

Naslov članka/Article:

## FIZIKALNE VSEBINE ZA DIJAKE NA MAFIJSKEM VIKENDU

*Physics Contents for Secondary School Students at »Mafijski vikend/Mafia Weekend«*

Avtor/Author:

Anja Kranjc Horvat, dr. Simon Čopar, Marion Antonia Van Midden

CC licenca



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav



**Fizika v šoli št. 1/2018, letnik 23**

ISSN 1318-6388

Izdal in založil: Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kraj in leto izdaje: Ljubljana, 2018

Spletna stran revije:

<https://www.zrss.si/strokovne-revije/fizika-v-soli/>

# Fizikalne vsebine za dijake na Mafijskem vikendu

Anja Kranjc Horvat, dr. Simon Čopar

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko in

Marion Antonia Van Midden

Institut Jožef Stefan

## Povzetek

V prispevku bomo predstavili delo s fizikalno nadarjenimi dijaki na Mafijskem vikendu, zimski šoli, ki smo jo letos drugič zapored izvedli na Fakulteti za matematiko in fiziko. Poleg kratke predstavitve fizikalnega dela delavnic se bomo osredotočili predvsem na izzive pri podajanju vsebin, ki presegajo predpisano raven srednješolske fizike.

**Ključne besede:** nadarjeni dijaki, fizika, zimska šola, delavnice

## Physics Contents for Secondary School Students at »Mafijski vikend/Mafia Weekend«

## Abstract

The paper presents »Mafijski vikend/Mafia Weekend«, a three-day winter school that took place at the Faculty of Mathematics and Physics in Ljubljana. The first part of the paper briefly presents the physics-related activities that took place, while the second part focuses on working with secondary school students that have a talent for physics.

**Keywords:** gifted students, physics, winter school, workshops

Foto: dr. Peter Legiša

## Uvod

Zadnji konec tedna januarja 2018 smo na Fakulteti za matematiko in fiziko drugič zapored organizirali tridnevno zimsko šolo za dijake [1]. Že ime Mafijski vikend nakazuje na sožitje matematičnih in fizikalnih vsebin, ki so bile rdeča nit celotnega vikenda v obliki predavanj, delavnic ter družabnih dejavnosti. Dogodka se je udeležilo 37 dijakov iz vse Slovenije in vseh štirih letnikov gimnazijskega programa. Z dogodkom fakulteta stopa v stik z najbolj nadarjenimi dijaki, mnogi izmed njih se nam bodo čez nekaj let pridružili kot študenti matematike ali fizike. Dijaki med vikendom dobijo prvi vtis o tem, kaj leži onkraj srednješolskih znanj, zaposleni na fakulteti pa pridobivamo izkušnje o njihovem predznanju ter načinu razmišljanja, zato je premišljen pristop k izvedbi zimske šole še posebej pomemben. Hkrati je dogodek namenjen tudi druženju in spoznavanju dijakov iz različnih letnikov in šol, ki jih združuje in razdvaja veselje do fizike in/ali matematike. Čeprav si delimo teoretična orodja, so zanimanja matematikov in fizikov lahko zelo različna. S tovrstnimi delavnicami želimo to

različnost raziskati ter jo premostiti s spodbujanjem komunikacije in sodelovanja. V tem prispevku bomo predstavili fizikalno plat delavnic in opažanja, ki jih lahko bralec uporabi pri delu z nadarjenimi bodočimi fiziki.

## Raziskovanje v sproščenem okolju

Dijakom, ki jih zanima fizika, je redni srednješolski program pogosto premalo obsežen in prepočasen. Če jim je omogočeno, zato radi posegajo po zahtevnejših vsebinah, ki presegajo srednješolske okvire. Takim dijakom namreč najbolj koristi, da jim čim pogosteje omogočamo samostojno raziskovanje, seveda pa je naloga učitelja, da jim pri tem pomaga z vodenjem ter razlago, predvsem kadar njihovi problemi presegajo njihovo matematično razumevanje [2]. Pri tem je zelo dobrodošlo, da tudi mentorji sami najdejo strokovnjake na področjih, ki dijake zanimajo, hkrati pa je tudi fakulteti v interesu, da bodoče študente še dodatno usmerimo in jih navdušimo.

