

Nastava fizike kroz projekt europskog programa Erasmus+

Zrinka Mavračić

XV. gimnazija, Zagreb

Sažetak. U okviru europskog programa Erasmus+ XV. gimnazija u Zagrebu, u suradnji sa školama partnerima: Devonport High School for Girls, Plymouth, Ujedinjeno Kraljevstvo, Justus-von-Liebig Gymnasium, Neußäs, Njemačka i "Moise Nicoara", Arad, Rumunjska, provodi dvogodišnji međunarodni projekt "The Magic of Sound" – „Čarolija zvuka“. Projekt se bavi temom zvuka na interdisciplinarni i interkurikularni način. Cilj mu je stvoriti podlogu za međunarodnu suradnju u stvaranju modernijih nastavnih materijala koji bi izrasli iz zajedničke dobre prakse profesora europskih škola u suradnji s njihovim učenicima. Malim, fleksibilnim elementima, razvijenim s kolegama iz različitih obrazovnih sustava, postiže se prožimanje i povezivanje nastavnih sadržaja različitih predmeta na prirodan način, neovisno o obrazovnom sustavu. Prikazan je način na koji se nastava fizike provlači kroz nastavu ostalih predmeta. Jedan od primjera koji se opisuje je uvođenje fizike u nastavu matematike (umjesto obratno) čime se potiče konceptualno povezivanje ta dva predmeta. Opisani su fizikalni aspekti planiranih konačnih rezultata koji će biti gotovi do listopada ove godine.

Ključne riječi: nastava, fizika, Erasmus+, interdisciplinarnost, interkurikularnost

UVOD

Pri usvajanju sadržaja pojedinih predmeta, čak i kad se radi o nekim opće primjenjivim vještinama, učenici često ostaju u uskom kontekstu predmeta čiji naziv sat nosi i ne uočavaju mogućnost prenošenja znanja i vještina s jednog područja na drugo. U svjetlu stalnih promjena kojima smo izloženi, širenju i ispreplitanju pojedinih područja, to predstavlja problem koji moramo rješavati. Interdisciplinarni projekti se često odvijaju kao posebni entiteti, čime se povećava opterećenje učenika i nastavnika, a gubi ideja spontane povezanosti jednog predmeta s drugim u okviru regularnog sata.

Cilj koji smo si postavili je postizanje prožimanja i povezivanja nastavnih sadržaja različitih predmeta tijekom sata, na prirodan način koji obogaćuje nastavu matičnog predmeta a istovremeno ju ne opterećuje. Kombinacijom manjih dijelova specifičnih za predmet(e) dobivamo veće, interdisciplinarnne cjeline, krojene da bi zadovoljile konkretne potrebe učenika, ciljeve nastavnika i zahtjeve obrazovnog sustava. S obzirom na različite interese pojedinih učenika, uvođenjem raznolikosti sadržaja i metoda te svrsishodnim uključivanjem informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) dobiva se i njima zanimljivija nastava.

Tema kojom se bavimo je zvuk, a pošto smo mu nastojali prići na razne, neočekivane načine, projekt smo nazvali „The Magic of Sound“ – „Čarolija zvuka“. Ostvarujemo ga pomoću fondova Europske unije preko programa Erasmus+. Međunarodnom suradnjom projekt dobiva novu dimenziju jer se njegovi rezultati grade ne samo interdisciplinarno, nego i interkurikularno i interkulturalno. Ugrađena interkulturalnost može sama po sebi sadržavati dijelove građanskog odgoja, a kroz pojedine teme razmatra se i zapošljivost u okruženju stalnih promjena.

Program Erasmus+ nastavlja se na postignuća ostvarena tijekom više od 25 godina provedbe europskih programa u područjima obrazovanja i osposobljavanja mladih koji su obuhvaćali dimenziju suradnje unutar Europe te međunarodne suradnje općenito. Oslanja se na europske prioritete u obrazovanju i usavršavanju koji su postavljeni u dokumentima Europske komisije

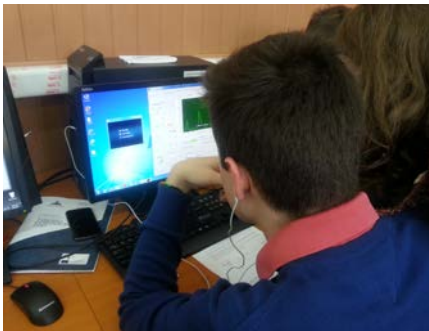
[6], [7]. Budući da su ciljevi projekta „The Magic of Sound“ usklađeni s dva europska prioriteta: bavljenje niskim postignućima u osnovnim vještinama preko efikasnijih metoda poučavanja i poticanje upotrebe digitalnih tehnologija u učenju i poučavanju, odobreno mu je financiranje u iznosu od ukupno 147 940 €.

