

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2014/96



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

|  |  |
|--|--|
| <b>Šifra projekta</b>                          | Z1-4013  |
| <b>Naslov projekta</b>                         | Sinergije med preciznimi meritvami in odkritji na Velikem hadronskem trkalniku |
| <b>Vodja projekta</b>                          | 24264 Jernej Fesl Kamenik  |
| <b>Tip projekta</b>                            | Z Podoktorski projekt  |
| <b>Obseg raziskovalnih ur</b>                  | 3400   |
| <b>Cenovni razred</b>                          | A  |
| <b>Trajanje projekta</b>                       | 07.2011 - 06.2013  |
| <b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>       | 106 Institut "Jožef Stefan"  |
| <b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b> |  |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>  | 1 NARAVOSLOVJE<br>1.02 Fizika<br>1.02.02 Teoretična fizika                     |
| <b>Družbeno-ekonomski cilj</b>                 | 13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)           |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>   | 1 Naravoslovne vede<br>1.03 Fizika   |

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>1</sup>

SLO

V zaključenem projektu smo se osredotočili na prepletenost med produkcijo in meritvami novih delcev v visokoenergijskih hadronskih trkalnikih, ter na drugi strani z meritvami elektrošibkih opazljivk ter kršitev okusov kvarkov in leptonov ter CP pri nizkih energijah. Pri tem smo se osredotočali na vprašanja:

- V kakšnih primerih in pod kakšnimi predpostavkami lahko z učinkovito teorijo dobro opišemo različne modele tvorbe kvarkovskih in leptonskih okusov ter temne snovi v zgodnjem vesolju, ter hkrati zadostimo mejam iz meritev elektrošibkih opazljivk ter kršitev okusa in CP pri nižjih

energijah?

- Kako lahko s preciznimi meritvami kršitev okusov ter elektrošibkih opazljivk v takšnih primerih omejimo oz. napovemo procese novih delcev, v kolikor bi bili ti odkriti pri visokih energijah?

- Ter obratno, kateri merski kanali v visokoenergijskih trkalnikih so najprimernejši za odkritja novih pojavov in delcev, če vzamemo v obzir stroge meje, ki prihajajo s strani preciznih meritev pri nizkih energijah?

Obravnavali smo nekatere generične scenarije, ki so v približku, ki velja pri energijah LHC, skupni mnogim modelom nove fizike, hkrati pa na izviren način omogočajo prepleteno analizo vseh njihovih najbolj relevantnih aspektov tako pri nizkih energijah kot tudi na visokoenergijskih trkalnikih.

Raziskali smo prepletanje med obema aspektoma efektivnih teorij na različnih primerih modelov kvarkovskih in leptonskih okusov ter temne snovi. Pogledali smo tudi kako različne meritve kršitev okusov pri nizkih energijah omejujejo potencialna odkritja novih delcev v visokoenergijskih trkalnikih.

ANG

In the completed project, we focused on the interplay between the production and measurement of new particles at high energy hadron colliders on one hand, and the measurements of electroweak observables, quark, lepton flavour and CP violation at lower energies. We have focused on the following questions:

- In which cases and under what assumptions can we use an effective theory description of the various models of visible and dark cosmological matter generation while at the same time account for the bounds coming from the electroweak observables, flavour and CP violation at lower energies?

- How can we, in such scenarios, use precision measurements to constrain or predict processes of new particles, if they are discovered at higher energies?

- Conversely, which detection channels at high energy particle colliders are the most promising for discovery of new phenomena or particles given the stringent limits coming from existing precision measurements at lower energies?

We have considered several generic scenarios, which are, in the approximation valid at LHC energies, common to many explicit models of new physics, while at the same time allowing for a more complete study of the relevant aspects both at low energies as well as at high-energy colliders.

We have explored the possible interplay between both aspects for the various possible models of flavor and dark matter generation. In addition we have considered how precision measurements at low energies constrain the discoveries of new particles at high-energy colliders.

### 3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>2</sup>

V okviru zaključenega projekta smo raziskali nedavne zanimive eksperimentalne rezultate v zvezi s kršitvijo CP v sistemih mezonov  $B_d$  in  $B_s$ , ki so že spodbudili številne študije fizike izven standardnega modela. V (J. Drobna et al., Phys.Lett. B701 (2011) 234-239) smo raziskali vlogo anomalnih interakcij kvarka  $t$  kot izvor novih efektov v mešanju mezonov  $B_s$  in  $B_d$  znotraj modelsko neodvisnega pristopa, ki temelji na predpostavkah minimalne kršitve okusov. Na podlagi izračuna prispevkov relevantnih operatorjev k efektivnemu Lagrangianu, ki opisuje mešanje mezonov  $B_s$  in  $B_d$  smo izluščili meje na anomalne interakcije kvarka  $t$  z spodnjimi kvarki in bozonom  $W$  na skali šibkih interakcij. Te vrednosti smo primerjali z omejitvami iz redkega razpada mezona  $B$  v lahke mezone in foton. Nazadnje smo obravnavali efekte omenjenih anomalnih interakcij kvarka  $t$  na njegove razpade in ugotovili, da lahko deleži različnih polarizacij bozona  $W$  v teh procesih odstopajo od napovedi standardnega modela (SM) do 30% in so v dosegu predvidene natančnosti meritev na LHC.