Čeprav fizika kot naravoslovna veda z velikim poudarkom na eksperimentalnem delu kar kliče po delavnicah,

imajo dijaki bolj malo izbire. Razen poletne šole na Bledu, ki jo DMFA organizira za najboljše uvrščene na tekmovanjih [3], ustaljenega tabora, odprtega za vse dijake, kot sta MARS za matematiko [4] ali SMART za astronomijo [5], še nimamo. V letu 2017 smo se odločili vsaj delno zapolniti to vrzel in organizirati dogodke, ki bi pritegnili tako matematično kot tudi fizikalno usmerjene dijake. Lansko poletje je Fakulteta za matematiko in fiziko prvič poskusno organizirala poletno šolo [6], ki se je je udeležilo 24 dijakov vseh letnikov. Glavna motivacija te poletne šole je bilo povečanje vpisa na Fakulteto za matematiko in fiziko, ob tem pa še posebej predstaviti morda malce manj znane in posledično manj zastopane programe, na primer meteorologijo.

Z uvedbo dodatnega krajšega, tridnevnega dogodka smo želeli dijakom ponuditi matematično fizikalne vsebine v tudi zimskem obdobju, ko je taborov in delavnic v splošnem manj. Za razliko od taborov je bil program organiziran le v obliki predavanj, delavnic in družabnega popoldneva, za prenočišče ali prevoz pa so morali dijaki poskrbeti sami. Na Mafijskem vikendu so imeli udeleženci tudi možnost, da na neformalen način spoznajo Fakulteto za matematiko in fiziko ter da študente in zaposlene, ki sodelujejo pri izvedbi, vprašajo vse, kar jih zanima glede študija, dela in možnosti za zaposlitev.

### Predavanja in delavnice

Mafijski vikend smo začeli v petek popoldne s poljudnima predavanjema dveh raziskovalcev, matematika in fizika. Fizikalnemu predavanju prof. Denisa Arčona na temo magnetne resonance je sledilo matematično predavanje prof. Mateja Brešarja »Kaj počnejo matematiki?«, ki je bilo hkrati predavanje v ciklu poljudnih predavanj  $I < 3 \text{ MAT}$  [7]. Oba sta poskušala svoje raziskave in raziskave svojih kolegov prikazati na kar najbolj poljuden način. Dijaki so ob tem lahko dobili dosti boljši občutek o tem, kaj pomeni biti fizik, hkrati pa so ob tem izvedeli tudi marsikaj novega, tako na predavanju kot tudi ob poskusih. V naslednjih dveh dneh smo pripravili šest vsebinsko različnih triurnih delavnic, tri matematične in tri fizikalne, med katerimi so se dijaki lahko razporedili v dveh dneh, tako da je vsak imel priložnost prisostvovati na dveh poljubnih delavnicah. Sobotno popoldne smo zapolnili z izletom, fizikalnim kvizom in družabnimi igrami, da so se imeli udeleženci priložnost tudi sprostiti in navezati stike z vrstniki, s katerimi se bodo vsaj nekateri verjetno srečali tudi v študentskih klopeh.