METODA

Još prije pisanja projektne prijave profesori koji sudjeluju u projektu pristupili su analizi svojih predmetnih kurikulumata i identificirali dijelove povezane sa zvukom koji bi se mogli uklopiti u projekt. Nakon prikupljanja ideja i uvida u strukturu ljudskih potencijala u partnerskim školama oko pojedinih predmetnih skupina stvorena su četiri modula: Zvuk u glazbi, Zvuk u prirodi, Zvuk Europe i Teorija zvuka. U petom modulu dodatno bi se interdisciplinarno i interkurikularno na različite načine povezivali materijali iz sva četiri prethodna modula, te bi se na primjerima pokazali uspješni načini njihove rekombinacije koji su se koristili u razredu. Svaka zemlja odgovorna je za organizaciju jednog modula, a u izradi svakog modula sudjeluju profesori svih predmeta, pri čemu ga svatko promatra sa svog stajališta. Ujedinjenjem svih gledišta konačno nastaje „Čarolija zvuka“.

S obzirom da projekt nastoji stvoriti učenicima zanimljive i inspirativne materijale, ključno je da u svim fazama projekta sudjeluju i sami učenici. Oni su izvor ideja, konstruktivni kritičari, oni koji testiraju, djelomično provode i evaluiraju napravljeno. Osim učenika koji direktno sudjeluju u projektu, materijali i metode lokalno se testiraju i na učenicima u razredima. Otprilike svakih šest mjeseci materijali se konačno prezentiraju i evaluiraju na međunarodnim projektnim tjednima, od kojih se u svakoj od četiri zemlje održava po jedan.

Međunarodni projektni tjedni imaju i svrhu učenja, kako za učenike tako i za nastavnike. Trebalo je proučiti strategije učenja i podučavanja u pojedinim zemljama, steći vještine baratanja IKT-om (vidi sliku 1), osvijestiti važnost akademskog poštenja, usavršiti komunikacijske vještine (vidi sliku 2) i rješavanje razmirica, naučiti više o koordinaciji i



SLIKA 1. Učenici na radionici u Rumunjskoj pomoću za edukacijske ustanove besplatnog programa Scope (Soundcard Oscilloscope) autora Christiana Zeitnitza proučavaju Dopplerov efekt, aktivnost Branca Arsenova (The Magic of Sound Project, Intellectual Output O4).



SLIKA 2. Jodlanje kao komunikacijska vještina. Radionicu „Jodeln und Wandern in den Allgäuer Bergen“ održala je gospođa Loni Kuisle tokom projektnog tjedna u Njemačkoj. Ispitali smo mogućnosti ljudskog glasa.

kombiniranju ideja, kao i o samom interdisciplinarnom učenju i podučavanju. U svakoj zemlji stavljen je naglasak na nešto od toga, preko organiziranih predavanja, radionica i okruglih stolova.

Treća važna svrha međunarodnih projektnih tjedana je prikupljanje zanimljivih materijala i ideja za obradu (vidi sliku 4). Tome služe i predavanja (vidi sliku 3) na sveučilištima (posjetili smo ukupno šest europskih sveučilišta u četiri različite zemlje), u tvornicama (neke od njih iznenadile su nas svojim specijaliziranim odjelima) i institutima, posjete kontekstualno zanimljivim manufakturama i kazalištima, predstavljanje materijalne i nematerijalne kulturne baštine. Kao sudionici projekta imali smo pristup i mjestima zatvorenima za javnost, koja su



SLIKA 3. Presentacija na Sveučilištu Oxford. Nakon zanimljivog predavanja i upoznavanja fizikalnih praktikuma vidjeli smo niz pokusa.



