

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/121



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J5-4002
Naslov projekta	Vpeljava sodobne interdisciplinarne vsebine v izobraževanje - tekoči kristali
Vodja projekta	5974 Mojca Čepič
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	588 Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	5 DRUŽBOSLOVJE 5.01 Vzgoja in izobraževanje 5.01.03 Specialna didaktika
Družbeno-ekonomski cilj	09. Izobraževanje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	5 Družbene vede 5.03 Izobraževanje

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Raziskovalni projekt je bil namenjen proučitvi možnosti vpeljave sodobnih raziskovalnih spoznanj v poučevanje in njegovi realizaciji v primeru tekočih kristalov.
V projektu smo se posvetili naslednjim problemom, ki so vodili do končnega cilja, konstrukcije učnega modula o tekočih kristalih in njegove evalvacije:
- oblikovali smo vprašalnik za ugotavljanje predznanja o tekočih kristalih;

- raziskali smo poznavanje tekočih kristalov pri brucih najrazličnejših študijskih smeri;
- opredelili smo potrebno predznanje, na katerem bi poučevanje o tekočih kristalih temeljilo;
- raziskali in opredelili smo možna mesta v kurikulumih, kamor bi se tema lahko umestila;
- opredelili smo pomembne pojme in koncepte, ki naj bi jih učenci, dijaki oziroma študentje po učnem posegu poznali in znali uporabljati;
- razvili smo zbirko eksperimentov za praktično izvedbo pri pouku o tekočih kristalih;
- razvili smo zbirko eksperimentov, ki ilustrirajo in omogočajo spoznavanje konceptov povezanih s tekočimi kristali, a uporabljajo druge dostopne materiale;
- oblikovali smo učni modul o tekočih kristalih;
- oblikovali smo teste za preverjanje pridobljenega znanja;
- izvedli smo učni modul o tekočih kristalih s skupinami prvih letnikov bodočih učiteljev razrednega pouka in bodočih učiteljev fizike;
- pridobljeno znanje smo evalvirali.

O aktivnostih smo poročali na številnih domačih in mednarodnih srečanjih. Izvedli smo delavnice na mednarodnih konferencah o poučevanju fizike (GIREP), poleg delavnic smo spoznanja predstavili še s predavanji in paneli na mednarodnih konferencah o poučevanju fizike ter na mednarodnih konferencah o tekočih kristalih. Spoznanja smo predstavili tudi na nacionalnih srečanjih in na permanentnih izobraževanjih, nekateri učitelji pa so se odločili za vpeljavo v poučevanje. Odzvali smo se na nekaj vabil Univerz iz drugih držav, kjer smo predstavili poučevanje o tekočih kristalih v delavnicah.

Spoznanja so bila objavljena v revijah, ki se ukvarjajo s poučevanjem fizike na različnih ravneh in imajo faktor vpliva. Monografska publikacija o poučevanju tekočih kristalov v slovenščini je že pripravljena in je v oblikovanju. Monografska publikacija o poučevanju tekočih kristalov pri mednarodnem založniku (na vabilo) pa je nedavno izšla.

ANG

Research project considered possibilities of introducing recent research results into education and its realization in the case of liquid crystals.

We considered following problems that led to the structure and evaluation of the teaching module on liquid crystals:

- We designed the questionnaire for assessment of preliminary knowledge on liquid crystals;
- We have investigated the preliminary knowledge on liquid crystals at first year students of different studies;
- We determined necessary preliminary knowledge that allows for teaching the concepts related to liquid crystals;
- We investigated and determined topics in the curricula, where liquid crystals could be included;
- We determined concepts and goals of the teaching interventions that students would know and be able to use after learning about liquid crystals;
- We developed a set of experiments used in demonstration or as practical laboratory work during the teaching and learning process on liquid crystals;
- We developed a set of experiments that illustrate concepts important for understanding of liquid crystal properties but use other easily accessible materials with similar properties;
- We constructed a teaching module on liquid crystals and define its content;
- We designed the tests that allow for assessment of new students' knowledge after the teaching intervention;
- We tested the teaching module with the pilot group of first year pre-service primary school teachers;
- We evaluated the knowledge of students after teaching intervention.

We have reported on our results at several national and international conferences and workshops. We have developed workshops that were performed on international conferences on physics education (GIREP conferences), details about the module and experiments were presented at the conferences on teaching physics as lectures and panels as well and on well-attended lecture and panels at international conferences on liquid crystals. Consequently, we have established a link between research community and the teaching community. New results were also reported on national conferences for teachers and were parts of in-service trainings. All these activities resulted in invitation to foreign Universities (Puebla, Mexico, Pennsylvania, US, Košice, Slovakia, Nachod, Czech Republic, Manchester, UK) where workshops and lectures were performed.

Project's results were published in international journals that publish papers related to physics education and have an impact factor. The monographic publication on teaching liquid crystals in Slovenian language is prepared and it is before its release. The textbook on teaching about liquid crystals at the university level mostly, prepared for non-specialists in liquid crystals as well as for researchers wanting to share their knowledge to students, was recently published at Claypole & Morgan and Institute of Physics in London (upon the invitation).

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Kot že naslov projekta kaže, je bil namen projekta vpeljava sodobnih raziskovalnih spoznanj v poučevanje osredotočena na tekoče kristale. V zvezi s tem smo naredili naslednje:

1. Oblikovali smo vprašalnik za preverjanje predznanja o tekočih kristalih in raziskali smo poznavanje tekočih kristalov pri brucih najrazličnejših študijskih smeri. Ugotovili smo, da je, z izjemo poznavanja termina "tekoče kristalni zaslon", predznanje tako rekoč nično. V vpeljavi nove vsebine v poučevanje je bilo to dejstvo potrebno upoštevati. Študentje in dijaki se s tematiko srečujejo popolnoma na novo. Članek o teh spoznanjih je bil objavljen v reviji Eurasia.