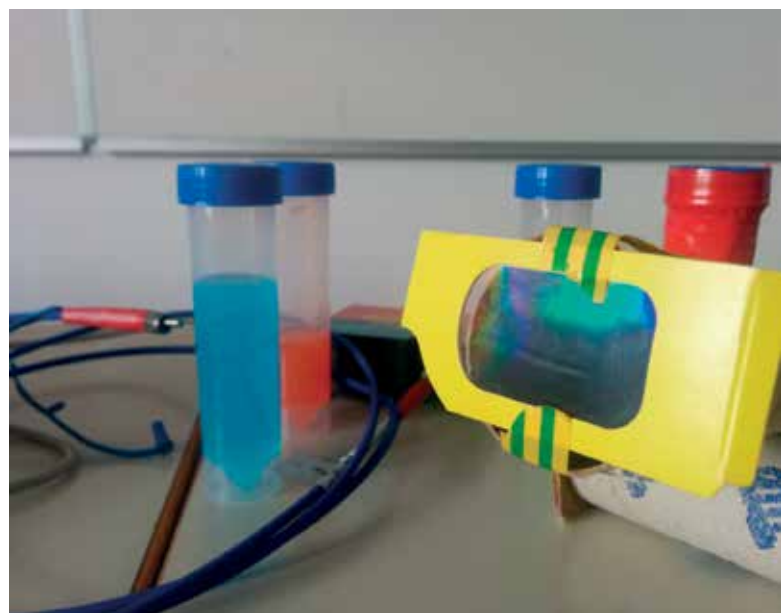
Delavnice, izvedene na Mafijskem vikendu, so bile razvite zgolj za to priložnost, tako da smo se vsi sestavljavci soočali s podobnimi vprašanji – kako prilagoditi program, da bo primeren za tako heterogeno skupino. Tako matematiki kot tudi fiziki se soočamo s podobnim problemom – matematično ozadje je v najboljšem primeru pomanjkljivo, hkrati pa zelo heterogeno. Prvi letniki so namreč precej v zaostanku v primerjavi s četrtnimi

letniki, obenem pa nihče od njih pogosto nima dovolj znanja, da bi jih brez težav lahko spoznavali z zahtevnejšimi matematičnimi postopki. Ob tem pa se fiziki soočamo tudi z drugačnimi izzivi. Fizika je veda o opisanju in napovedovanju pojavov iz resničnega sveta, zato je bistveno, da na enačbe in zakone ne gledamo kot na kuharske recepte, temveč zares razumemo njihovo praktično vsebino. To je še toliko pomembnejše pri fizikalno nadarjenih dijakih, ki željo po povezovanju naučenega z vsakdanjim svetom čutijo tudi sami.

V okviru rednega pouka ni vedno časa za praktične demonstracije, zato smo za delavnice izbrali zelo široke in čim bolj privlačne teme z obsežnim praktičnim delom, pri katerem lahko sami izkusijo mehanizme izbranih pojavov. K sreči je pri fizikalnih temah samo fizikalno ozadje gonilo matematične izpeljave, zato z dobrim razumevanjem fizike hitro razložimo tudi matematiko. Vsekakor je to v teoriji videti mnogo enostavnejše kot je nato v praksi, a je osrednji koncept povezovanja matematike in fizike ob resničnih problemih dobro začeti graditi že zgodaj.

### Svetlobna abeceda

Mnogo raziskav, predvsem v kemiji in medicini, temelji na interakcijah snovi s svetlobo – spektroskopija v različnih območjih spektra, rentgenski žarki, fluorescenčna spektroskopija ... Za poznavanje teh interakcij je pomembno, da poznamo lastnosti svetlobe, ki jo oddajajo različni viri, in hkrati lastnosti snovi, s katero se ukvarjamo. Na delavnici o svetlobi ter interakciji svetlobe s snovjo smo ves čas prepletali teorijo s prakso, eksperimente z matematičnim opisom, raziskave z resničnim življenjem.



**Slika 1:** Raziskovanje barv z različnimi spektroskopskimi metodami.



Preden smo se lahko začeli pogovarjati o interakciji svetlobe s snovjo, smo si pogledali, kaj svetloba sploh je, pri čemer smo si ogledali razlike in podobnosti med različnimi deli spektra, posebej pa smo se osredotočili na vidno svetlobo in barve. S pomočjo spektrometrov in spektroskopov smo si ogledali spektre različnih svetil, pri čemer smo s pomočjo razlik v spektrih analizirali, kaj dejansko je vir svetlobe ter kaj vse lahko razberemo iz spektra svetila. Pri tem smo se pogovarjali tudi o spektrih zvezd in načinu določanja sestave zvezd, njihovega približevanja oziroma oddaljevanja od nas ter o analizi dvojnih zvezd. Seveda pri tem nismo izpustili analize delovanja tekočerkristalnih zaslonov in sestave pikslov.