Vrednosti, ki smo jih dobili iz meritev mešanja mezonov  $B_d$  in  $B_s$  smo nato v (J. Drobna et al., Nucl.Phys. B855 (2012) 82-99) primerjali z drugimi omejitvami, ki prihajajo iz redkih razpadov mezonov  $B$ , kot tudi možnimi drugimi efekti na elektrošibke opazljivke h katerim

anomalne interakcije kvarka  $t$  lahko prispevajo na eni zanki. Končno smo v (J. Drobnak et al., Phys.Rev. D82 (2010) 114008) ponovno preučili povezane učinke v razpadih kvarka  $t$  v kvark  $b$  in bozon  $W$  in analizirali za koliko se lahko deleži polarizacij bozona  $W$  razlikujejo od napovedi standardnega modela, še posebej, če lahko dosežejo raven predvidene natančnosti meritev na LHC.

Nazadnje smo s sodelavcema (Michele Papucci iz Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley in Andreas Weiler iz DESY) v (Phys.Rev. D85 (2012) 071501) raziskali prisotnost podstrukture kvarka  $top$  v elektromagnetnih, šibkih in močnih interakcijah. Rezultati teh raziskav so bili skupaj v znanstveni literaturi citirani že več kot 80 krat (vir: inSPIRE-HEP na dan 1. 4. 2014).

Obravnavali smo tudi tvorbo parov kvarkov  $t$  in anti- $t$  na hadronskih trkalnikih. S sodelavcem Ginom Isidorijem iz INFN v Italiji sva v (Phys.Lett. B700 (2011) 145-149) preučila produkcijo parov kvarkov  $t$  na hadronskih trkalnikih, in sicer nekohrentne prispevke v obliki produkcije parov kvarkov  $t$  skupaj z nevidnimi delci. V ta namen sva predlagala enostavno razširitev SM z le dvema lahkima delcema: skalarnim partnerjem kvarka  $t$  (stop) z maso nad maso kvarka  $t$ , ter lahkim nevtralnim fermionom z maso nekaj GeV. Z delci SM sva ju sklopila preko Yukawinih interakcij. Pokazala sva, da lahko tak model povzroči znatno povečanje asimetrije naprej-nazaj v produkciji parov kvarkov  $t$  in anti- $t$  na Tevatronu preko dodatnih prispevkov iz razpadov delcev stop in anti-stop. Model zadošča obstoječim omejitvam iz iskanj nove fizike pri nizkih in visokih energijah ter napoveduje prispevke h kozmološki temni snovi.

V sodelovanju z A. Kaganom iz Univerze v Cincinnatiju, G. Perezom iz instituta Weizmann v Izraelu ter S. Stoneom iz Universe Saracuse v ZDA smo v (A. L. Kagan et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 082003) smo predlagali meritve kvarkov  $t$  na eksperimentu LHCb in pokazali, kako bi le-ta lahko opazil produkcijo parov kvarkov  $t$  in anti- $t$ . Ker LHCb pokriva prostorske kote, ki niso dostopni drugim eksperimentom na LHC ima edinstveno senzitivnost na prispevke nove fizike k produkciji kvarka  $t$ . Nadalje smo pokazali, da bi lahko LHCb izmeril asimetrijo med produkcijo kvarkov  $t$  in anti- $t$  in tako posredno preveril anomalno asimetrijo naprej-nazaj pri prostorskih kotih "naprej" - kot jo nakazujejo meritve eksperimenta CDF na Tevatronu.

Na podlagi rezultatov te raziskave je kolaboracija LHCb že sprožila program meritev produkcije kvarkov  $top$  v njihovem eksperimentu.

Druga potencialno uporabna možnost, ki smo jo raziskali v sodelovanju z B. Melić iz instituta Ruđer Bošković iz Zagreba v (S. Fajfer et al., JHEP 1208 (2012) 114), je merjenje korelacij med spini kvarkov  $t$  in anti- $t$  v produkciji na LHC. Ker novi učinki na tvorbo parov kvarkov  $t$ , ki lahko pojasnijo veliko izmerjeno asimetrijo naprej-nazaj na Tevatronu nujno vključujejo nove kiralne strukture, ki se razlikujejo od vektorske kvantne kromodinamike, morajo imeti za posledico različne korelacije spinov v tvorbi kvarkov  $t$  in anti- $t$  na LHC. Analizirali smo take učinke v modelsko neodvisnem pristopu z uporabo metod efektivnih teorij, opredelili ustrezne višje dimenzionalne operatorje v tvorbi ter razpadu kvarkov  $t$ , kot tudi prispevke zaradi izmenjave novih lahkih prostostnih stopenj v tvorbi parov kvarkov  $t$ .

Dodatno smo v (I. Dorsner et al., JHEP 1111 (2011) 002) ponovno preučili skalarno stanje, ki je nabito pod močno in EM interakcijo z nabojem  $4/3$ , in ki je eden izmed možnih kandidatov za razlago nepričakovano velike asimetrije naprej-nazaj v produkciji parov kvarkov  $t$  in anti- $t$ , izmerjene na eksperimentih CDF in D0 na Tevatronu. Raziskali smo njegovo vlogo v procesih, ki potekajo preko nevtralnih tokov, ki spreminjajo okus, ter drugih natančno merjenih opazljivkah spodnjih kvarkov ter nabitih leptonov. Naša analiza je vključevala procese mezonov  $K$  in  $B$ , ki potekajo na drevesnem redu ter tudi na redu ene zanke, pa tudi lastnosti in redke razpade nabitih leptonov ter parcialno razpadno širino bozona  $Z$  v par kvarkov  $b$  in anti- $b$ . Iz globalnega fita relevantnih sklopitev izhaja, da takšno stanje lahko razloži anomalijo velikega anomalnega magnetnega momenta miona. Po drugi strani, pa ne more znatno prispevati k anomalno velikim kršitvam simetrije CP v mešanju mezonov  $B_s$ . Rezultate smo interpretirali v okviru teorij velikega poenotenja, ki dopuščajo prisotnost takšnega skalarnega stanja pri energijah pod 1TeV. Pokazali smo, da renormalizabilni model SU(5) ni kompatibilen z našim fitom, medtem ko v modelu SO(10) le-ta zahteva prisotnost tako 126- kot tudi 120-dimenzionalnih skalarnih reprezentacij.

