

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/261



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1.Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-2160
Naslov projekta	Efektivne teorije polja za LHC
Vodja projekta	19163 Jure Zupan
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4173
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.02 Teoretična fizika
Družbeno-ekonomski cilj	03. Raziskovanje in izkoriščanje vesolja

2.Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.03
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3.Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V projektu smo efektivne teorije polja (EFT) razvite v B fiziki uporabili za opis procesov na LHC in v iskanjih temne snovi. V prvem delu projekta smo EFT metode uporabili za primerjavo LHC eksperimentov in Tevatron eksperimentov ob prisotnosti nove fizike. V drugem delu projekta smo raziskovali kako je mogoče raziskati sektor nove fizike na LHC

skozi virtualne korekcije. V tretjem delu projekta smo izboljšali teoretične napovedi nizkoenergijskih opazljivk okusa, ki jih bodo izmerili na LHC in na supertovarni okusa, in obravnavali mogoča odstopanja od napovedi standardnega modela

ANG

In the project we used the advances made by the B physics community in the understanding of effective field theories (EFT) and applied them to describe processes at the LHC and in the dark matter searches. In the first part of the project we used EFT methods for the comparison of the LHC and Tevatron experiments in the existence of new physics. In the second part of the project we investigated how it is possible to probe new physics sector at LHC through virtual corrections. In the third part of the project we improved the theoretical predictions for low energy flavor observables measured at LHC and at Super Flavor Factory and investigate possible deviations from the SM predictions.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

S sodelavcema Ira Rothstein in Chris Arnesen s Carnegie Mellon University, Pittsburgh, ZDA, je Jure Zupan raziskoval ali je mogoče iz pT distribucije higgsovega bozona določiti prisotnost nove fizike. Z uporabo efektivne teorije polja smo nato uspešno pokazali, kako je mogoče na LHC razločiti lahke prostostne stopnje nove fizike pri razpadih higgsovega bozona. Prav tako so rezultate iz Tevatrona prevedli na rezultate za tvorbo higgsovega bozona na LHC in to ob prisotnosti poljubnih delcev nove fizike, če so le ti težji od samega higgsovega bozona. S sodelavci Gilad Perez (Weizmann Inst., Rehovot, Izrael), Tomer Volansky (IAS, Princeton, ZDA) ter Alex Kagan (Univ. of Cincinnati, ZDA) je Jure Zupan metode znane iz obravnave nelinearnega sigma modela in jih uporabili za razumevanje minimalne kršitve okusa pri procesih s kvarkih. Na ta način so vpeljali povsem modelsko neodvisen okvir za študij hipoteze o minimalni kršitvi okusa in za knjigovodstvo prispevkov fizike onkraj standardnega modela, pri čemer so prispevki velike top yukawine sklopitve sešteti do vseh redov. S sodelavci Joachim Kopp (Fermilab, ZDA in MPI, Heidelberg, Nemčija) ter Thomas Schwetz, Viviana Niro (oba MPI, Heidelberg) je Jure Zupan v seriji člankov pokazali, da je nemogoče pojasniti domnevno pozitivne rezultate eksperimenta DAMA/LIBRA kot interakcije temne snovi z navadno snovjo. Pri tem so z uporabo efektivne teorije polja razvili orodje za globalno interpretacijo eksperimentov, ki direktno iščejo temno snov. S sodelavcema Ira Rothstein in Thomas Schwetz je Jure Zupan razdelal fenomenologijo temne snovi, ki anihilira v dolgoživa vmesna stanja. Tovrstna fenomenologija je zanimiva za posredno iskanje temne snovi, saj lahko interpolira med signalom povsem anihilicijske in izključno razpadajoče temne snovi. S sodelavcem Dan Pirjolom (NIPNE, Bukarešta, Romunija) je Jure Zupan izračunal napovedi za razpade b kvarkov v dva s kvarka in en anti d kvark znotraj standardnega modela in pokazali, da predstavljajo pomembno orodje pri iskanju signalov nove fizike. S sodelavci Tom Browder (Univ. of Hawaii), Tim Gershon (Univ. of Warwick), Dan Pirjol in Amarjit Soni (BNL, ZDA) je Jure Zupan objavil vabljeni pregledni članek v Rev. mod. phys., ki motivira izgradnjo nove tovarne okusa. V njem so pregledali modele nove fizike in njihove morebitne signale na supertovarni okusa, ki je v izgradnji na Japonskem v laboratoriju KEK, in morebiti tudi v laboratoriju Frascati v Italiji.