Svetlobi smo nato sledili do interakcije s snovjo, kjer smo si pogledali dva glavna principa – absorpcijo in sipanje. Oboje smo obravnavali tako z eksperimenti kot tudi z matematičnimi prijemi. Tako pri absorpciji kot tudi pri sipanju smo si pojave razložili tudi na atomskem nivoju z vzbujanjem elektronov zaradi fotonskih vpadov. Za boljše razumevanje absorpcije smo si ogledali tudi spektre različnih snovi, tako transmisijske kot tudi reflektivne, medtem ko smo različne oblike sipanja (Rayleighovo, Miejevo in podpovršinsko sipanje) opazovali na primerih iz narave in tehnologije.

Seveda pa delavnica o svetlobi in njenih interakcijah s snovjo ne more miniti brez omembe fluorescence in fosforescence. Ob tem smo si ogledali njuno uporabo v spektroskopiji, kjer nam ta pojava pomagata opazovati znotrajcelične procese v živih celicah.

Po koncu vodenega dela delavnice so imeli dijaki možnost s spektrometri in spektroskopi preveriti tudi spektre vsakdanjih snovi, na primer las, kože, soka itd. V tem delu se je močno videla razlika med bolj teoretično in bolj praktično usmerjenimi dijaki, saj so bolj teoretični stali v ozadju.

## Ultra nizke temperature

Ljudje smo prilagojeni na življenje v dokaj omejenem temperaturnem razponu, zato nam je večji razpon precej tuj in pogosto precej neintuitiven. Hkrati je to eno od področij, na katerih smo v fiziki »prehiteli« naravo – v laboratorijih smo sposobni doseči precej nižje temperature od 1,1 K, kar je najnižja temperatura v vesolju. Čedalje nižje temperature nam namreč omogočajo izredno natančne meritve in odkrivanje novih nenavadnih stanj snovi, kot je na primer superprevodnost.

Na delavnici smo si najprej pogledali, kaj sploh pomeni pojem temperatura, ko govorimo o zares nizkih temperaturah, in kako jo merimo, saj je to tema, ki srednješolcem ni zelo domača. Poleg hlajenja s kriogenimi tekočinami smo si ogledali nekaj različnih eksperimentalnih tehnik, kot je hlajenje z dilucijskimi hladilniki. Dijakom smo predstavili tudi eksperimente s hladnimi atomi, kjer gručo atomov s pomočjo laserjev ohladimo do nekaj nK.



**Slika 2:** Nizkotemperaturni vrstični tunelski mikroskop na Inštitutu Jožef Stefan.

V praktičnem delu smo priskrbeli trdni CO<sub>2</sub> in tekoči dušik, se poigrali z zamrzovanjem različnih predmetov in opazovali Leidenfrostov pojav, ki kapljicam tekočega dušika omogoča drsenje po tleh brez trenja.

Na koncu smo si ogledali še vrstični tunelski mikroskop, ki je postavljen na Inštitutu Jožef Stefan in pri katerem za merjenje uporabljamo temperature do 1,1 K. Z vrstičnim tunelskim mikroskopom lahko prek tunelskega toka tipamo posamezne atome na površinah in merimo njihove lastnosti, nizka temperatura, ki jo dosežemo s pomočjo tekočega helija in Joule-Thomsonovega hladilnika, pa nam omogoča, da so atomi na površini zares pri miru in lahko natančno izmerimo njihove lastnosti.

## Zvok in resonanca

Nihanje in resonanca sta v naravi vseprisotna pojava, s katerima se ljudje srečujemo v vsakdanjem življenju, četudi povezave vedno ne opazimo. Od gugalnic in listov v vetru, mehanskih tresljajev pohištva do vsakega pojava, ki ga slišimo z lastnimi ušesi, vse lahko razumemo kot kombinacijo nihanj. Resonančni pojavi se z enakimi matematičnimi lastnostmi pojavljajo tudi pri opisu valovanja svetlobe, radijskih valov ter v kvantni mehaniki, je pa opis s pomočjo zvoka človeku najbližji, saj imamo naravno intuicijo za frekvenco in harmonijo, ki jo s pridom uporabljamo pri ustvarjanju in poslušanju glasbe.