S sodelavcema Juretom Zupanom (Cincinnati University) in Juretom Drobnakom smo v (Phys.Rev. D86 (2012) 054022) izpostavili vpliv kvarkovskih okusov na anomalne kotne in nabojne asimetrije v produkciji kvarkov  $top$  in anti- $top$  na Tevatronu in LHC.

Nato smo skupaj še z Alexandrom Kaganom (Cincinnati University) ter Giladom Perezom v (Phys.Rev. D86 (2012) 094040) izpostavili nov mehanizem tvorbe nabojne asimetrije v produkciji kvarkov  $top$  in anti- $top$  na LHC v nekaterih modelih nove fizike.

Rezultati teh raziskav so bili skupaj v znanstveni literaturi citirani že več kot 120 krat (vir: inSPIRE-HEP na dan 1. 4. 2014). Na podlagi teh rezultatov sem s sodelavci objavil tudi vabljene pregledni članek o prispevkih nove fizike v produkciji kvarkov  $t$  v hadronskih trkalnikih (J. F. Kamenik et al., Eur.Phys.J. C72 (2012) 2102).

Raziskali smo tudi vlogo težkih okusov v procesih za odkrivanje temne snovi v modelih z minimalno kršitvijo okusov ter z razširjenim Higgsovim sektorjem. V takih scenarijih so lahko namreč največje sklopitve temne snovi z delci standardnega modela prav Yukawa sklopitve kvarkov  $t$  in  $b$ , ki vodijo v jasne signale tako v redkih procesih kršitve kvarkovskih okusov kot na visokoenergijskih trkalnikih.

V (J. F. Kamenik and J. Zupan, Phys.Rev. D84 (2011) 111502) smo preučili možnost omejitev interakcij temne snovi s kvarki standardnega modela na podlagi meritev tvorbe posameznih kvarkov  $t$ , skupaj z veliko prečno manjkačo energijo na LHC. Ugotovili smo ustrezne efektivne operatorje, ki sklapljajo delce temne snovi s kvarki  $t$ . Potem smo opredelili, katere od možnih interakcij temne snovi je mogoče omejevati na ta način in primerjali predvidene meje z obstoječimi iskanji na trkalnikih, neposrednimi meritvami pri nizkih energijah, pa tudi astrofizikalnimi in kozmološkimi omejitvami. Deloma na podlagi teh rezultatov je kolaboracija CDF na Tevatronu v ZDA že izvedla prvo iskanje takšne produkcije temne snovi in kvarkov  $t$  (T. Aaltonen et al., Phys.Rev.Lett. 108 (2012) 201802).

V sodelovanju s C. Smith iz CNRS v Franciji (J. F. Kamenik and C. Smith, JHEP 1203 (2012) 090) smo preučili občutljivost sedanjih in prihodnjih super tovarn okusov na redke razpade kaonov in zlasti mezonov  $B$  v lahke nevidne delce ter lahke hadrone. Razčlenili smo najbolj splošen opis teh procesov v obliki višje dimenzionalnih operatorjev, ki sklapljajo posamične ali pare nevidnih delcev z kvarki standardnega modela. Upoštevali smo skalarna, fermionska kot tudi vektorska nova nevidna stanja in efektivne operaterje vse do kanonične dimenzije osem. Izpeljati smo natančne izračune ustreznih kinematičnih porazdelitev s pomočjo metod kiralnih Lagrangevih gostot kot tudi razpoložljivih natančnih rezultatov kromodinamike na mreži za ustrezne hadronske količine. Spet smo primerjali sedanjo in predvideno občutljivost teh meritev ter druge obstoječe omejitve nevidnih delcev v izbranem efektivnem okviru. Planirani obseg teh raziskav smo nato v (J. F. Kamenik and C. Smith, Phys.Rev. D85 (2012) 093017) razširili še na fenomenologijo nedavno odkritega Higgsovega bozona. Sistematično smo analizirali vpliv novih lahkih delcev s spinom  $0$ ,  $1/2$ ,  $1$  ali  $3/2$  na izredno majhno razpadno širino lahkega Higgsovega bozona. V obravnavo smo vključili vse možne efektivne interakcije, tako renormalizabilne kot ne, in preučili njihov vpliv na možne razpadne kanale Higgsovega bozona z manjkajočo energijo. V mnogih primerih, že sama zahteva, da takšni kanali ne dominirajo celotne razpadne širine dovolj za postavitve izredno ostrih mej na mase in sklopitve novih lahkih delcev. Rezultati teh raziskav so bili skupaj v znanstveni literaturi citirani že več kot 60 krat (vir: inSpire-HEP na dan 1. 4. 2014).

Obseg prvotno predvidenih raziskav smo še dodatno razširili v naslednje smeri:

S sodelavci (Gino Isidori iz Laboratori Nazionali di Frascati, INFN, Zoltan Ligeti iz Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley in Gilad Perez iz Weizmann Institute of Science) smo v (Phys.Lett. B711 (2012) 46-51) proučili implikacije nedavno izmerjene kršitve CP v razpadih čarobnih mezonov, tako znotraj standardnega modela kot tudi njegovih razširitev.

