

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/81



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0035	
Naslov programa	Teorija jedra, osnovnih delcev in polj Theoretical physics of nuclei, particles and fields	
Vodja programa	14130 Svjetlana Fajfer	
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	55080	
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106	Institut "Jožef Stefan"
	1554	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1	NARAVOSLOVJE
	1.02	Fizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01	Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1	Naravoslovne vede
	1.03	Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Sodelavci skupine za Teorijo jedra, osnovnih delcev in polja so v programskem obdobju dokončali raziskave na področju jedrske fizike, izračunih na mreži, iskanja nove fizike

v razpadih težkih mezonov in fizike kvarka t , ter Higgsovega bozona, konstrukcije nevtrinskih mas, pri razlagah temne snovi. Na področju teorije polja so raziskali konstrukcije modelov poenotenja, študiju kvantne teorije polja in splošne teorije relativnosti v Cliffordovem prostoru ter uporabo kvazilinearizacijske metode.

V okviru kromodinamike na mreži smo teoretično obravnavali hadronske resonance in hadrone blizu praga, pri čemer smo prvič točno upoštevali vpliv močnih razpadov resonanc in vpliv praga.

Na področju fizike kvarkovskih okusov ukvarjali smo se z prispevki izven Standardnega modela v procesi z mezoni B , D in K . Iskali smo razlage odstopanja rezultatov eksperimentalnih meritev od teoretičnih napovedih v fiziki mezonov B in D . V produkciji para kvarka top in antitop smo predlagali modele ki razložijo odstopanja od napovedi Standardnega modela in meritev asimetrije naprej-nazaj. Ukvarjali smo se tudi z produkcijo in razpadi Higgsovega bozona z vključitvijo nove fizike. Raziskali smo možnosti odkritja nove fizike na velikem hadronskem trkalniku s pomočjo nove strategije iskanja signature monotop (kvark t in manjkajoča energija), ki je skupna mnogim modelom nove fizike.

V primeru razširitve fermionskega sektorja Standardnega modela z enim singletnim kiralnim kvarkom spodnjega tipa, smo ugotovili, da ga lahko umestimo v pet-dimenzionalno upodobitev grupe $SU(5)$. Obravnavali smo pretežno supersimetrične teorije poenotenja. Pokazali smo, da lahko ista polja spontano zlomijo tako umeritveno simetrijo kot supersimetrijo. Kot prvi smo predstavili kompleten primer teorije poenotenja z grupo E_6 . Ker ima ta model tri Yukawine matrike, ima relativno omejeno napovedno moč.

Študirali smo indirektne omejitve na minimalni levo-desno simetrični model in zaključili da je dosegljiv na energijah LHC. V minimalnem levo-desnem modelu s spontano zlomitvijo parnosti smo napravili natančno študijo močne kršitve CP simetrije.

Pokazali smo, kako lahko Cliffordove algebre in Cliffordove prostore uporabimo pri poenotenju osnovnih sil in delcev, ter kako lahko taki modeli razložijo opaženo zrcalno asimetrijo pri šibkih interakcijah.

Razvili smo metodo QLM, iterativne metode kvazilinearizacije in jo razširili na singularne nelinearne diferencialne enačbe in implementirane s hitro konvergentnim algoritmom poljubne natančnosti.

ANG

The members of program group Theory of nucleus, elementary particles and fields, during last six years, have completed research in the field of nuclear physics, calculations on the lattice, search for new physics in the decays of heavy mesons and quarks t , physics of the Higgs boson, construction of neutrino masses and interpretations of dark matter. In the part of the field theory, we have studied constructions of unification models, as well as quantum field theory and general relativity in Clifford space. In addition we have developed quasilinearization methods.

Within chromodynamics on the lattice, we discussed the theoretical aspects of hadron resonances and hadrons close to the threshold production. We succeeded first to develop accurate inclusion of the strong decays of resonances and the influence of the threshold effects.