V teoretičnem delu delavnice smo dijake peljali skozi osnove Fourierjeve analize. To lahko na ravni srednje šole predstavlja izziv, ki pa ni nepremostljiv. Ugotavljanje frekvenčne sestave smo intuitivno razložili s pomočjo množenja ter povprečenja, kar je pravzaprav mehanizem frekvenčne modulacije in demodulacije in ne zahteva dodatnega matematičnega znanja. Tako smo mimogrede odkrili še, kako deluje radijsko oddajanje. Nato smo opisali še izvor spektra lastnih valovanj za različne glas-

bene inštrumente in princip resonance – odziv membrane, strune ali votline na zunanje vzbujanje – mehanizem, preko katerega lahko razumemo tudi delovanje človeškega ušesa ter sodelovanje grla in ustne votline pri oblikovanju glasu.

V praktičnem delu smo priskrbeli računalnik z mikrofonom in zvočniki ter si podrobno ogledali obliko valov in spektrograme za različne zvoke, pri čemer smo uporabili računalniško ustvarjene tone, zvočne posnetke ter najrazličnejše ideje iz vsakdanjega sveta. Največ zabave nam je prineslo uglaševanje kozarcev, piskanje na prirezane slamice ter vpliv helija na človeški glas.

Delavnica se je zaradi večjega zanimanja za ostale delavnice izvajala le v soboto, v nedeljo pa smo del vsebin te delavnice pridružili delavnici »Ultra nizke temperature«.

### Delo s fizikalno nadarjenimi dijaki

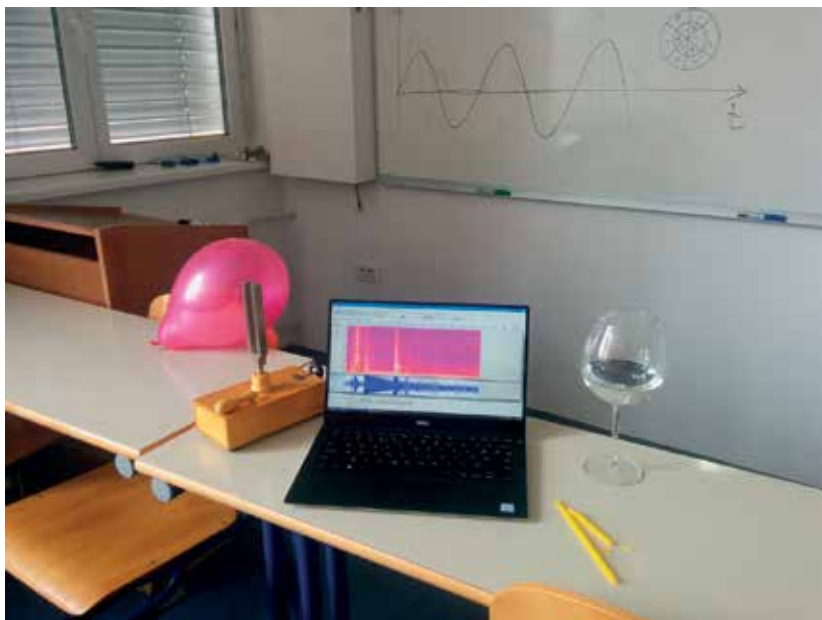
Delavnice, kakršne smo organizirali v sklopu Mafijskega vikenda, pritegnejo predvsem dijake, ki jih matematika in fizika že sicer zanimata. Motivacije praviloma pri takšnih dijakih tako ni težko doseči, vendar je s tem delo mentorjev le deloma olajšano. Ti dijaki namreč zahtevajo več od mentorjev, tako več znanja kot tudi več energije in hitrejši tempo. V heterogenih skupinah, kakršne so pogosto tudi na raznih fizikalnih krožkih v šoli, se pri tem pojavijo težave zaradi različnega predznanja posameznikov. Moramo se zavedati, da dijaki prvih letnikov praviloma ne dosegajo enake stopnje razumevanja in analitičnih spretnosti, kar se odraža predvsem v slabšem razumevanju matematičnih principov. Če želimo na tej stopnji razložiti matematično zahtevnejše probleme, sta tako potrebna počasnejši tempo in natančnejša razlaga. Takšne prilagoditve pa višje letnike hitro pustijo nemoti-