Nato smo s sodelavci (Oram Gedalia iz Weizmann Institute of Science, Zoltan Ligeti in Gilad Perez) v (Phys.Lett. B714 (2012) 55-61) pokazali univerzalnost kršitve simetrije CP v procesih, ki potekajo preko nevtralnih šibkih tokov in kjer se kvarkovski okusi spreminjajo za eno enoto. Z Ginom Isidorijem sva v (Phys.Rev.Lett. 109 (2012) 171801) proučila tudi učinke kršitve simetrije CP na radiacijske razpade čarobnih mezonov.

Nazadnje smo s sodelavci Cedricom Delaunayem (CERN), Giladom Perezom in Liso Randall (Harvard Univ.) v (JHEP 1301 (2013) 027) obravnavali kršitev CP v razpadih čarobnih mezonov v okviru modelov RS, ki lahko razložijo opažene hirarhije v spektru kvarkov s pomočjo ukrivljenih dodatnih dimenzij.

Rezultati teh raziskav so bili skupaj v znanstveni literaturi citirani že več kot 160 krat (vir: inSpire-HEP na dan 1. 4. 2014).

S sodelavcema Svjetlano Fajfer in Ivanom Nišandžićem (doktorski študent na FMF Univerze v Ljubljani) smo v (Phys.Rev. D85 (2012) 094025) izpostavili senzitivnost razpadov mezona  $B$  v mezon  $D^*$ , tau lepton in njegov anti-nevtrino na novo fiziko v obliki nabitih šibkih tokov.

Nato smo skupaj še z Juretom Zupanom v (Phys.Rev.Lett. 109 (2012) 161801) analizirali implikacije nedavno izmerjene kršitve univerzalnosti leptonskih okusov v semileptonskih razpadih mezonov  $B$  ob prisotnosti prispevkov nove fizike.

Rezultati teh raziskav so bili skupaj v znanstveni literaturi citirani že več kot 110 krat (vir: inSpire-HEP na dan 1. 4. 2014).

#### 4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

Predvideni program dela na raziskovalnem projektu smo uspešno realizirali. Obravnavali smo vse zastavljene ključne smeri raziskav in dosegli naslednje raziskovalne cilje:

- S pomočjo preciznih opazljivk v mešanju nevtralnih mezonov  $B_d$  in  $B_s$  smo omejili prisotnost anomalnih sklopitev kvarka  $t$  s spodnjimi kvarki in bozonom  $W$ . Pokazali smo, da takšne sklopitve lahko razložijo anomalno veliko kršitev simetrije  $CP$  v mešanju mezonov  $B_s$ .

- Ostre meje na šibke dipolne momente kvarka  $top$  pa smo izpeljali tudi iz redkih razpadov mezonov  $B$ .

- Pokazali, da obstoječe meje na električni dipolni moment nevtrona močno omejujejo možne prispevke kromo-električnega dipolnega momenta kvarka  $top$  h kršitvam simetrije  $CP$  na hadronskih trkalnikih. Hkrati smo pokazali, da meritve spektra produkcije parov kvarkov  $top$  in anti- $top$  trenutno že podajajo najboljše meje na kromo-magnetni dipolni moment kvarka  $top$ .

- Preučili smo produkcijo parov kvarkov  $t$  na hadronskih trkalnikih, in sicer nekohrentne prispevke v obliki produkcije parov kvarkov  $t$  skupaj z nevidnimi delci. Pokazali smo, da lahko takšni prispevki povzročijo znatno povečanje asimetrije naprej-nazaj v produkciji parov kvarkov  $t$  in anti- $t$  na Tevatronu.

- Predlagali smo meritve kvarkov  $t$  na eksperimentu LHCb in pokazali, kako bi le-ta lahko opazil produkcijo parov kvarkov  $t$  in anti- $t$ , kot tudi izmeril asimetrijo med produkcijo kvarkov  $t$  in anti- $t$  in tako posredno preveril anomalno asimetrijo naprej-nazaj pri prostorskih kotih "naprej" - kot jo nakazujejo meritve eksperimenta CDF na Tevatronu.

- Povezali smo pristop efektivnih teorij v produkciji parov  $top$  in anti- $top$  v hadronskih trkalnikih z izmenjavo novih resonanc ter poudarili nekatere razlike med obema pristopoma in pomankljivosti efektivnega opisa.

- Na konkretnem resonančnem modelu smo izpostavili mehanizem tvorbe nabojne asimetrije v produkciji kvarkov  $top$  in anti- $top$  na LHC, ki ga v pristopu efektivnih teorij ni moč predvideti.

- Pokazali smo, da bi bil lahko odkritje produkcije temne snovi v trkalnikih potekalo preko interakcij, ki kršijo okus in vodijo do novega signala v obliki posamičnega kvarka  $t$  skupaj z veliko nezaznane energije. Na podlagi naših predlogov je eksperiment CDF že izvedel prve analize takšnih signalov na Tevatronu.

- Znotraj pristopa efektivnih teorij smo omejili tudi modele temne snovi in interakcij. In sicer s pomočjo reinterpretacije meritev redkih razpadov mezonov  $B$ ,  $D$  in  $K$  ter tudi opažanj Higgsovega bozona na LHC.