S sodelavci v CERNu (A. Weiler) in na Weizman institut (G. Perez in S. Lee) je Jure Zupan tudi raziskoval kako je mogoče efektivno razločiti hitre top kvarke na LHC od ozadja. Pri delu smo razvili nova analitična orodja v programu za simbolno in numerično računanje Mathematica, uporabili pa smo tudi obstoječa monte carlo orodja ALPgen, Pythia in Madgraph. Delo je še v teku, rezultati pa še niso konkluzivni. S sodelavci T. Volansky, J. Ruderman (oba Princeton, ZDA) in A. Falkowski (Rutgers, ZDA) je Jure Zupan raziskoval ali je mogoče, da ima higgsov bozon nižjo maso kot je ugotovljena meja v standardnem modelu. Razvili so monte carlo orodja, kjer je mogoče obravnavati razpade

higgsovega bozona v več leptonov ter nato njihovo analizo s pomočjo privatnega paketa za Mathematico, ki smo ga poimenovali Slowjet. Jure Zupan in Svjetlana Fajfer sta sodelovala tudi pri pisanju velikega preglednega članka z Phys. Rep. o okusni fiziki v kvarkovskem sektorju in pri pisanju pregleda fizike na super B tovarni.

S sodelavcema J. Kopp in T. Schwetz (Heidleberg) je Jure Zupan opravil globalno analizo iskanj temne snovi. V analizi smo vzeli vse operatorje, ki niso potisnjeni v nerelativistični limiti in pokazali, da ni mogoče pojasniti rezultata DAMA kolaboracije. Rezultat je bil precej odmeven in ima do sedaj 90 citatov (objava v JCAP). Jure Zupan je s sodelavci v letu 2010 tudi objavil dva članka v Phys. Rev. Lett. S sodelavci A. Falkowski (Rutgers), J. Ruderman in T. Volansky (Princeton) je predstavil način kako je mogoče odkriti skrite razpade higgsovega bozona v leptonske curke ter tudi pokazal, da so v realističnih supersimetričnih teorijah meje na maso higgsovega bozona precej nižje, kot drugače. Analiza je že v uporabi v kolaboraciji ATLAS. S sodelavci Z. Ligeti, M. Papucci (Berkeley) in G. Perez (Weizmann) je opisal implikacije dimionske CP asimetrije kot signal nove fizike v mešanju B mezonov. Anomalijo lahko pojasnimo že v okviru minimalne kršitve okusa, kar je zelo zanimivo fenomenološko, saj lahko na ta način konsistentno prepovemo kršitve nizkoenergijskih mej. J. Zupan je tudi s sodelavcem D. Pirjolom in M. Gronauom razvil dve seštevni pravili za višje resonance v dvodelčnih razpadih B mezonov z neničelno čudnostjo. Svjetlana Fajfer je s sodelavci (J. Drobnak, J. Kamenik) opravila analizo FCNC razpadov top kvarkov v okviru efektivne teorije polja in izračunali mešanje operatorjev zaradi renormalizacijske grupe. Rezultati so bili objavljeni v Phys. Rev. Lett. ter v daljšem članku s podrobnostmi v Phys. Rev. D. Prav tako so opravili modelsko neodvisno analizo nabitih tokov v okviru efektivne teorije polja. V dveh člankih je S. Fajfer s sodelavci (I. Dorsner, J. Kamenik, N. Kosnik) pokazala, kako je mogoče v GUT teoriji pojasniti anomalno asimetrijo naprej-nazaj v produkciji top in antitop kvarkov. Delo je bilo zelo dobro sprejeto in je od objave bilo citirano 128-krat.

S. Prelovšek je s sodelavci (T. Draper, C. Lang, M. Limmer, K. Liu, N. Mathur, D. Mohler) raziskovala ali obstajajo vezana stanja tetrakvarkov. Uporabila je neperturbativne metode kromodinamike na mreži. Preliminarni rezultati kažejo na obstoj tetrakvark vezanega stanja, mogoče tudi na dejstvo, da je sigma mezon tetrakvark. Rezultati so bili objavljeni v seriji 4 člankov. S. Prelovšek je tudi skupaj s sodelavci (S. Groote, J. Korner, B. Melic) detajlno raziskala polarizacijo top kvarka nad pragom za produkcijo na linearnem trkalniku elektronov in pozitronov. Polarizacijo top kvarka so izračunali do prvega potisnjenega reda v QCD ekspanziji. Raziskovali so tudi longitudinalne spin-spin korelacije me spini parov top-antitop.