SLIKA 4. Zvuk i ultrazvuk u podmornici proučavali smo na projektnom tjednu u Ujedinjenom kraljevstvu (Plymouth Dockyard, HMS Courageous)

obogatila naš način razmišljanja. Na putovanja je iz naše škole išlo po četvero nastavnika i 6-10 učenika koji su novostečena znanja, vještine i iskustva prenijeli nastavnicima i učenicima u matičnoj školi. Svi oni dobivaju Europass dokument cjeloživotnog učenja.



SLIKA 5. Gajde. Članovi KUD-a Gorjani iz Gorjana su nam osim autohtonih instrumenata predstavili ples Ljelja (kraljica) i Bečarac, koji su pod zaštitom UNESCO-a.

Između projektnih tjedana održavaju se lokalne aktivnosti sličnog sadržaja, skupljeno se analizira i upotrebljava u izradi edukativnih materijala na kojima zajednički rade nastavnici iz sve četiri zemlje služeći se usvojenim kolaborativnim alatima.

Gotovi materijali bit će promovirani na završnoj svečanosti koja će se održati u Zagrebu 21.-23. rujna 2017., izdani u e-knjizi na četiri jezika i postavljeni na platforme s otvorenim obrazovnim sadržajima (OER – Open Educational Resources) ne samo za korištenje pod odgovarajućom licencom Creative Commons, nego i za daljnje razvijanje i suradnju.

REZULTATI

Nastavu fizike ne samo da smo povezali s ostalim predmetima, nego smo ju uveli u samu nastavu ostalih predmeta. Navest ću nekoliko primjera.

Fizika u glazbenoj umjetnosti i biologiji

Fiziku nije teško povezati s glazbenom umjetnošću. Svaki glazbeni instrument povezan je s principima fizike. Napravili smo radionice glazbenih instrumenata, proučavali smo fizikalni

aspekt različitih vrsta instrumenata, a u Narodnom muzeju u Zadru i kod KUD-a Gorjani pronašli smo neočekivane autohtone instrumente (vidi sliku 5), snimili smo ih slikom i zvukom, analizirali ih i zajedno s partnerima napravili europski kviz o instrumentima, uključujući i fizikalna pitanja¹. Na temelju iskustava s afričkim bubnjevima na radionici projektnog tjedna u Hrvatskoj namjeravamo kalibrirati bocafon na fizikalan način. Spremamo se snimati kukce i proučavati šišmiše. Možda ćemo brojati kukce i učiti o decibelima, a možda ćemo raditi nešto sasvim drugo, nešto što nije palo na pamet ni nama ni voditeljima radionice, nego ćemo iskoristiti učenički kreativni entuzijizam.

Zvuk i glasnice

Osmislili smo i jedan veći učenički projekt, u kojem se proučavao princip rada glasnica. Učenici su proučili biološku podlogu i po njoj napravili jednostavan model glasnica, koji se sastojao od cijevi na koju je bio navučen balon s tankim prorezom na sredini. Upuhivanjem zraka kroz cijev dobivao se zvuk čija se frekvencija analizirala besplatnim programom za analizu zvuka *Audacity*. Učenici su proučavali i komentirali ovisnost frekvencije o duljini cijevi, elastičnosti balona i površini pukotine na balonu [1]². Namjeravamo model učiniti realnijim, prilagoditi parametre stvarnim vrijednostima i kao primjere upotrebe glasnica uvrstiti nematerijalnu baštinu pod zaštitom UNESCO-a, kao što su hrvatske Klape i Ljelje, te svakako jodlanje, koje smo naučili tijekom projektnog tjedna u Njemačkoj, snimili, obradili i pripremili video-lekciju³.

Fizika u povijesti i geografiji, a glazba i matematika uvijek su tu...

Zvona hrvatskih kraljevskih gradova

Tijekom projektnog tjedna u Hrvatskoj snimali smo zvukove zvona hrvatskih kraljevskih gradova i grada Zadra. Pokazali smo gostima povijest i geografiju, ali smo ih protkali zvukovima zvona koje smo ispitivali na fizikalan način. Pomoću snimljenih slika u krupnom planu uočavali smo izvore zvuka i načine na koji se proizvodi (vidi sliku 6), a pomoću programa za analizu zvuka određivali smo frekvencije, kako bismo za naša zvona mogli komponirati. Nakon izuzetno zanimljivog predavanja prof. Šikića na Fakultetu strojarstva i



SLIKA 6. Snimanje zvukova zvona hrvatskih kraljevskih gradova – Šibenik.