Prvotno zastavljene raziskovalne cilje smo v tej zadnji točki celo presegli, saj smo raziskave razširili na še na fenomenologijo nedavno odkritega Higgsovega bozona. Dodatno smo v luči nove fizike proučili tudi nekatere nedavne neavadne meritve v procesih mezonov  $D$  in  $B$ , in sicer kršitve  $CP$  v razpadih čarobnih mezonov ter kršitve univerzalnosti leptonskih okusov v semileptonskih razpadih mezonov  $B$ .

## 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>4</sup>

Na programu raziskovalnega projekta ni bilo sprememb.

## 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

| Znanstveni dosežek |           |  |   |
|--------------------|-----------|--|---|
| 1.                 | COBISS ID | 24961319   | Vir: COBISS.SI  |
|                    | Naslov    | <i>SLO</i>   | Preizkušanje nove fizike kvarka $t$ na eksperimentu LHCb  |
|                    |           | <i>ANG</i>   | Probing new top physics at the LHCb experiment  |
|                    | Opis      | <i>SLO</i>   | Predlagali smo meritve kvarkov $t$ na eksperimentu LHCb in pokazali, kako bi le-ta lahko opazil produkcijo parov kvarkov $t$ in anti- $t$ , kot tudi izmeril asimetrijo med produkcijo kvarkov $t$ in anti- $t$ . |
|                    |           | We suggest that top physics can be studied at the LHCb experiment, and |   |

|    |              |          |  |
|----|--------------|----------|--|
|    |              | ANG      | that top production could be observed. Furthermore, we demonstrate that LHCb may be able to measure a $t$ - $\bar{t}$ production rate asymmetry.   |
|    | Objavljeno v |          | American Physical Society; Physical review letters; 2011; Vol. 107, no. 8; str. 082003-1-082003-4; Impact Factor: 7.370; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.404; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Kagan Alexander L., Kamenik Jernej, Perez Gilad, Stone Sheldon   |
|    | Tipologija   |          | 1.01 Izvirni znanstveni članek   |
| 2. | COBISS ID    | 25202215 | Vir: COBISS.SI   |
|    | Naslov       | SLO      | Anomalne interakcije $t$ $W$ $b$ v redkih razpadih mezonov $B$   |
|    |              | ANG      | Probing anomalous $t$ $W$ $b$ interactions with rare $B$ decays  |
|    | Opis         | SLO      | Raziskali smo prispevke anomalnih sklopitev $t$ - $W$ - $b$ k redkim razpadom $B \rightarrow X_s  ^+ ^-$ . V povezavi s prispevki k opazljivkam v procesih $B_{\{d,s\}} - \bar{B}_{\{d,s\}}$ , $B \rightarrow X_s \{\gamma\}$ smo določili posredne meje na realne in imaginarne dele anomalnih sklopitev $t$ - $W$ - $b$ .                                    |
|    |              | ANG      | We investigate contributions of anomalous $t$ - $W$ - $b$ couplings to the $B \rightarrow X_s  ^+ ^-$ decay mode, and combining them with the modifications of the $B_{\{d,s\}} - \bar{B}_{\{d,s\}}$ , $B \rightarrow X_s \{\gamma\}$ observables, we determine indirect bounds on the real and imaginary parts of the anomalous $t$ - $W$ - $b$ interactions. |
|    | Objavljeno v |          | North-Holland; Nuclear physics; 2011; Vol. 855, no. 1; str. 82-99; Impact Factor: 4.661; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.025; A': 1; WoS: UP; Avtorji / Authors: Drobnak Jure, Fajfer Svjetlana, Kamenik Jernej   |
|    | Tipologija   |          | 1.01 Izvirni znanstveni članek   |
| 3. | COBISS ID    | 26206759 | Vir: COBISS.SI   |
|    | Naslov       | SLO      | Kršitev simetrije CP v radiacijskih razpadih mezonov $D$   |
|    |              | ANG      | Shedding light on CP violation in the Charm system via DV decays   |
|    | Opis         | SLO      | Proučili smo učinke kršitve simetrije CP na radiacijske razpade čarobnih mezonov.  |
|    |              | ANG      | We show that within new physics models addressing the charm CP violation puzzle, sizeable direct CP asymmetries in radiative $D$ decays can be expected.   |
|    | Objavljeno v |          | American Physical Society; Physical review letters; 2012; Vol. 109, no. 17; str. 171801-1-171801-5; Impact Factor: 7.943; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.685; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Isidori Gino, Kamenik Jernej  |
|    | Tipologija   |          | 1.01 Izvirni znanstveni članek   |
| 4. | COBISS ID    | 26186535 | Vir: COBISS.SI   |
|    | Naslov       | SLO      | Implikacije kršitev leptonske univerzalnosti v šibkih razpadih mezonov $B$   |
|    |              | ANG      | Implications of lepton flavor universality violations in $B$ decays  |
|    | Opis         | SLO      | Analizirali smo implikacije nedavno izmerjene kršitve univerzalnosti leptonskih okusov v semileptonskih razpadih mezonov $B$ ob prisotnosti prispevkov nove fizike.  |
|    |              | ANG      | We examine new physics interpretations of recently observed lepton flavor universality violations in $B$ decays.   |
|    | Objavljeno v |          | American Physical Society; Physical review letters; 2012; Vol. 109, issue 16; str. 161801-1-161801-5; Impact Factor: 7.943; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.685; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Fajfer Svjetlana, Kamenik Jernej, Nišandžić Ivan, Zupan Jure  |