2. Razvili smo zbirko eksperimentov za praktično izvedbo pri pouku o tekočih kristalih. Razvoj učnega posega oziroma učnega modula je potekal vzporedno z razvojem za poučevanje potrebnih demonstracijskih in laboratorijskih oziroma praktičnih eksperimentov. Ker je bilo za namen pridobivanja izkušenj povezanih s tekočimi kristali potrebno razviti številne eksperimente za podporo poučevanju, saj zaradi novosti tematike ti še niso obstajali, predstavljajo pa enega nujnih predpogojev za uspešno poučevanje, jih predstavljamo pred konstrukcijo in evalvacijo učnih posegov.

Razvili smo naslednje eksperimente, ki neposredno uporabljajo tekoče kristale in jih lahko v celoti izvede učitelj samostojno in pri pouku.

a) Za potrebe poučevanja smo prilagodili postopek sinteze tekočega kristala MBBA, ki ga je mogoče izvesti v vsakem šolske laboratoriju, ki ima digestorij. Uporabnost in uspešnost sinteze, je bila testirana pri laboratorijskih vajah študentov, bodočih učiteljev razrednega pouka in pri dijakih gimnazije v okviru projektnih nalog.

b) Pripravili smo poskus, ki omogoča merjenje temperatur prehodov med trdno in tekočo kristalno fazo ter med tekočo kristalno in izotropno fazo in s tem demonstracijo obstoja nove faze med trdno in tekočo fazo.

c) Za potrebe poučevanja smo poenostavili izdelavo tekoče kristalnih celic, ki jih v raziskovalne namene laboratoriji kupujejo ali pa izdelujejo v čistih sobah. Profesionalne celice so drage in niso dostopne učiteljem, zato smo razvili celice, ki uporabljajo objektna in krovna stekla za običajno mikroskopiranje. S preprostimi postopki seveda ni mogoče doseči urejanja tekočih kristalov, ki bi zadovoljevali visoke kriterije potrebne za aplikacije. Za poučevanje je z nekaj vaje mogoče zagotoviti planarno in homeotropno urejanje tekočih kristalov dovolj visoke kvalitete, da učenci pod običajnim šolskim mikroskopom lahko opazujejo temeljen lastnosti tekočih kristalov obnašanje tekočega kristala med gretjem in hlajenjem in podobno.

d) Za demonstracijo dvolomnosti oziroma anizotropnih optičnih lastnosti tekočih kristalov smo razvili klinasto celico, ki omogoča opazovanje razcepa nepolarizirane svetlobe na dva curka in določanje polarizacije obeh curkov, ki sta med seboj pravokotno polarizirana. Enostavno segrevanje s sušilnikom za lase pokaže, da v izotropni fazi razcepa svetlobe več ni in da je to specifična lastnost tekoče kristalne faze. Poskus je mogoče nadgraditi v zahtevnejšo laboratorijsko vajo iz optike na univerzitetnem nivoju. Rezultate smo objavili v reviji European Journal of Physics.

3. Razvili smo zbirko eksperimentov, ki ilustrirajo in omogočajo spoznavanje konceptov povezanih s tekočimi kristali, a uporabljajo druge dostopne materiale.

Ker je za številne pojave povezane s tekočimi kristali zelo koristno, če se učenci z njimi srečajo večkrat, tudi predhodno in v drugačnih okoliščinah, smo razvili poskuse, ki namesto tekočih kristalov uporabljajo predmete iz drugih anizotropnih snovi (kot so npr. les, plastične folije, pletenine). Razvili smo poskuse:

- ki jih je mogoče uporabiti v predhodnih pripravah na tematiko,
- kot vzporedne poskuse, ki dodatno pojasnjujejo lastnosti tekočih kristalov oziroma pripravljajo temelje za razumevanje delovanja tekočega kristalnega zaslona
- kot poskuse, ki jih je mogoče uporabljati pri drugih tematikah, a je njihovo razumevanje boljše, če imajo študentje predhodne izkušnje s tekočimi kristali

Poskusi pokrivajo naslednje vsebine:

a) Optične lastnosti materialov prozornih za vidno svetlobo.

Prozorne plastične folije kot so prosojnice, celofanski ovitki, lepilni trakovi in podobno, so zaradi tehnološkega postopka, ki v materialu uredi polimerne verige, anizotropne. Zato jih lahko uporabimo za preproste eksperimentalne raziskave vplivov anizotropnih materialov na prehod polarizirane svetlobe in njenih stanj. Vpliv anizotropnega materiala na polarizacijska stanja je temelj delovanja tekoče kristalnega zaslona. Različne odvisnosti vplivov npr. od smeri širjenja svetlobe, od barve svetlobe in od polarizacije svetlobe so združene v eksperimentalni metodi imenovani konoskopija, ki jo intenzivno uporabljajo raziskovalci za določanje lastnosti tekoče kristalnih faz. Razvita je bila zbirka eksperimentov, v kateri so bili ti različni vplivi s preprostimi poskusi razdelani ločeno, kar pomeni, da so bili enostavnejši za razumevanje, in končno združeni v kompleksnost konoskopije. Ta zbirka omogoča študentom, začetnikom v raziskavah tekočih kristalov lažje razumevanje metode. Rezultati tega dela so bili objavljeni v European Journal of Physics.

