatike	priprema radionica, izrađivanje potrebnih materijala za radionice, sudjelovanje na tri posjete



## ZAKLJUČAK

Motivirani brojnim posjetama i nastupima ostvarenim tijekom protekle akademske godine, nadamo se daljnjem rastu i razvoju projekta te njegovoj prepoznatljivosti i u drugim krajevima Republike Hrvatske i šire. Kontinuiranim porastom popularnosti na društvenim mrežama nadamo se dotaknuti sve uzraste školaraca, ali i njihovih roditelja kako bismo što široj publici približili fiziku na intuitivniji, zanimljiviji i jednostavniji način.

Dodatni naglasak bit će stavljen na osmišljavanje i još kvalitetniju izradu video materijala te će oni biti objavljeni u redovitim vremenskim intervalima. Također, na Instagram i Facebook stranica objavljuvat će se zanimljive činjenice o svakodnevnim fizikalnim pojavama i fenomenima.

U bliskoj budućnosti planiramo ostvariti veću povezanost među srodnim fakultetima, koji također sadrže fiziku kao integralni dio obrazovnog procesa, kako bismo s drugim studentima dijelili znanje i iskustva u popularizaciji te promijenili sliku o znanosti među širom populacijom. Dugogodišnju suradnju nastaviti ćemo na nacionalnoj i regionalnoj razini unutar Republike Hrvatske te u susjednim državama kako bismo zajedničkim aktivnostima dodatno učvrstili postojeće veze i stvorili prilike za nove ideje i projekte.

Unatoč relativno slabim rezultatima koje naši srednjoškolci ostvaruju u sklopu međunarodnog istraživanja *PISA* i u nekim drugim istraživanjima, članovi projekta *Feasyka – Physics Made Fun* vođeni su misijom da svakim izvedenim eksperimentom i radionicom te snimljenim videom ostave dio svog entuzijazma učenicima. Glavna je želja svih studenata ovog projekta potaknuti sudionike da ostanu znatiželjni jer znanost prožima sve aspekte naših života, baš kao što je Herman Hesse rekao: „*Ne postoji ništa, baš ništa na svijetu s čime znanost ne bi imala veze.*“

## LITERATURA

- [1] Rezultati istraživanja *PISA 2018*, dostupno na [https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_HRV.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_HRV.pdf)
- [2] Horvat M., *Kelvinova kapaljka*, 2019., dostupno na: <https://repositorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf%3A6145/datastream/PDF/view>
- [3] Pristup radionici: <https://www.i2u2.org/elab/cms/ispy-webgl/#>