S sodelavci B. Grinstein, A. L. Kagan, in M. Trott je Jure Zupan predlagal rešitev za anomalno meritev v top-antitop produkciji na Tevatronu z uporabo okusnih simetrij. Delo je objavljeno v Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 012002 in je bilo v letu 2011 citirano 51-krat. V nadaljevanju raziskav je Jure Zupan s sodelavci pojasnil signale okusno simetričnih sektorjev nove fizike na trkalnikih. Delo je bilo objavljeno v JHEP 1110 (2011) 072. Z Jernejem Kamenikom je Jure Zupan pokazal, da bi lahko največji signal za produkcijo temne snovi na trkalnikih prišel iz signala enega top kvarka in manjkajoče energije. Delo je objavljeno v Phys.Rev. D84 (2011) 111502, prav tako pa je kolaboracija CDF že opravila prve meritve temelječ na naših predpostavkah. Z J. Kamenikom in J. Shu je Jure Zupan napisal vabljeni revijalni članek o efektih nove fizike v produkciji top-antitop parov. Delo je poslano v objavo v The European Physical Journal C. S sodelavcem T. Schwetz je Jure Zupan pojasnil, da je nemogoče pojasniti rezultate CoGeNT kolaboracije kot signal temne snovi. Delo je objavljeno v JCAP 1108 (2011) 008. S sodelavcema J. Kopp in T. Schwetz je Jure Zupan pokazal, da obstajajo isospinsko nesimetrične in neelastične teorije temne snovi, ki lahko pojasnijo rezultate kolaboracije CRESST-II in

preostalih eksperimentov, ki iščejo signale temne snovi. Delo je objavljeno v JCAP 1203 (2012) 001. S sodelavci J. Brod, A. Kagan je Jure Zupan pokazal, da je mogoče pojasniti veliko izmerjeno razliko direktnih CP asimetrij v čarobnem sektorju v okviru standardnega modela. Delo je poslano v objavo in je na voljo kot preprint pod številko 1111.5000. S sodelavcema J. Herrero-Garcia, T. Schwetz je Jure Zupan izpeljal meje na letno modulacijo signala temne snovi, ki izhaja iz tega, da ima problem ekspanzijski parameter - hitrost vrtenja Zemlje okoli sonca. Delo je objavljeno v JCAP 1203 (2012) 005. Iračunali smo NNLO korekcije (J. Zupan skupaj s sodelavci I-W. Kim, C. Kim, S.J. Lee) za produkcijo temne snovi na trkalnikih (delo še ni poslano v objavo).

Svjetlana Fajfer je s sodelavci (J. Drobnak, J. F. Kamenik) pokazala kako lahko rezultati iz B_d mešanja omejijo anomalne razpade top kvarka. Delo je objavljeno v Phys.Lett. B701 (2011) 234. V nadaljevanju raziskav so isti sodelavci izpeljali tudi meje iz redkih razpadov B mezonov. Delo je bilo objavljeno v Nucl.Phys. B855 (2012) 82-99. V sodelovanju z I. Dorsner, J. Drobnak, J. F. Kamenik, N. Kosnik je S. Fajfer izpeljala meje na skalarne leptokvarke, njihove interakcije in posledice za teorije velikega poenotenja. Delo je objavljeno v JHEP 1111 (2011) 002.

S. Prelovšek je skupaj s sodelavci (C. B. Lang, D. Mohler, M. Vidmar) opravila analizo sklopljenih razpadnih kanalov ro mezona na mreži. Delo je objavljeno v Phys.Rev. D84 (2011) 054503. Isti sodelavci so tudi izračunali razpade ro in a1 mezonov na mreži z novo metodo distilacije. Delo je bilo objavljeno v PoS LATTICE2011 (2011) 137. Skupaj s študentom L. Leskovcem je S. Prelovšek tudi izračunala fazne premike pri sipanju dveh delcev različnih mas. Skupaj z C. B. Lang, D. Mohler je S. Prelovšek tudi napisala uvod v fazne premike in lasnosti resonanc na mreži.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Zastavljeni raziskovalni cilji so bili doseženi in preseženi. Poleg predlaganih ciljev raziskav smo predstavili nove signale okusno simetričnih sektorjev na trkalnikih (Cilj C), in presegli načrte s tem, da smo razširili analizo na produkcijo top-antitop para. Predstavili smo signale okusno zlomljene produkcije temne snovi na LHC ter izračunali NNLO korekcije za produkcijo temne snovi (cilj A). Poleg tega smo opravili še dodatne analize razpadov top kvarkov v okviru EFT (cilj B). Poleg tega smo izračunali še direktno CP kršitev v razpadih čarobnih mezonov, izpeljali meje na letno modulacijo signala nove fizike ter izračune razpadov resonanc na mreži, kar daleč presega originalne načrte projekta.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Cilj A smo preusmerili v izračun produkcije temne snovi do NNLO reda. Orodja za realizacijo so podobna kot pri izračunu resumacije pT odvisnosti produkcije higgsovega bozona, le da gre tu za produkcijo para QCD nevtralnih objektov. Razlog je, da je bila resumacija opravljena s strani dveh skupin, izračun produkcije temne snovi do vsaj NLO reda pa ima lahko pomembne posledice za meritev mase temne snovi.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	22999335	Vir: COBISS.SI
	Naslov	Splošna minimalna kršitev okusa	
		General minimal flavor violation	