virane. Žal imamo takšno težavo pogosto že v razredu, ki naj bi sicer bil bolj homogena skupina, saj matematični in fizikalni kurikulum nista usklajena, zato pri fiziki pogosto obravnavamo nekatere matematične pristope, preden se teh pristopov dijaki sploh učijo pri matematiki. Težava se nadaljuje tudi ob prehodu na fakulteto. Med zahtevnejšimi ovirami, ki jih morajo študenti premostiti ob začetku fizikalnega študija, je tako ravno navajanje na uporabo zahtevnejših matematičnih prijemov in prehod od rutinskih problemov na tiste, kjer je potreben fizikalni razmislek, da se sploh pride do matematičnega izraza. Prav to je korak, pri katerem lahko mentor zainteresiranemu dijaku najbolj pomaga z vzbujanjem zanimanja in ustrezno razlago. Hkrati je za uspešen prehod zelo pomembno dobro poznavanje osnov, do česar pride z osebnim raziskovanjem in spraševanjem.

Namesto da se temam, ki zahtevajo razumevanje višje matematike, izogibamo, lahko fizikalno intuicijo izkoristimo kot orodje za razlago konceptov, ki jih bodo v okviru matematike šele kasneje bolj rigorozno formalizirali. Tako lahko integral srečajo pri kinematiki kot naravno posplošitev seštevanja, vektorski produkt ob posplošitvi vrtenja izven ravnine table, Fourierjevo transformacijo skozi resonančne pojave ali moiré vzorce ter matrične operacije zgolj s povečanjem velikosti že znanih sistemov na praktično uporabno velikost – sklopitev vzvodov, škripec, vzmeti v realnih mehanizmih. Zelo pomembno je omeniti močno vlogo simetrije v fiziki: izrek Noetherjeve na opisni ravni ne zahteva skorajda nobenega matematičnega predznanja, pa vendar ni del redne prakse fizikalnega poučevanja.

Previdno dodajanje teh vsebin v razlago snovi najboljšim dijakom predstavlja spodbudo, saj začutijo, da znanje, ki ga že imajo, z razmeroma majhno nadgradnjo metod zadošča za razumevanje in izračun mnogo večjega števila vsakdanjih pojavov, ne samo »umetnih« šolskih primerov. Tovrstno osvetljevanje poti naprej zmanjša strah pred neznanim in v razmeroma kratkem času dijaku omogoči suverenost pri soočanju s težjimi problemi na tekmovanjih ter razumevanje delovanja vsakdanjih pojavov.

Cilj vsakega srednješolskega učitelja, tudi že v razredu pri splošnem pouku, je, da dijaki formulam ne sledijo zgolj kot kuharskim receptom, vendar žal v razredu tega ni vedno enostavno doseči. Ravno zato je toliko pomembnejše, da se z nadarjenimi in motiviranimi dijaki res poskušamo ukvarjati na način, preko katerega z njimi ustvarimo interaktivno izkušnjo, bodisi v obliki poskusov, simulacij bodisi zgolj debate. S takšnimi izkušnjami se njihovo učenje močno približa tudi delu znanstvenikov, vsaj



Slika 3: Merjenje spektralne sestave zvoka z računalnikom za različne vire zvoka.