b) Za študij anizotropnih lastnosti snovi in predvsem za vzpostavitev povezave med strukturo materiala in posledicami te strukture v optičnih pojavih smo razvil zbirko eksperimentov, ki kot anizotropni material uporabljajo les. Les je v področju mikrovalov prozoren. Valovne dolžine mikrovalov do makroskopske (nekaj cm). Zato vpliva na lastnosti prepuščenih mikrovalov struktura lesa, kot so smeri lesnih vlaken in letnic, ki pa so dobro vidni s prostim očesom. Zasnovali smo eksperimente, ki pokažejo vpliv smeri lesnih vlaken glede na smer polarizacije

vpadnih mikrovalov na polarizacijo prepuščenega valovanja. Na ta način smo ilustrirali dogajanje v tekoče kristalnem zaslonu. S primernim razrezom lesenih vzorcev smo pokazali tudi odvisnost dovolnosti in anizotropije v absorpciji od smeri širjenja mikrovalov. Rezultati so bili objavljeni v dveh revijah s faktorjem vpliva, v *European Journal of Physics*, kjer so se naleteli na odmeve pri predavateljih fizike na univerzitetnem nivoju ter v reviji *Molecular Crystals Liquid Crystals*, ki pa je namenjen raziskovalcem tekočih kristalov.

c) Anizotropne lastnosti se pri pouku na srednješolskem nivoju ne obravnavajo. Kljub temu se s tovrstnimi lastnostmi srečujemo vsak dan in bi jih bilo mogoče zelo enostavno vključiti pouk. Predlog te vključitve temelji na anizotropnih lastnostih pletenin, ki imajo anizotropne elastične lastnosti. Učenci imajo s pleteninami vseh vrst bogate izkušnje, saj vsi vedo, da se v različnih smereh raztezajo različno. S preprostim merjenjem raztezka pri obremenitvah v različnih smereh lahko učitelj enostavno pokaže dva, da anizotropijo značilna pojava: da je odziv anizotropnega materiala, v tem primeru raztezek, odvisen od smeri zunanega vpliva, v tem primeru sile, in da ima odziv enako smer kot zunanji sil samo v dveh posebej odlikovanih smereh. V vseh ostalih smereh ima raztezek drugačno smer kot sila. Rezultati so bili objavljeni v reviji *Physics Education*, ki je namenjena poučevanju fizike na pred-univerzitetnem nivoju.

d) Razvili smo tudi mehanski eksperiment, ki modelira fazni prehod. Fazni prehodi se kljub vsakdanjim izkušnjam z njimi, kažejo kot zahteven proces za razumevanje. Model je bil objavljen v reviji *European Journal of Physics* kot model faznega prehoda, njegova neposredna aplikacij na razlago faznih prehodov v tekočih kristalih pa v reviji *Molecular Crystals Liquid Crystals*.

4. Razvili smo učni modul za poučevanje tekočih kristalov. Učni modul smo evalvirali glede uspešnosti usvajanja pojmov in konceptov povezanih s tekočimi kristali. Za evalvacijo smo razvili tudi inštrumentarij. Zato smo morali opraviti naslednje, že v prejšnji točki poročila omenjene raziskave:

- opredelili smo potrebno predznanje, na katerem bi poučevanje o tekočih kristalih temeljilo;
- raziskali in opredelili smo možna mesta v kurikulumih, kamor bi se tema lahko umestila;
- opredelili smo pomembne pojme in koncepte, ki naj bi jih učenci, dijaki oziroma študentje po učnem posegu poznali in znali uporabljati;
- oblikovali smo učni modul o tekočih kristalih;
- oblikovali smo teste za preverjanje pridobljenega znanja;
- izvedli smo učni modul o tekočih kristalih s skupinami prvih letnikov bodočih učiteljev razrednega pouka in bodočih učiteljev fizike;
- pridobljeno znanje smo za skupine bodočih učiteljev razrednega pouka evalvirali.

Razvili in evalvirali smo učni modul interdisciplinarnega značaja, ki obsega 6 šolskih ur in je namenjen srednješolcem oziroma ga je mogoče vključiti v uvodne tečaje fizike na univerzitetni ravni. Ker smo ugotovili, da predhodnega znanja iz področja ni, smo za uvodno seznanjanje uporabili tradicionalni pristop in sicer predavanje spremljano s številnimi demonstracijskimi poskusi iz prej omenjenih zbirk v obsegu dveh šolskih ur. Študentje so nato sintetizirali tekoči kristal v okviru kemijskega laboratorijskih vaj v trajanju dveh šolskih ur in ga uporabili pri izdelavi tekoče kristalnih celic ter poskusih z njimi v okviru fizikalnih laboratorijskih vaj v trajanju dveh šolskih ur.

Razumevanje pojmov in konceptov smo preverjali neposredno po fizikalnih laboratorijskih vajah, ki so bile na vrsti zadnje ter z nekaj vprašanji v okviru izpita iz fizikalnega dela naravoslovja.

Modul je bil predstavljen v dveh publikacijah, v podrobni obliki v reviji *European Journal of Physics* in bolj orientirani obliki, ki je predstavila pilotske ideje, namenjeni raziskovalcem tekočih kristalov in njihovim potrebam po prenosu tega znanja svojim študentom v reviji *Molecular Crystals Liquid Crystals*.

Razvili smo tudi obširnejši učni modul za bodoče učitelje fizike, ki pa še ni bil evalviran v podrobnosti.

Prav tako je modul v delno okrnjeni obliki preizkusilo nekaj učiteljev v gimnazijskih in srednješolskih programih.

Omenjene publikacije, ki so bile rezultat projekta, so bile precej odmevne, saj so že bile citirane v mednarodnih revijah. Prav tako je mogoče njihovo odmevnost zasledovati glede na "downloade" v okviru platforma Researchgate oziroma komunikacije raziskovalcev različnih področij z avtorji. Ta odmevnost je bila predvsem glede članka, ki vpeljuje poučevanje o tekočih kristalih, zelo velika, saj doživi članek tedensko nekaj "downloadov". Žal finančna sredstva fakulteta ne omogočajo izdatka za profesionalno vključitev v platformo, ki bi omogočila sledenje do uporabnikov teh publikacij.