	Opis	SLO	Vpeljali smo posplošitev pojma minimalne kršitve okusa, ki je pomemben za razumevanje zakaj ni opaziti velikih kršitev v preciznih meritvah kršitev okusa.
		ANG	We introduced the generalization of the minimal flavor violation, that is important for understanding the lack of signals of new physics in the low energy precision measurements.
	Objavljeno v	American Physical Society; Physical review; 2009; Vol. 80, no. 7; str. 076002-1-076002-5; Impact Factor: 4.922;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.158; A': 1; WoS: BU, UP; Avtorji / Authors: Kagan Alexander L., Perez Gilad, Volansky Tomer, Zupan Jure	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	23092519	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nezgrešljiv odtis nove fizike na masni lupini v LHC
		ANG	Smoking guns for on-shell new physics at the LHC
	Opis	SLO	Modelsko neodvisno smo povezali signale produkcije in razpada Higgsovega bozona na Tevatronu in na LHC. Relacije so veljavne v primeru težke nove fizike in bi bile kršene v primeru lahke nove fizike.
		ANG	We relate model indepentently the signals of Higgs production and decay at Tevatron with the LHC results. The relations are valid in the case of heavy new physics but would be violated for light new physics.
	Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2009; Vol. 103, no. 15; str. 151801-1-151801-4; Impact Factor: 7.328;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.572; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Arnesen Christian, Rothstein Ira Z., Zupan Jure	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	24286759	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odkriti Higgsov bozon v razpadih v leptonske curke v hadronskih trkalnikih
		ANG	Discovering Higgs boson decays to lepton jets at hadron colliders
	Opis	SLO	Razvili smo metodo, ki omogoča odkritje razpadov Higgsovega bozona v leptonske curke na LHC. To omogoča povsem nov vpogled v morebitni temni sektor.
		ANG	We developed a method that allows a discovery of Higgs decays to lepton jets at the LHC. This offers an unprecedented potential probe of dark sector.
	Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2010; Vol. 105, no. 24; str. 241801-1-241801-4; Impact Factor: 7.621;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A'': 1;A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Falkowski Adam, Ruderman Joshua T., Volansky Tomer, Zupan Jure	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	24286503	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Implikacije dimionske CP asimetrije v Bd,s razpadih
		ANG	Implications of the dimuon CP asymmetry in B[sub](d,s) decays
	Opis	SLO	SLO Razdelali smo pomen dimionske anomalije za mešanje Bs,d mezonov in vpliv nove fizike.
		ANG	We have detailed the implications of the dimuon anomaly measurement for the Bs,d mixing and new physics effects.

	Objavljeno v		American Physical Society.; Physical review letters; 2010; Vol. 105, no. 13; str. 131601-1-131601-4; Impact Factor: 7.621; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Ligeti Zoltan, Papucci Michele, Perez Gilad, Zupan Jure	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID		24951847	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Asimerija naprej nazaj v produkciji ttprečno in okusne simetrije	
		ANG	Forward-backward asymmetry in tt[^{sup}]- production from flavor symmetries	
	Opis	SLO	Meritev asimetrije naprej nazaj je mogoče pojasniti s prispevki nove fizike, ki so okusno simetrični in nimajo problemov z okus menjajočimi nevtralnimi tokovi.	
		ANG	The forward backward asymmetry measurement can be explained using new physics contributions that are flavor symmetric and have no problems with flavor changing neutral currents.	
	Objavljeno v		American Physical Society.; Physical review letters; 2011; Vol. 107, no. 1; str. 012002-1-012002-4; Impact Factor: 7.370; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.404; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Grinstein Benjamin, Kagan Alexander L., Trott Michale, Zupan Jure	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