In the part of our research program which deals with the flavour physics, we have considered contributions coming from and beyond the Standard Model in the processes of B , D and K mesons. We were looking for the interpretation of the deviations from the results of experimental measurements from theoretical predictions in B and D meson physics. For the top and anti-top quark pair production, we have proposed models to explain deviations from the Standard Model prediction and measurement of forward-backward asymmetry. We have explored also, new contributions to the electric dipole moment of the neutron, which are the result of colored octet scalar states which interact

with quarks of type c and u. We have also investigated the production and decays of the Higgs boson with the inclusion of new physics. We have explored the possibility of new physics discovery at the Large Hadron Collider using a new search strategy of monotop signature (t quark and missing energy), which is common to many models of new physics.

In the case of fermionic sector extension of the Standard model with one singlet chiral quark bottom type, we found that it can fit into a five-dimensional representation of groups SU (5).

We have analysed mainly supersymmetric theory of unification. We have shown that the same fields spontaneously violate a gauge symmetry and supersymmetry. As a first example, we presented a complete theory of unification within the group E6. Since this model has three Yukawa matrices it has a relatively limited predictive power.

We studied the indirect bounds on the minimum left-right symmetric model and concluded that they are accessible at LHC energies. The low left-right model with the spontaneous parity violation, we have done a detailed study of strong CP symmetry violation.

We have shown how the Clifford algebra and Clifford spaces can be used in the unification of fundamental forces and particles, and how such models can explain the observed mirror asymmetry in weak interactions.

We developed methods QLM, iterative methods of quasilinearisation and have extended on singular nonlinear differential equations and implemented with fast convergent algorithm of any precision.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Sodelavci skupine za Teorijo jedra, osnovnih delcev in polja so v zadnjem programskem obdobju dokončali raziskave na področju jedrske fizike, izračunih na mreži, iskanja nove fizike v razpadih mezonov B, D in K, fizike kvarka t, ter Higgsovega bozona, konstrukcije nevtrinskih mas, pri razlagah temne snovi, pri konstrukciji modelov poenotenja, pri študiju kvantne teorije polja in splošne teorije relativnosti v Cliffordovem prostoru ter uporabo kvazilinearizacijske metode.

V tem obdobju je programska skupina objavila 134 člankov.

Za izračun sipanja in elektroprodukcije mezonov v območju nukleonskih resonanc pri nizkih in srednjih energijah smo razvili formalizem sklopljenih kanalov, ki vključuje kvazivezana kvarkovska stanja. Rezultati posebno pri elektroprodukciji mezonov nedvoumno kažejo, da lahko resonance v tem področju pojasnimo z ekcitacijo kvarkov v višja enodelčna stanja in prisotnostjo mezonskega oblaka, ki določa obnašanje amplitud v področju majhnega prenosa gibalne količine.

V okviru kromodinamike na mreži smo teoretično obravnavali hadronske resonance in hadrone blizu praga, pri čemer smo prvič točno upoštevali vpliv močnih razpadov resonanc in vpliv praga. Določili smo mase mezonov sestavljenih iz u,d,s in c kvarkov, ter za nekatere tudi valovne funkcije in medsebojno močno silo. Med drugim smo se osredotočili na eksperimentalno opažena eksotična stanja kot so mezonske molekule in tetrakvarki.