**Slika 4:** Poskusi s helijem in tekočim dušikom.

po načinu dela, kar še dodatno zvišuje njihovo motivacijo. Predvsem slednje, debata, je pre pogosto spuščeno in skrajšano, čeprav je ravno to tisto, ki najbolj spodbuja dodatno radovednost, ustvarjalnost in posledično tudi razumevanje.

Učiteljeva naloga pri vodenju krožkov in priprav na tekmovanja je pozorno spremljati napredek dijakov in način razlage individualno prilagoditi njihovim zanimanjem in načinu razmišljanja. Prav zaradi pomanjkanja matematičnih osnov je pomembno, da je snov predstavljena slikovito in dovolj enostavno, da si lahko dijaki zares predstavljajo, kaj se dogaja. K temu pripomore razlaga ob eksperimentih, ki vsak korak prikažejo na oprijemljiv način. Posebno pomembno je omenjanje analogij in posplošitev; ne potrebujemo omembe diferencialnih enačb, da pripomnimo, da vsaka sila, ki vrača v izhodišče in narašča z odmikom, vodi v nihanje, ter da prevajanje toplote, prevajanje elektrike ter pretakanje tekočin po ceveh ubogajo enake ohranitvene zakone.

Na delavnici smo ravno pri zanimanju za povezave z vsakdanjimi pojavi opazili največjo razliko med dijaki: zelo jasno so se ločili na tiste, ki jih matematika zanima na abstraktni ravni in ne potrebujejo praktičnega konteksta, ter tiste, ki jim je eksperimentalni del predstavljal glavno atrakcijo. Vsekakor je pri delu z dijaki, ki jih fizika zanima, pomembno, da jim damo možnost prostega eksperimentiranja in raziskovanja, ne glede na to, ali so usmerjeni bolj teoretično ali praktično. Navsezadnje njihovo osebno raziskovanje vodi do globljega razumevanja, ki lahko vodi do samostojne izpeljave zakonov.

Ena izmed opaznejših značilnosti dijakov, ki so prišli na Mafijski vikend, pa je bila precej presenetljiva. Zelo

velik delež dijakov, ki so se tega vikenda udeležili, ni usmerjen zgolj v fiziko, temveč jih zanimajo še razne druge teme iz kemije, biologije, biotehnologije, elektronike ... Čeprav tega sprva nismo predvidevali, sploh ne v takšnem številu, so tudi takšni dijaki pri praktično vseh delavnicah lahko našli nekaj, kar jih zanima. Tukaj se je res pokazalo, kako zelo pomembno je v splošno razlago vpeljevati tudi primere ne samo iz resničnega življenja, temveč tudi iz drugih smeri. Navsezadnje se moramo zavedati, da dijaki, ki jih zanima fizika, niso nujno vsi fiziki, mnogi izmed njih bodo svoje šolanje nadaljevali v popolnoma drugi sferi. Za uspešno motiviranje takšnih dijakov je pomembno, da se jim poskušamo vsaj s primeri dodatno približati. Lahko bi rekli, da ima praktično vsaka fizikalna snov primere v

drugih znanostih. Predvsem za nadarjene dijake je zato dobro, da primeri presegajo klade in točkaste mase, saj so po eni strani sposobni delati s problemi iz resničnega življenja, po drugi strani pa jih takšni primeri dodatno motivirajo in navdušujejo.

Kadar govorimo o povezavah z resničnim življenjem, se je pomembno zavedati tudi napak, predpostavk in približkov. Zopet se namreč izkaže, da imajo študentje v prvih letih študija s tem zelo velike težave, saj se mnogi s koncepti napak, približkov in predpostavk srečujejo praktično prvič. Že pri pouku je zato izredno pomembno, da se pogovarjamo o napakah in predpostavkah, ravno ta tema pa je odlično izhodišče za debate z dijaki. Pogovor o tem, kako neka predpostavka oziroma napaka vpliva na končni rezultat, znanje dijakov zgolj utrjuje, hkrati pa spodbuja kritično mišljenje, kar seveda koristi dijaku in celotni družbi tudi precej izven konteksta fizike.