Rezultate projekta smo predstavili na štirih delavnicah na mednarodnih srečanjih namenjenih poučevanju fizike, spremljanih s predavanji in panelnimi predstavitevami na istih konferencah (GIREP, Jyväskylä, Finska, 2011, GIREP, Istanbul, Turčija, 2012, GIREP, Praga, Češka, 2013, GIREP, 2014, Palermo, Italija). S panelnimi predstavitevami spremljanimi z dejanskimi poskusi in vabljenim predavanjem smo predstavili dognanja na vseh mednarodnih tekoče kristalnih konferencah v času trajanja projekta, ki so imela pedagoško s sekcijo (ICLC 2012, Mainz, Nemčija, Gordon Conference on Liquid Crystals 2013 ter ILCC 2014, Irska). Rezultat so bila vabila na tuje Univerze oziroma dogodke v njihovi izvedbi (2012, Puebla, Mehika, 2013, Pensilvanija, Amerika, Nachod, Češka, Košice, Slovaška in Manchester, Anglija, vse 2014). Rezultat projekta je tudi vabljen plenarno predavanje na konferenci GIREP v 2015 ter vabilo na predstavitev aktivnosti povezanih s poučevanjem tekočih kristalov na tekoče kristalni

konferenci v Manchesteru 2015, za katerega upamo, da bomo uspeli zagotoviti sredstva, saj je projekt že potekel.
 Iz tematik projekta sta bili zagovarjani dve doktorski disertaciji (Saša Ziherl in Jerneja Pavlin, obe 2013), še ena doktorska disertacija (Maja Pečar) in magistrsko delo (Bernarda Urankar) pa bosta zagovarjani še v letošnjem letu.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Raziskovalni cilji predlagani v projektu so bili zastavljeni v celoti z izjemo slovenske publikacije o poskusih s tekočimi kristali, ki je še v pripravi. Z založnikom knjige, ki o dognanjih projekta poroča, smo se dogovorili, da je pravica do prevoda knjige v slovenski jezik izključena iz avtorskih pravic. Pričakujemo, da bo knjiga v slovenščini izšla še v letošnjem letu. Poleg tega sta iz tematik projekta doktorirali Jerneja Pavlin in mlada raziskovalka Saša Ziherl. Iz tega področja je tudi del magistrske naloge v prijavi Bernarde Urankar, ki bo predvidoma magistrirala še letos ter doktorsko delo mlade raziskovalke Maje Pečar, ki bo prav tako zagovarjala svojo disertacijo še letos. Številne dodatne aktivnosti, ki se posvečajo konceptom vezanim na tekoče kristale in jih je mogoče uporabiti za poučevanje tudi drugih zahtevnejših vsebin iz področja optike, so odprle zanimive raziskovalne probleme o dojemanju, a tudi o učenju in poučevanju oseb z relativno širokim različnim predznanjem vendar ne iz specifičnega obravnavanega področja ter možnosti razvoja novih eksperimentov, ki ilustrirajo zahtevne pojave v poučevanju. Vsi ti novi problemi predstavljajo odlična izhodišča za nadaljnje raziskave.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Program raziskovalnega projekta se ni spremenil. V vmesnem obdobju je zaradi delne upokojitve nehal sodelovati Saša A. Glažar. V zadnjem obdobju projekta sta bili odsotni sodelavki (Saša Ziherl in Katarina Susman) zaradi porodniškega dopusta, a sta delo na projektu opravili še pred odhodom nanj. Iz projekta je zaradi daljše bolniške odsotnosti in posledične odsotnosti rezultatov izstopila sodelavka Milena Zuljan. Na FNM v Mariboru so sodelavko Alenko Mozer, ki je svoje delo povezano s preverjanjem možnosti kemijske sinteze na srednješolskem nivoju zaključila, zamenjali z Urošem Tkalcem, in tako omogočili, da je nekatera dognanja predstavil tudi v okviru tekočerkristalne šole v Južno Afriški Republiki.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

	Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID		10395209	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekoči kristali skozi poskuse	
		ANG	Liquid crystals through experiments	
	Opis	SLO	V knjigi, ki je izšla v elektronski obliki in klasični obliki, je v šestih poglavjih predstavljen pregled spoznanj o tekočih kristalih pomemben za poučevanje, zbirka poskusov s tekočimi kristali, ki vključuje napotek za izvedbo in didaktične napotke za uporabo, vrsta poskusov, ki ilustrirajo delovanje tekoče kristalnega zaslona, ter zbirke spremljevalnih poskusov, ki podpirajo razlago ter študij pojavov pomembnih za razumevanje tekočih kristalov, uporabljajo pa enostavnejše material kot so les in prozorne plastične folije. Knjigo zaključujeta poglavji s predlogom učne enote in predlogi za nadaljnje branje in delo.	
ANG		The textbook that is available in an electronic form and as a regular textbook contains six chapters: Introduction to liquid crystals from teacher's point of view, a set of experiments using liquid crystals and illustrating phenomena characteristic for them, a set of experiments that explain functioning of liquid crystal display and a set of accompanying experiments that illustrate phenomena characteristic for liquid crystals		