|    |              |   |   |
|----|--------------|---|---|
|    | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek  |   |
| 5. | COBISS ID    | 25738791  | Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | SLO   | Portali FCNC do temnega sektorja  |
|    |              | ANG   | FCNC portals to the dark sector   |
|    | Opis         | SLO   | Skonstruirali smo najbolj splošno bazo operatorjev, ki parametrizirajo odstopanja nabora delcev od napovedi standardnega modela pri nizkih energijah. To bazo smo nato uporabili za sistematično študijo senzitivnosti redkih razpadov mezonov K in B, ki potekajo preko nevtralnih tokov, ki spreminjajo okus, z manjkajočo energijo v končnem stanju. |
|    |              | ANG   | The most general basis of operators parametrizing a low-scale departure from the SM particle content is constructed. This basis is then used to systematically investigate the discovery potential of the rare FCNC decays of the K and B mesons with missing energy in the final state.  |
|    | Objavljeno v | Società italiana di fisica; The Journal of high energy physics; 2012; Vol. 2012, no. 3; str. 090-1-090-70; Impact Factor: 5.618; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.384; A': 1; WoS: UP; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej, Smith Christopher |   |
|    | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek  |   |

### 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

|    |                            |   |  |
|----|----------------------------|---|--|
|    | Družbeno-ekonomski dosežek |   |  |
| 1. | COBISS ID                  | 25831975  | Vir: COBISS.SI   |
|    | Naslov                     | SLO   | Implikacije čarobne kršitve simetrije CP na modele nove fizike pri elektrošibki skali  |
|    |                            | ANG   | Implications of Charming CP Violation for Weak Scale NP  |
|    | Opis                       | SLO   | Vabljen plenarno predavanje na mednarodni znanstveni konferenci Planck 2012.   |
|    |                            | ANG   | Invited plenary lecture at Planck 2012 conference  |
|    | Šifra                      | B.04 Vabljen predavanje                           |  |
|    | Objavljeno v               | 2012; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej           |  |
|    | Tipologija                 | 3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa |  |
| 2. | COBISS ID                  | 26969639  | Vir: COBISS.SI   |
|    | Naslov                     | SLO   | Meje iz fizike okusov na novo fiziko   |
|    |                            | ANG   | Flavor constraints on new physics  |
|    | Opis                       | SLO   | Vabljen plenarno predavanje na prestižni mednarodni znanstveni konferenci 26th International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies      |
|    |                            | ANG   | Invited plenary lecture at the prestigious international scientific conference 26th International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies |
|    | Šifra                      | B.04 Vabljen predavanje                           |  |
|    | Objavljeno v               | 2013; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej           |  |
|    | Tipologija                 | 3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa |  |
| 3. | COBISS ID                  | 26232615  | Vir: COBISS.SI   |
|    | Naslov                     | SLO   | Nova fizika v luči Higgsovega bozona   |
|    |                            | ANG   | Higgs probe to new physics   |

|    |              |            |  |
|----|--------------|------------|--|
|    | Opis         | <i>SLO</i> | Vabljeni predavanja na univerzi King's College v Londonu   |
|    |              | <i>ANG</i> | Invited lecture at King's College, London  |
|    | Šifra        |            | B.04 Vabljeni predavanja   |
|    | Objavljeno v |            | King's College; 2012; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej  |
|    | Tipologija   |            | 3.14 Predavanja na tuji univerzi   |
| 4. | COBISS ID    |            | 27161127   Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | <i>SLO</i> | Temna stran Higgsovega bozona  |
|    |              | <i>ANG</i> | Dark side of Higgs boson   |
|    | Opis         | <i>SLO</i> | Vabljeni predavanja v CERNu, Ženeva  |
|    |              | <i>ANG</i> | Invited lecture at CERN, Geneva  |
|    | Šifra        |            | B.04 Vabljeni predavanja   |
|    | Objavljeno v |            | CERN; 2013; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej  |
|    | Tipologija   |            | 3.14 Predavanja na tuji univerzi   |
| 5. | COBISS ID    |            | 26365479   Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | <i>SLO</i> | Univerzalnost kršitve CP v čarobnem sektorju   |
|    |              | <i>ANG</i> | Universality of CPV in Charm system  |
|    | Opis         | <i>SLO</i> | Vabljeni predavanja na mednarodni znanstveni konferenci Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste 2012.                            |
|    |              | <i>ANG</i> | Invited talk at Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste 2012 conference.   |
|    | Šifra        |            | B.04 Vabljeni predavanja   |
|    | Objavljeno v |            | Instituto Nazionale di Fisica Nucleare; Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste; 2012; 5 str.; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej |
|    | Tipologija   |            | 1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)   |

## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

Na podlagi naših predlogov za iskanje temne snovi na hadronskih trkalnikih s pomočjo produkcije posamičnega kvarka  $t$  skupaj z obilo nezaznane energije je eksperiment CDF že izvedel prve analize takšnih signalov na Tevatronu in rezultati so trenutno v procesu objave.

Na podlagi rezultatov naše raziskave o tvorbi kvarkov  $t$  v eksperimentu LHCb je kolaboracija LHCb že sprožila usmerjen eksperimentalni program omenjenih meritev.

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>2</sup>

*SLO*

Novi rezultati iz LHC (predvsem odkritje Higgsovega bozona) so temeljito poglobili naše razumevanje temeljnih zakonov fizike, ki opisujejo procese pri najvišjih eksperimentalno dosegljivih energijah. Hkrati kar nekaj nedavnih meritev redkih procesov v fiziki okusov, ki potekajo pri nizkih energijah, ni povsem v skladu z napovedmi standardnega modela osnovnih delcev in interakcij. Rezultati zaključenega projekta, ki je prepletal meritve obeh vrst eksperimentov na inovativen način, so posledično že naleteli na izredno velik odmev v znanstveni literaturi. Hkrati so rezultati zaključenega projekta že odprli nove smeri eksperimentalnih meritev tako na LHC kot v preciznih meritvah pri nizkih energijah. Oboje bo



dolgoročno doprineslo k razumevanju osnovne uganke kvarkovskih in leptonskih okusov.