Družbeno-ekonomski dosežek				
1.	COBISS ID		23246631	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nova fizika na supertovarni okusa	
		ANG	New physics at a super flavor factory	
	Opis	SLO	V tem poročilu smo opisali potencial za odkritje nove fizike na supertovarni okusa. Tako teoretične kot eksperimentalna plat je obdelana.	
		ANG	In this invited review we describe the potential for discovering new physics at the super flavor factory. Both theoretical and experimental considerations are included.	
	Šifra		F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Objavljeno v		American Physical Society; Reviews of modern physics; 2009; Vol. 81, no. 4; str. 1887-1941; Impact Factor: 33.145; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.572; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Browder Thomas E., Gershon Tim, Pirjol Dan, Soni Amarjit, Zupan Jure	
	Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1.Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Delo opravljeno v okviru projekta je izboljšalo znanost na treh podpodročjih raziskav, fizike okusa, iskanj nove fizike in LHC fenomenologije ter v iskanju temne snovi. V vseh treh področjih so opravljene raziskave v svetovnem znanstvenem vrhu in so izboljšale znanstveno vedenje na teh treh področjih. Na primer, vpeljali smo spločni opis minimalne kršitve okusa. To delo predstavlja pomemben korak naprej v razumevanju izvora okusa in bo omogočilo, vsaj v principu, eksperimentalno razločevanje med okusom generiranim na visokih in nizkih skalah. Doprinesli smo tudi k iskanju nove fizike z vpeljavo modelsko neodvisnih diskriminatorjev v produkciji higgsovega bozona na LHC, ki lahko razločijo med lahкими in težkimi prostostnimi stopnjami brez podrobnega razumevanja novega sektorja. Naredili smo tudi serijo prispevkov k fenomenologiji iskanj temne snovi.

ANG

The work done in the project has advanced the science in three subareas of research, the flavor physics, dark matter searches and LHC phenomenology. In all three areas the research done is at the world scientific frontier and has improved the global knowledge of the three subjects. For instance, we have introduced the general description of minimal flavor violations. This work represents an important step forward in understanding the origin of flavor as it will allow at least in principle to experimentally distinguish between flavor generated at high and low scales. We have also contributed to the quest for new physics by introducing model independent discriminators in higgs production at the LHC that can distinguish between light and heavy degrees of freedom without the detailed knowledge of the new sector. We have also made a series of contributions to the phenomenology of dark matter searches.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Opravljene raziskave so v svetovnem vrhu raziskav LHC fizike in fizike temne snovi. Od tu so jasne koristi za znanstvene kolege, študente, pa tudi za širšo javnost v Sloveniji. Na primer, kot del projekta smo pripeljali v Slovenijo serijo odličnih raziskovalcev, da so imeli tedenske seminarje na Institutu Jožef Stefan in na Oddelku za fiziko Univerze v Ljubljani. Opravljene raziskave in spremljajoče aktivnosti ohranjajo Slovenijo v koraku s teoretičnimi dognanji, ki že in še bodo sledila iz največjega eksperimentalnega prizadevanja človeštva - velikega hadronskega trkalnika v CERN, Ženeva, Švica.

ANG

The research done is at the world frontier of the research in LHC physics and dark matter physics. From this there are obvious benefits to the scientific colleagues, students and the general public in Slovenia. For instance, as part of the project we have brought a series of prominent researchers to Slovenia to give weekly seminars at Josef Stefan Institute and Department of Physics of University of Ljubljana. The research performed and the accompanying activities keep Slovenia in stride with the theoretical developments that are and will follow from the largest experimental effort of the mankind - the Large Hadron Collider at CERN, Geneva, Switzerland.

11.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

--

12.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

--

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	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				

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³**14.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Pojasnili smo kateri modeli nove fizike lahko razložijo anomalno veliko vrednost razmejitvenih razmerij za razpade B mezonov v čarobne mezone, tau leptone in antinevtrino. Delo je objavljeno v Phys. rev. lett., 2012, vol. 109, issue 16, str. 161801-1-161801-5, doi: 10.1103/PhysRevLett.109.161801. [COBISS.SI-ID 26186535].

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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, Fakulteta za
matematiko in fiziko

Jure Zupan

ŽIG

Kraj in datum:

Tsukuba	13.3.2013
---------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/261

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ 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](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ 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](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² 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](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (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/2013 v1.00

2B-C1-C0-C5-5E-4A-6C-B3-75-D1-9F-32-F6-65-D9-13-F4-FF-BE-B3