			but use other materials like wood or plastic foils. The last two chapters suggest a structure of a teaching module on liquid crystals for undergraduates and an overview of existing literature that allow lecturer to advance the teaching of the subject.
	Objavljeno v	Morgan & Claypool Publishers; 2014; Avtorji / Authors: Čepič Mojca	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
2.	COBISS ID	9606473	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekoči kristali: Nova fizikalna vsebina v poučevanju osnov fizike
		ANG	Liquid crystals: a new topic in physics for undergraduates
	Opis	SLO	Članek poroča o modulu o poučevanju tekočih kristalov. Podaja strukturo učnega modula, opiše motivacijsko linijo ter navede konkretne dejavnosti med poučevanjem in aktivnim delom dijakov in študentov med laboratorijskimi vajami. Članek navaja tudi rezultate evalvacije učnega modula.
		ANG	The paper reports on a module about liquid crystals. It gives the structure of the module, the light motive for teaching and describes the activities during the lecture and during students' activities in the laboratory. Results of evaluation are also presented.
	Objavljeno v	Institute of Physics; European journal of physics; 2013; Vol. 34, no. 3; str. 745-761; Impact Factor: 0.619; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.346; WoS: HB, UI; Avtorji / Authors: Pavlin Jerneja, Vaupotič Nataša, Čepič Mojca	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	9541705	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odvisnost izrednega lomnega količnika od smeri v enoosnih tekočih kristalih
		ANG	Direction dependence of the extraordinary refraction index in uniaxial nematic liquid crystals
	Opis	SLO	Članek poroča o demonstracijskem in laboratorijskem poskusu, ki nazorno pokaže, omogoča pa tudi meritve, da je izredni lomni količnik v tekočih kristalih odvisen od smeri širjenja svetlobe. Poskus je bil razvit kot ilustracija anizotropne optike tekočih kristalov v zahtevnejših predmetih iz optike ali fizike mehke snovi na univerzitetni ravni.
		ANG	The paper reports on an experiment that evidently demonstrates a direction dependency of extraordinary refraction index. The setup of presented experiment allows for detailed measurements of direction dependency of refraction index. The experiment was developed for advanced optics courses or soft matter physics courses at the university level.
	Objavljeno v	Institute of Physics; European journal of physics; 2013; Vol. 34, No. 2; str. 331-344; Impact Factor: 0.619; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.346; WoS: HB, UI; Avtorji / Authors: Pavlin Jerneja, Vaupotič Nataša, Čepič Mojca	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	9559113	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Lom in absorpcija mikrovalov v lesu
		ANG	Refraction and absorption of microwaves in wood
	Opis	SLO	Članek poroča o enem iz serije poskusov, ki so bili razviti z namenom vpeljave pojavov pomembnih v tekočih kristalih z materiali, ki so enostavneje obvladljivi in omogočajo vzpostavitev povezav med pojavi in vzroki zanje tudi z vidnimi zaznavami. Dobro vidna struktura lesa namreč omogoča

5.			idealno povezavo med polarizacijo valovanja, smerjo širjenja valovanja in smerjo vlaken v lesu. Članek je bil izbran kot eden od člankov, ki jih avtorji lahko predstavijo z kratko video predstavitevjo.
	ANG		The paper reports on one from the series of experiments that were developed to support an introduction of phenomena characteristic for liquid crystals, but they use materials, which are easier manipulated and provide visual evidences for the phenomena. Clearly seen wood fibres in the wood structure allow for a visual evidence of reasons for various polarizations states in dependence on polarization and a direction of propagation of microwaves. The paper was chosen to be illustrated by a video clip at the journal's webpage.
	Objavljeno v		Institute of Physics; European journal of physics; 2013; Vol. 34, No. 2; str. 449-459; Impact Factor: 0.619; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.346; WoS: HB, UI; Avtorji / Authors: Ziherl Saša, Bajc Jure, Čepič Mojca
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS ID		10386761 Vir: COBISS.SI
	Naslov		SLO Konoskopska slika: kompleksna posledica ne prav preprostega pojava ANG Conoscopic figure: a complex consequence of not so simple phenomenon
	Opis	SLO	Konoskopska slika anizotropnih snovi je ena temeljnih metod za prepoznavanje in merjenje optične anizotropije. V članku je predstavljena zbirka eksperimentov, ki postopoma pomaga študentu pridobiti izkušnje za izgradnjo razumevanja te kompleksne metode.
		ANG	Conoscopic figure of anisotropic materials is one of fundamental methods for recognition and measurements of optical anisotropy. The paper presents a set of experiments that helps the student to gradually construct comprehension of this complex method.
	Objavljeno v		Institute of Physics; European journal of physics; 2015; Vol. 36, no. 1; 22 str. (PDF); Impact Factor: 0.619; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.346; WoS: HB, UI; Avtorji / Authors: Pečar Maja, Čepič Mojca
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID		8982601 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekoči kristali v izobraževanju
		ANG	Liquid crystals in education
	Opis	SLO	Vabljen delavnica z gornjim naslovom na srečanju namenjenemu poučevanju naravoslovja na Akademiji znanosti in umetnosti v Beogradu je udeležencem predstavila zbirko eksperimentov primernih za poučevanje tekočih kristalov. Udeleženci so eksperimente izvedli sami. Delavnica je bila zelo odmevna, saj so številni udeleženci vzpostavili stik z avtorji delavnice in so preizkusili številne eksperimente tudi pri svojem delu z učenci, dijaki in študenti.
		ANG	The invited workshop performed in Belgrade, Serbia at the meeting focused on science education, introduced several experiments appropriate for teaching liquid crystals. Participants were active and have performed experiments by themselves. The workshop was extremely well accepted, several participants established contacts with the authors of the workshop