SLIKA 7. Akustika đakovačke katedrale. S obzirom da jeka traje 8 sekundi, u đakovačkoj katedrali je izuzetno teško pjevati.

¹ Philipp Denk et al, The Magic of Sound Project, Intellectual Output O1

² Mentor: Zrinka Mavračić

³ Virginia Götze, Sebastian Kirscher, The Magic of Sound Project, Intellectual Output O1

brodogradnje i listanja njegove knjige [2] matematičari su se prihvatili izrade prirodne ljestvice za taj skup zvona u čemu će im fizičari svakako pomoći. Posebno nam je stalo da se u međunarodnom okruženju čuju i zadarske Morske orgulje.

Akustika đakovačke katedrale

Čuli smo da je đakovačka katedrala poznata po tome što u njoj jeka traje punih osam sekundi, pa je zbog toga u njoj vrlo teško pjevati. Krenuli smo to provjeriti, a sa sobom smo povelili školski djevojački zbor i nekoliko recitatora (vidi sliku 7). Uspoređivali smo efekte pjevanja, govora i pljeskanja, a učenici ne samo da su potvrdili hipotezu o duljini jেকে, nego su iskoristili priliku za ispitivanje ovisnosti razine intenziteta zvuka o udaljenosti na tako golemom zatvorenom prostoru [3]⁴. Iz toga se rađa interdisciplinarna tema između fizike i matematike. Među logaritme, površine i volumene miješa se zvuk i akustika.

Putovima violina

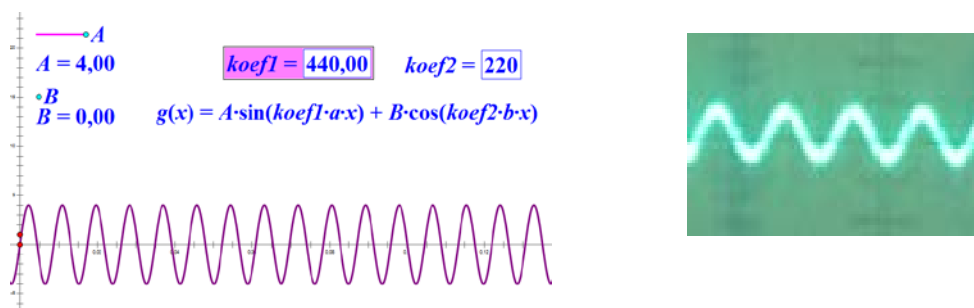
Manje je poznato da je kolijevka gradnji violina grad Füssen u Njemačkoj, odakle se ta umjetnost proširila u Italiju. Tijekom projektnog tjedna imali smo priliku susresti graditelja violina koji nam je objasnio svaki detalj izrade, između ostalog zašto se violine ne mogu graditi strojevima i zašto mogu nadglasati orkestar. U Reghinu, rumunjskom gradu violina, nastavili smo proučavati temu usporedbom male manufakture violina Gliga s ogromnom tvornicom gudačkih instrumenata Hora i vidjeti da se ni tamo baš sve ne radi strojno. Iskoristit ćemo snimljene materijale barem za dva predmeta.

Fizika u matematici

Kao fizičarima koji se stalno služe matematikom bilo nam je posebno zadovoljstvo uvesti fiziku u matematiku, međutim prve konkretne korake u tom smjeru poduzeli su matematičari, služeći se snimkama zvuka glazbene vilice na osciloskopu za uvođenje trigonometrijskih funkcija⁵. Ideja se svidjela i nekim nastavnicima koji nisu u projektu, tako da se taj dio već provodi u razredu.