ANG

The new results from the LHC (in particular the discovery of the Higgs boson) have fundamentally deepened our understanding of the basic laws of physics governing processes at the highest energies attainable in current experiments. At the same time, several recent measurements of rare processes in flavor physics, taking place at lower energies, are not in good agreement standard model predictions. The results of the the completed project, combining in a novel way the measurements in both types of experiments, has already received a relatively high impact in the scientific literature. At the same time, the obtained results opened new avenues of experimental measurements both at the LHC as well as in low energy precision experiments. Both achievements will in the long run contribute to our understanding of the fundamental puzzle of quark and lepton flavors.

## 9.2.Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Opravljene raziskave tvorijo pomemben most med študijem nizkoenergijskih natančnih meritev kršitev okusa in CP, ki so bile v Sloveniji že na zelo visokem nivoju, ter hadronsko fiziko pri visokih energijah, ki do nedavnega v Sloveniji s teoretičnega stališča sploh ni bila zastopana, v svetovnem merilu pa je prevzela ključno vlogo. Rezultati zaključenega projekta so Slovenijo prepoznavno umestili na zemljevid teoretične fizike na trkalnikih visokih energij. To se je med drugim odrazilo v novih in okrepljenih obstoječih uspešnih sodelovanjih z drugimi centri teoretične fizike visokih energij po svetu (npr. CERN, Harvard Univ., LBNL, INFN, CNRS, DESY, ICTP, T.U. Munich, Max Planck Inst., Univ. Valencia, Univ. Barcelona, Univ. Cincinnati, Weizmann inst.), ki odpirajo predvsem nove možnosti za razvoj in pridobivanje novih znanj tudi v prihodnje.

ANG

The completed research represents an important bridge between the studies of low energy measurements of flavour and CP violation, which were already well established in Slovenia, and hadronic physics at high energies, which has until recently not been studied theoretically in Slovenia at all, while becoming increasingly important world-wide. The results of the completed project placed Slovenia prominently on the map of theoretical high energy collider physics. This has been reflected also through the establishing of new and the strengthening of existing successful collaborations with other centers of theoretical high energy physics abroad (e.g. CERN, Harvard Univ., LBNL, INFN, CNRS, DESY, ICTP, T.U. Munich, Max Planck Inst., Univ. Valencia, Univ. Barcelona, Univ. Cincinnati, Weizmann inst.), which will enable new development and knowledge acquisition opportunities also in future.

## 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        |  |   |
|-------------|--|---|
| <b>F.01</b> | <b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b> |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.02</b> | <b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>                   |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.03</b> | <b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>     |   |
|             |  |   |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.04</b> | <b>Dvig tehnološke ravni</b>  |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.05</b> | <b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>            |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.06</b> | <b>Razvoj novega izdelka</b>  |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.07</b> | <b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>                              |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.08</b> | <b>Razvoj in izdelava prototipa</b>                                 |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.09</b> | <b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>           |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.10</b> | <b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b> |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.11</b> | <b>Razvoj nove storitve</b>   |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| <b>F.12</b> | <b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>  |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.13</b> | <b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>           |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.14</b> | <b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b> |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.15</b> | <b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>                             |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.16</b> | <b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>                   |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.17</b> | <b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>                  |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.18</b> | <b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>  |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.19</b> | <b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>                        |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>                              |
| <b>F.20</b> | <b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>  |   |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             |  |   |

|   |                    |   |
|---|--------------------|---|
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>                             |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.22 Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>                   |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>           |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.24 Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b> |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>                               |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>                     |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.27 Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine</b>                      |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |
| <b>F.28 Priprava/organizacija razstave</b>  |                    |   |
|   | Zastavljen cilj    | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|   | Rezultat           | <input type="text"/>                              |
|   | Uporaba rezultatov | <input type="text"/>                              |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| <b>F.29</b> | <b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b> |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.30</b> | <b>Strokovna ocena stanja</b>                             |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.31</b> | <b>Razvoj standardov</b>                                  |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.32</b> | <b>Mednarodni patent</b>                                  |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.33</b> | <b>Patent v Sloveniji</b>                                 |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.34</b> | <b>Svetovalna dejavnost</b>                               |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |
| <b>F.35</b> | <b>Drugo</b>  |   |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | <input type="text"/>                              |
|             | Uporaba rezultatov  | <input type="text"/>                              |

**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 |  |
|-------------|--|-----------|--------------|---------------|-------------|--|
| <b>G.01</b> | <b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b> |           |              |               |             |  |
|             |  |           |              |               |             |  |

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

|              |  |  |                       |                       |                       |                       |  |
|--------------|--|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| G.07.04.     | Drugo:   |  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |  |
| <b>G.08.</b> | <b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b> |  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |  |
| <b>G.09.</b> | <b>Drugo:</b>  |  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |  |

**Komentar**

|  |
|--|
|  |
|--|

**12. Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>11</sup>**

|    |  |       |     |  |
|----|--|-------|-----|--|
|    | 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 2013<sup>12</sup>****13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

S sodelavci smo pokazali, da lahko znotraj modelov z ukrivljenimi dodatnimi dimenzijami, ki razložijo hierarhične mase kvarkov in leptonov, prispevki h kršitvi simetrije CP v razpadih mezonov D dosežejo vrednosti, nedavno izmerjene s strani kolaboracije LHCb. Ob tem smo razjasnili nekatere nejasnosti glede izračunov procesov, ki potekajo na nivoju ene zanke, znotraj modelov z ukrivljenimi dodatnimi dimenzijami, kot tudi njihovo sorodno interpretacijo znotraj modelov kompozitnih fermionov in Higgsovega bozona (C. Delaunay et al., Charming CP violation and dipole operators from RS flavor anarchy, JHEP(2013)27-1-27-23).