		and have tested some of the experiments also with their students.
	Šifra	B.04 Vabljen predavatelj
	Objavljeno v	SASA; Book of abstracts; 2011; Str. 42-43; Avtorji / Authors: Čepič Mojca
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavatelj)
2.	COBISS ID	9736265 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> K razumevanju tekoče kristalnega prikazalnika
		<i>ANG</i> Toward understanding of liquid crystal display
	Opis	<i>SLO</i> V delavnici izvedeni na mednarodni konferenci posvečeni poučevanju fizike v Pragi na Češkem je bila predstavljena učna enota ob kateri učenci ob poskusih spoznajo tekoče kristale in kako izhajajo iz njihovih lastnosti razumejo delovanje tekoče kristalnega zaslona.
		<i>ANG</i> In the workshop presented at the GIREP conference on physics education in Prague, Czech republic, a teaching unit was presented on students learning about liquid crystals and on the basis of their properties explaining how a liquid crystalline display operates.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Faculty of Mathematics and Physics, Charles University; Book of abstracts; 2013; Str. 135-136; Avtorji / Authors: Čepič Mojca, Pavlin Jerneja, Pečar Maja, Susman Katarina, Zihelr Saša
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
3.	COBISS ID	9724745 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Tekoči kristali in drugi anizotropni materiali - napi vsakodnevni prijatelji
		<i>ANG</i> Liquid crystals and other anisotropic materials - our every day friends
	Opis	<i>SLO</i> Na vabilo University of Pennsylvania iz Pensilvanije, Amerika, so sodelavci projektne skupine izvedli serijo delavnic in predavanj o tekočih kristalih: za javnost (Science cafe), za učence, študente, učitelje srednjih šol in sodelavce oddelka za fiziko.
		<i>ANG</i> The project group performed five workshops and lectures on liquid crystals for various audiences: for public (Science Cafe), for younger gifted students, for university students, for high school teachers and for researchers at the Department for physics. The series of workshops was performed upon invitation of University of Pennsylvania, US
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Čepič Mojca, Pavlin Jerneja, Pečar Maja
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi
4.	COBISS ID	9853513 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Sodobni znanstveni rezultati v razredu
		<i>ANG</i> Present scientific research results in the classroom
	Opis	<i>SLO</i> Predavanje je bilo izvedeno na vabilo Združenja fizikov Italije. V predavanju je bil predstavljen pristop, kako prenesti moderna znanstvena spoznanja v poučevanje in ilustriran na primeru tekočih kristalov.
		<i>ANG</i> The lecture was presented upon invitation of Italian physical society. The approach discussing the introduction of new scientific results into classroom was presented and illustrated with the case of liquid crystals.
	Šifra	B.04 Vabljen predavatelj
	Objavljeno v	SISSA - Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati; XCIX Congresso Nazionale Società Italiana di fisica; 2013; Str. 96; Avtorji / Authors: Čepič

		Mojca	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)	
5.	COBISS ID	9351753	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekoči kristali v predavalnici - kaj in kako učiti?
		ANG	Liquid crystals in the lecture room - what and how to teach?
	Opis	SLO	ILCC je konferenca, ki je namenjena predvsem akademskim in aplikativnim raziskavam tekočih kristalov. V zadnjih letih se je tudi v akademskih krogih pojavila potreba po prenosu znanstvenih spoznanj s tega področja v poučevanje in javnost. Vabljen predavanje je bilo osredotočeno na metode priprave tekoče kristalnih vzorcev in poskuse z njimi, ki jih je mogoče izvesti pri pouku. Številne akademske in aplikativne raziskave namreč zahtevajo posebne tehnike, raziskovalno opremo, čiste sobe in podobno, česar v okoliščinah učilnice ni mogoče doseči. V predavanju je bilo pokazano, kako je mogoče preseči probleme, ki jih postavlja nedosegljiva eksperimentalna oprema za poučevanje.
		ANG	ILCC is the conference, which is focused on results of academic and applicative research. The community has recently become aware of the importance of the transfer of the academic knowledge to the public and education. The invited talk was focused on the preparation of liquid crystalline samples and simple experiments with them. Academic and applicative research usually requires special techniques, advanced research equipment, clean rooms and similar, which is not available in the lecture room. The talk has shown and discussed several possibilities of overcoming these problems.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	German Chemical Society; Scientific program; 2012; 1 str.; Avtorji / Authors: Čepič Mojca	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Poleg že navedenih rezultatov pomembnih za znanost in družbeno ekonomskih rezultatov je mogoče omeniti še tri publikacije v mednarodnih revijah, kjer so bile objavljene vsebine vabljenih predavanj in delavnic. Tako je bila v reviji *European Journal of Physics Education* objavljena vsebina oziroma napotki za izvedbo eksperimentov iz vabljenega 4-urne delavnice v Puebli v Mehiki, v reviji *Liquid Crystals* (revija ima tudi faktor vpliva) vabljen članek, ki povzema vabljen predavanje na tekoče-kristalni konferenci v Mainzu, Nemčija in v reviji *Giornale di Fisica* članek, ki povzema vabljen predavanje za učitelje fizike na srečanju združenja fizikov Italije v Trstu.