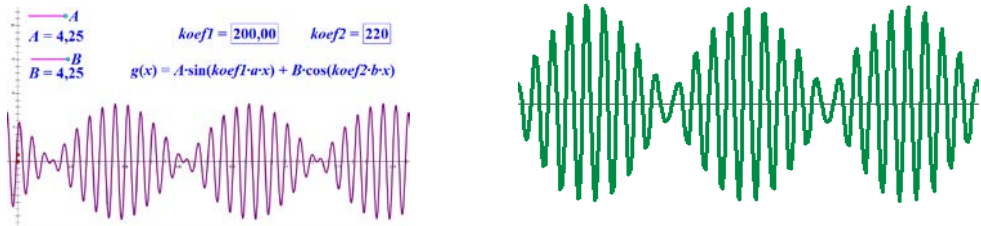
Zvukovi trigonometrije

Stvorena je nastavna strategija istovremenog poučavanja zbrajanja trigonometrijskih funkcija u matematici i interferencije zvuka u fizici [4]. Učenici za početak s jedne strane snimaju, ili imaju snimljene, zvukove različitih glazbenih vilica, čije snimke mogu vidjeti na osciloskopu. S druge strane koriste dinamički geometrijski program (*SketchPad* ili slobodni program *GeoGebra*) za konstrukciju trigonometrijskih funkcija s parametrima koji odgovaraju frekvencijama glazbenih vilica (vidi sliku 8).



SLIKA 8. Sinusoida dobivena SketchPadom (lijevo) i glazbenom vilicom na osciloskopu (desno). Frekvencija vilice bila je 440 Hz. [4]

Proučavaju visinu i glasnoću dobivenih tonova, te dolaze do zaključka da se zvukovi dobiveni SketchPadom donekle razlikuju kvalitetom od prirodnih. Detaljnijom analizom pomoću slobodnog programa za analizu zvuka *Audacity* ili programom *LoggerPro* za Vernierov sustav *LabQuest* uočavaju važnost viših harmonika koje nastoje simulirati u *SketchPad*-u. Mijenjajući parametre svojih trigonometrijskih funkcija dolaze do fizikalnih kategorija kao što su čisti ton, boja, udari (vidi sliku 9) ili jednostavno buka.



SLIKA 9. Udari dobiveni SketchPadom (lijevo) i Vernierovim sustavom LabQuest s *LoggerPro* programom. Isti uzorak može se dobiti i s besplatnim programom za analizu zvuka *Audacity*. [4]

ZAKLJUČAK

Navedeno je samo nekoliko primjera u nizu raznovrsnih provedenih i planiranih aktivnosti. Jasnije je da se svi primjeri mogu primjenjivati u raznim kombinacijama. Da bi ideja zaživjela potrebna je prije svega zainteresiranost i suradnja kolega, što podrazumijeva pristupačnost materijala. Oni trebaju biti grupirani po mogućnostima korištenja u pojedinom predmetu, što se postiže suradnjom među nastavnicima različitih struka. Elementi „stranog“ predmeta trebaju biti kratki i zanimljivi, kako bi obogaćivali nastavu a da je ne opterećuju. Na taj način razvijat će se sposobnost prenošenja znanja i vještina s jednog predmeta na drugi, a učenicima različitih interesa pružit će se mogućnost da im nastava bude zanimljivija.

ZAHVALA

Zahvaljujem svim sudionicima projekta „The Magic of Sound“ na suradnji i stavljanju na raspolaganje materijala nastalih tijekom projekta.

LITERATURA

1. N. Peroš, F. Šola, P. Bolt, *Sound and Vocal Cords*, „Tiberiu Popoviciu“ International Maths Conference 2017.
2. Z. Šikić, *Matematika i muzika*, HMD, Zagreb, 1999.
3. L. Gočan, L. Lušić, I. Teparić, *Acoustics of Đakovo Cathedral*, „Tiberiu Popoviciu“ International Maths Conference 2017.
4. S. Antoliš, Z. Mavračić, *Sound of Trigonometry*, „Tiberiu Popoviciu“ International Maths Conference 2017.
5. Z. Mavračić, *The Magic of Sound – Why are we doing it*, „Tiberiu Popoviciu“ International Maths Conference 2017.
6. Europska komisija, Strategija Europa 2020, URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/framework/europe-2020-strategy_hr (1.4.2017).
7. Europska komisija, Strateški okvir – Obrazovanje i osposobljavanje 2020. (ET 2020), URL: http://ec.europa.eu/education/policy/strategic-framework_hr (1.4.2017).