Dijake na pogovor in razmišljanje o predpostavkah in napakah najlažje navedemo skozi poskuse in laboratorijske vaje. Vsekakor je zato zelo dobrodošlo, da se čim več učnih vsebin posreduje skozi takšne in drugačne poskuse, pri čemer tudi posnetki poskusov niso slabo nadomestilo. Predvsem nadarjeni dijaki nimajo prevelikih težav s poustvarjanjem slike s posnetka v resnični svet, zato mentorjem ni treba preveč skrbeti, če njihov fizikalni kabinet nima ogromne zbirke poskusov. Vsekakor pa največ znanja usvojijo dijaki z lastnim poskušanjem in raziskovanjem, zato je zelo pomembno, da se jim omogoči možnost takšnega eksperimentiranja. Čedalje več gimnazij in srednjih šol zato ustvarja posebne laboratorije, pri katerih dijaki sodelujejo na projektih, v vsakem

primeru pa je dobro, da jih k temu čim bolj spodbujamo, pa četudi zgolj znotraj šolske ure.

## Zaključek

Bolj kot odličnost v izbranih temah je za bodočega raziskovalca zanimivo odkrivanje izbranih tem zunaj študijskega programa, kar je najlepše spoznavati v sproščenem vzdušju taborov in delavnic. Z zimsko matematično-fizikalno delavnico smo v ta mozaik izbire dodali še eno aktivnost. Delavnice, kot je Mafijski vikend, so izvrstna priložnost, da se nadarjeni dijaki spoznajo tako s strokovnjaki na področju, ki jih zanima, kot tudi z drugimi nadarjenimi dijaki z drugih šol. V času, ko smo imeli skupne družabne dogodke, so tako lahko izmenjevali izkušnje iz šole, s krožkov ter tekmovanj. Mnogi izmed njih so namreč zelo aktivni na različnih tekmovanjih, kot so tekmovanje za Stefanova priznanja, tekmovanje v

odpiranju fizikalnih sefov [8] in Mednarodni turnir mladih fizikov (IYPT) [9].

Vsekakor je za dijake, ki jih zanima nekaj več, dobrodošlo, da se udeležujejo takšnih delavnic, kjer lahko srečajo raziskovalce različnih področij stroke. Še vedno pa so prvi in glavni stik dijakov z dodatnimi vsebinami njihovi mentorji. Poglavitna lastnost fizikalno nadarjenih dijakov navsezadnje ni njihovo znanje, ki še raste, ampak njihova iskrena zagnanost za raziskovanje neznanega. Tudi na Mafijskem vikendu smo zopet potrdili, da nobena tema ni pretežka, če k njej pristopimo na pravi način, čeprav ta »pravi način« ni nujno vedno enostaven. Naloga mentorjev je torej zelo zahtevna, zahteva namreč stalno izpopolnjevanje in širjenje obzorij, včasih pa tudi kakšen skromen »ne vem«, ki tako mentorju kot tudi njegovim dijakom omogoča novo možnost raziskovanja in iskanja odgovorov. Navsezadnje ni pomembno, da imamo vse odgovore, pomembno je le, da nam nikoli ne zmanjka vprašanj.

## Viri in literatura

- [1] <http://zimskasola.fmf.uni-lj.si/> (19. 3. 2018)
- [2] Etkina, E., Gentile, M. in Van Heuvelen, A. (2013). *College Physics*. Boston: Pearson Education.
- [3] <https://www.dmfa.si/ODrustvu/ArhivNovic.aspx> (19. 3. 2018)
- [4] <http://mars.dmfa.si/> (19. 3. 2018)
- [5] <http://www.portalvvesolje.si/index.php?view=article&id=1575> (19. 3. 2018)
- [6] <http://poletnasola.fmf.uni-lj.si/> (19. 3. 2018)
- [7] <https://www.fmf.uni-lj.si/si/obvestila/45308/> (19. 3. 2018)
- [8] <http://www.he.si/vpo> (19. 3. 2018)
- [9] <http://www.iypt.org/Home> (19. 3. 2018)