Poleg tega so bili rezultati raziskav predstavljeni tudi na vabljenih predavanjih na nacionalnih srečanjih in so bili objavljeni v spremljajočih zbornikih.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Na področju raziskav v fizikalnem izobraževanju so izredno redke evalvacije novih učnih posegov, ki se ukvarjajo s prenosom novih znanj v poučevanje. Še posebej niso znani primeri poročil o celoviti vpeljavi prenosa rezultatov sodobnih znanstvenih raziskav v poučevanje. Običajno se raziskovalci na področju fizikalnega izobraževanja zgolj posvečajo novim prijemom, novim eksperimentom in podobnemu, s temeljitimi pedagoškimi raziskavami pa se posvečajo

skoraj izključno raziskavam razumevanja in razvoja razumevanja »klasičnih« kurikularnih vsebin. V obstoječi literaturi ni najti poročil o vpeljavah novih vsebin, ki prenašajo sodobna znanstvena spoznanja v poučevanje, ki bi bile nato preizkušene in natančno evalvirane. Pričujoči projekt se je uspešno lotil tega še neraziskanega področja. Projekt je razvil prototip za vpeljavo novih vsebin, ki predstavljajo prenos aktualnih raziskav na področje poučevanja. Za primer tekočih kristalov, področja, ki je raziskovalno aktivno, rezultate aplikativnih raziskav pa uporabljamo vsak dan v tekočerkristalnih prikazalnikih, je bil razvit celovit postopek vpeljave v poučevanje. Postopek zajema preverjanje predznanja, oblikovanje vsebin, materialov in pripomočkov za poučevanje, bil je preizkušen v razredu in evalviran.

ANG

As already mentioned in the description of the project problem, the evaluation of teaching interventions is rather rare within the physics education. The lack is especially important for the evaluations, when introductions of new modern topics from active research into education are considered. Researchers in the field of physics education usually report new explanations and new experiments only, but they do not report evaluations of newly introduced ideas and similar. Thorough investigations of conceptual understanding are reported for some traditional curricular topics only. No reports about the results of introduction for new topics were found in the literature.

Therefore the results of the project may serve as a prototype procedure when transferring actual research results into education. The whole procedure was developed for an example of liquid crystals. The procedure contained development of materials for teachers and students, accompanied by newly developed experiments, was also tested in the classroom and evaluated.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Danes se zavedamo upada interesa za naravoslovno-tehnične študije. Vpeljava aktualnih vsebin povezanih z izkušnjami iz vsakodnevnega življenja, pa tudi zavedanje učencev, da o vsebini ni znano že vse, temveč je področje še predmet tekočih raziskav, vodi do povečanega interesa za naravoslovje. Interes za naravoslovje vpliva na izbiro življenjske poti in usmerja na področje naravoslovja in tehnologije, kjer kadrov primanjkuje.

Zgodnje poznavanje tekočih kristalov in kasnejše dobro razumevanje osnovnih konceptov povezanih z njimi, lahko vodi do učinkovitejšega razvoja aplikacij povezanih s tekočimi kristali. Nedavna poročila namreč kažejo velik preboj v aplikativni smeri, npr. odkritje tekočeh-kristalnega 3D laserja, ki odpira popolnoma nova področja aplikacij. Ker se je to zgodilo pri nas, na Institutu Jožef Stefan, ni zanemariti možnosti, da bo v potrebi po razvijalcih aplikacij v prihodnosti potrebno razumevanje tekočih kristalov že ob zaključku univerzitetnega študija. Del projekta je namenjen predstavitvam teh vsebin tudi na univerzitetnem nivoju.

Tudi sodelavci Zavoda za šolstvo so se obrnili na raziskovalce na področju izobraževanja z željo po vpeljavi novih aktualnih vsebin v pouk naravoslovnih predmetov. Rezultati tega projekta so zato neposredno uporabni v izobraževanju, saj je uporaba rezultatov raziskav v implementaciji enot že podprta tudi s strani uporabnikov.

Poleg vpliva na poučevanje naravoslovja, se velja zavedati, da se z resno vpeljavo tekočih kristalov v poučevanje ne ukvarja nihče. Zato so bili odzivi strokovne tekoče kristalne skupnosti na predstavitev začetnega razvoja učnih enot in spremljajočih pripomočkov za eksperimente sprejeti z navdušenjem. Prvič so bile nekatere ideje predstavljene na Mednarodni konferenci o tekočih kristalih (ILCC) v Krakowu na Poljskem 2010 na posebni pedagoški sekciji. Organizator ni pričakoval pretiranega obiska, zato je bila dvorana, v kateri je bila sekcija organizirana premajhna. Sekcije se je udeležilo več kot 300 ljudi, kar je predstavljalo skoraj polovico udeležencev, čeprav so imeli raziskovalci na izbiro predavanja še v treh vzporedno potekajočih sekcijah. Zaradi uspeha te sekcije v Krakowu, so se tudi organizatorji Evropske tekoče kristalne konference (ECLC) v Mariboru, odločili organizirati pedagoško sekcijo. Delavnice s pripomočki, razvitimi za namene poučevanja, so potekale vse dni v času panelnih predstavitev in so bile izjemno obiskane. Prav tako so bila zelo dobro obiskana predavanja na pedagoški sekciji. V debati po predavanjih, se je izkazalo, da se številni raziskovalci s prenosom tekočih kristalov v poučevanje, največ na univerzitetnem nivoju ukvarjajo, a le »ljubitelsko«, ne posvečajo pa temu področju resnih raziskovalni naporov, saj se posvečajo predvsem temeljnim raziskavam. Izpostavili so, da je ta razvoj potreben, celo nujen, da so pri njem pripravljeni tudi sodelovati, da pa jim v splošnem primanjkuje pedagoške ekspertize za tovrstno delo. V to vrzel se

umeščajo rezultati tega projekta.

Razvoj enot skupaj z rezultatom predstavljenim v angleščini (monografija v angleškem jeziku) predstavlja rezultat projekta, ki ga mednarodna skupnost želi in pričakuje. V projektni skupini so se združili eksperti iz področja temeljnih raziskav o tekočih kristalih, raziskovalci pa so bili hkrati tudi eksperti na pedagoškem področju in raziskavah v izobraževanju fizike in kemije. Rezultati projekta so bili zato prepoznani tako v pedagoški publiki kot med raziskovalci v osnovnih raziskavah in so zagotovo povečali prepoznavnost naše države v doseganju rezultatov na tem področju. Projektna skupina, sodeč po odzivih, predstavlja vodilno skupino, ki se s prenosom tekočih kristalov v poučevanja ukvarja tudi znanstveno korektno – torej z načrtovanjem učnih posegov in njih evalvacijo.