**13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

Na ugledni mednarodni znanstveni konferenci "26th International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies", ki je potekala med 24. majem in 29. junijem 2013 v San Franciscu sem imel vabljen plenarno predavanje z naslovom "Flavor constraints on new physics" ("Meje iz fizike okusov na novo fiziko"). Predstavil sem pregled teoretičnih napovedi najbolj pomembnih opazljivk v fiziki okusov s poudarkom na napredku storjenem v zadnjih nekaj letih. Na podlagi natančnih teoretičnih napovedi lahko s pomočjo eksperimentalnih meritev in iskanj omenjenih procesov postavimo stroge meje na morebitne prispevke nove fizike izven standardnega modela. Pri tem sem izpostavil nedavno odkritje redkih razpadov mezonov B<sub>s</sub> v pare mionov. Omenil sem tudi nekaj nedavnih eksperimentalnih meritev, ki se ne ujemajo dobro s pričakovanji znotraj standardnega modela in poudaril glavne implikacije teh meritev za modele nove fizike.

## 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:*

Institut "Jožef Stefan"

Jernej Fesel Kamenik

## ŽIG

Kraj in datum: 

|           |          |
|-----------|----------|
| Ljubljana | 7.4.2014 |
|-----------|----------|

### Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2014/96

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

<sup>2</sup> 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](#)

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

<sup>4</sup> 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](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> 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](#)

<sup>8</sup> 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](#)

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)



<sup>11</sup> Rubrike izpolnite / prepisite 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](#)

<sup>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (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 prilonko/-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/2014 v1.03

7A-87-F3-6D-24-06-40-7E-EE-EF-6E-60-85-0B-E4-86-27-3C-78-1C

## **Priloga 1**

# NARAVOSLOVJE

## Področje: 1.02 – Fizika

### Dosežek 1: Čarobna kršitev CP znotraj modelov RS

Vir: C. Delaunay et al., JHEP 1301 (2013) 027

Presentljivo velika opažena asimetrija CP v razpadih mezonov D

$$a_f \equiv \frac{\Gamma(D^0 \rightarrow f) - \Gamma(\bar{D}^0 \rightarrow f)}{\Gamma(D^0 \rightarrow f) + \Gamma(\bar{D}^0 \rightarrow f)}$$

$$\Delta a_{CP} \equiv a_{K^+K^-} - a_{\pi^+\pi^-} = -(0.67 \pm 0.16)\%$$

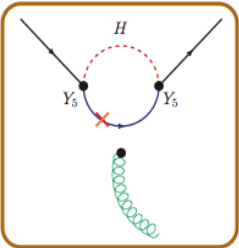
Izračun prispevkov nove fizike s pomočjo KK dekompozicije

$$|\Delta a_{CP}^{\text{chromo}}|_{\text{RS}} \simeq 0.6\% \times \left(\frac{\mathcal{O}_\beta}{0.1}\right) \left(\frac{Y_5}{6}\right)^2 \left(\frac{3 \text{ TeV}}{m_{\text{KK}}}\right)^2$$

Prekrivanje valovnih funkcij fermionov in Higgsovega bozona

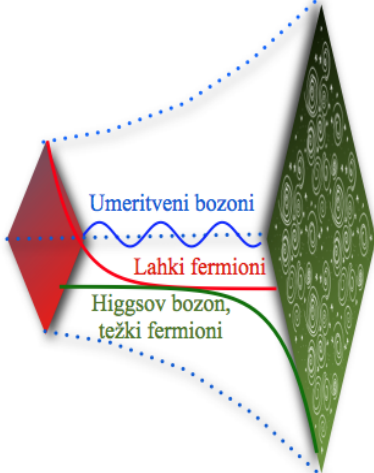
Yukawine sklopitve med Higgsovim bozonom in fermioni v peti dimenziji

Mase najnižje ležečih KK vzbujenih stanj fermionov



Modeli kvarkovskih in leptonskih okusov s pomočjo ukrivljenih dodatnih dimenzij

(Valovne funkcije v peti dimenziji)



Kolaboracija LHCb je konec leta 2011 oznanila meritev asimetrije CP v razpadih mezonov D. V članku „**Charming CP Violation and Dipole Operators from RS Flavor Anarchy**“, JHEP 1301 (2013) 027 so C. Delaunay, J. F. Kamenik, G. Perez in L. Randall ta presenetljiv rezultat obravnavali v okviru modelov RS, ki lahko razložijo opažene hirarhije v spektru kvarkov s pomočjo ukrivljenih dodatnih dimenzij. Ob tem smo razjasnili nekatere nejasnosti glede izračunov procesov, ki potekajo na nivoju ene zanke, znotraj modelov z ukrivljenimi dodatnimi dimenzijami, kot tudi njihovo dualno interpretacijo znotraj modelov kompozitnih fermionov in Higgsovega bozona.