ANG

Today we are aware that a drastic decrease of interest for science and technology studies has developed among younger people. Introduction of new topics related to everyday experiences but also to a current scientific research, may increase the motivation for such studies. For most of the students it is not motivating learning about concepts and facts, that were discovered long ago, as it is typical for most topics in physics. Increased motivation might orient at least few students toward studies in science and technology.

Early acquaintance and a good conceptual knowledge about liquid crystals later may lead to more effective development of applications using liquid crystals. Recent reports show an important breakthrough in applications like 3D laser discovered in Slovenia. It opens new directions in possible applications. Here it is not to neglect the possible need for future researchers in this field as the breakthrough happened at the Institute of Jožef Stefan in Slovenia. These facts also lead to the importance of introduction of liquid crystals at the university level. Part of the project's results considers more demanding topics about liquid crystals, appropriate for university level.

It is also worth to mention that co-workers of the National Education Institute have asked researchers in physics education for suggestions of new, interesting topics related to everyday life and to current scientific research. Liquid crystals exactly fit to these requirements and the results of the project is therefore directly applicable in the school. The opinion of the National Education Institute co-workers, who are authorities with respect to school curricula, was, that liquid crystals are exactly the topic which is appropriate to be introduced as selective topic into the teaching of physics and chemistry.

Indirect long lasting significance for the society is in increasing motivation for science and technology studies. In addition, the serious introduction of liquid crystals to the education has not been reported yet. Therefore the liquid crystalline society was excited on reports considering school experiments and teaching modules. Some preliminary ideas were presented for the first time at the International Liquid Crystal Conference, Krakow, 2010 at a special session devoted to Liquid crystals in Education. Organizer did not expect too much interest by the audience and the hall, where the session was organized was much too small for 300 people joining the session. The number of people attended the session presented almost a half of the attendees although they could have attended lectures at three other parallel sessions as well. The success in Krakow motivated organizers for a similar session also at the European Conference on Liquid Crystals in Maribor, 2011. Workshops about liquid crystals in education were active every day during the poster session and were constantly fully occupied. Also the session giving lectures about liquid crystals in education was filled above the capacity. The debate after lectures showed that most of the researchers also voluntary consider transfer of knowledge about liquid crystals into education; however, they do not work on these problems systematically, as their efforts are mostly oriented to the scientific research on liquid crystals. The general opinion was that the progress in this field i.e. the introduction of liquid crystals into education, is important, actually necessary and they are willing to contribute, however as non-experts in physics education research they lack the expertise in the thorough evaluation of the effect of introduction. Results of this project have therefore filled this gap and already intermediate results were warmly welcome at various events.

Teaching modules as well as results of evaluations presented in English (a textbook in English) are the results of the project that will probably be appreciated and welcome by international community.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	

G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	

G.07.04.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva		☐	☐	☐	☐	
G.09.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
	Komentar		
	Ocena		

13.Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Kot izjemni znanstveni dosežek predlagamo publikacijo Liquid Crystals Through Experiments [COBBIS-ID 10395209], zavedena med znanstvenimi dosežki pod številko 1, ki je izšla konec 2014 pri založbi Claypole and Morgan v sodelovanju z Institute of Physics, London. Delo namenjeno predavateljem, ki bi želeli tekoče kristale vpeljati v poučevanje, je bilo v okviru projekta načrtovano. Previdevali smo, da bomo delo v angleškem jeziku izdali pri domači univerzitetni založbi in bo na voljo tistim, ki bi po njem povpraševali. A se je zgodilo drugače. Pomladi 2013 je vodja projekta prejela vabilo za izdajo ene prvih v zbirki knjig namenjene poučevanju fizike mehkih snovi na univerzitetnem nivoju. Po poslanem opisu načrtovane vsebine je založnik knjigo sprejel v načrt svojih publikacij, predvidena je bila z poletje 2014. Izdaja se je nekoliko zavlekla, trenutno je v elektronski obliki na razpolago na spletnih straneh založnika, v klasični pa preko običajnih posrednikov knjig npr. Amazon.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Navajamo serijo predavanj in delavnic na Univerzi v Pensilvaniji. Na vabilo Oddelka za fiziko je več članov skupine (poleg vodje projekta M Čepič še J Pavlin in M Pečar) obiskalo "University of Pennsylvania, School of Arts and Sciences, Department for Physics and Technology". Ime institucije navajamo dobesedno, ker je v Pensilvaniji več univerz. Univerza, na katero smo bili povabljeni, je med njimi rangirana najvišje in sicer se uvršča med prvih deset, v posameznih letih tudi med prvih pet univerz na svetu.

Izvedli smo serijo delavnic

- delavnico za nadarjene učence;
- "Science cafe" kot enega rednih dogodkov v okviru programa popularizacije fizike;
- za študente začetnih letnikov collegea.
- za študente rednih letnikov začetnih tečajev fizike na univerzitetnem nivoju in
- predavanja za sodelavce Oddelka za fiziko in astronomijo na Univerzi.

Tri predavanja so javno objavljena na <http://vimeo.com/68773090>, <http://vimeo.com/68728865> in <http://vimeo.com/68728865>.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Pedagoška
fakulteta

Mojca Čepič

ŽIG

Kraj in datum:

V Ljubljani

15.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/121

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni

enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

CF-B7-E2-7E-6A-1D-FE-E1-6C-04-D4-55-63-09-68-B3-6F-B8-2F-CF