Obravnavali smo zanimiva hadronska stanja blizu praga ter hadronske resonance nad pragom. Pri tem smo uporabili ab-initio kromodinamiko na mreži, in pri tem kot prvi upoštevali vpliv praga oziroma vpliv močnih razpadov na te hadrone. V delu smo pri simulaciji aksialnega mezona $Ds_1^*(2460)$ kot prvi upoštevali vpliv bližnjega praga D^*K . Pretekle simulacije so vodile do precej previsoke mase $Ds_1^*(2460)$, mi pa smo ugotovili, da učinek praga D^*K maso zniža in vodi do dobrega ujemanja z izmerjeno maso. Za to

raziskavo smo implementirali novo metodo, tako imenovano stohastično distilacijo, ki smo v omenjenem članku tudi podrobno predstavili. Posvetili smo se študiju lahkih aksialnih resonanc a_1 in b_1 in pri njih prvič upoštevali njune močne razpade $a_1 \rightarrow \rho\pi$ in $b_1 \rightarrow \omega\pi$. Doslej sta bili ti dve resonanci v kromodinamiki vedno obravnavani kot da ne razpadata preko močne interakcije. Da bi preseгли ta približek, smo simulirali sipanje $\rho\pi$ ter sipanje $\omega\pi$ in določili sipano matriko v odvisnosti od energije. Iz tega smo izluščili masi in razpadni širini obeh resonanc, ki se razmeroma dobro ujemata z eksperimentom. Rezultati so zanimivi predvsem v luči nedavne trditve eksperimenta COMPASS, da poleg resonance $a_1(1260)$ obstaja tudi resonanca $a_1'(1420)$, naša simulacija pa v območju pod 1.8 GeV podpira obstoj le ene resonance z maso $m \sim 1.4$ GeV.

Na področju fizike kvarkovskih okusov ukvarjali smo se z prispevki izven Standardnega modela v procesih z mezoni B, D in K. Iskali smo razlage odstopanja rezultatov eksperimentalnih meritev od teoretičnih napovedih v fiziki mezonov B in D. V produkciji para kvarka top in antitop smo predlagali modele ki razložijo odstopanja od napovedi Standardnega modela in meritev asimetrije naprej-nazaj. Pri razpadih kvarka top določili smo kvantno kromodinamične korekcije pri procesu t razpada v kvark b in W in v procesu razpada v čarobni kvark in umeritveni bozon. Pri tem smo ugotovili, da znotraj SU(5) modela poenotenja obstajajo možnosti za obstoj lahkih leptokvarkov. Lastnosti leptokvarkov smo natančno raziskali in poskus ali ugotoviti ali oni lahko destabilizirajo proton.

Raziskali smo nove prispevke električnemu dipolnemu momentu nevtrona, kateri so rezultat obarvanih oktetnih skalarnih stanj v interakciji s kvarki tipa c in u. Sklopitev kvarkov c, u in obarvanega okteta lahko prispeva k direktni asimetriji CP v primeru razpada nelep tonskih čarobnih mezonov.

V primeru razširitve fermionskega sektorja Standardnega modela z enim singletnim kiralnim kvarkom spodnjega tipa, smo ugotovili, da ga lahko umestimo v pet-dimenzionalno upodobitev grupe SU(5). Fenomenologija na nizkih energijah omejuje sklopitve novega stanja s kvarki in bozoni Standardnega modela. Uspeli smo določiti strukturo masne matrike za spodnje kvarke in nabite leptone ter ugotovili, da je možno poenotenje osnovnih interakcij znotraj SU(5) grupe. Velika sklopitvena konstanta interakcije kvarka, leptona in skalarnega delca leptokvarka lahko vpliva na iskanje leptokvarkov na Velikem hadronskem trkalniku. Naša študija omogoča, da iz podatkov, katere je zajel CMS poskus, dobimo izjemno dobro mejo na sklopitve čudnega kvarka, leptona mu in leptokvarka.

Ukvarjali smo se tudi z produkcijo in razpadi Higgsovega bozona z vključitvijo nove fizike. Pri tem smo obravnavali poleg leptokvarkov, modela z dodatnimi vektorski kvarki. V leptonskih in kvarkovskih procesih smo iskali omejitve na interakcije temne snovi.

Raziskali smo možnosti odkritja nove fizike na velikem hadronskem trkalniku s pomočjo nove strategije iskanja signature monotop (kvark t in manjkajoča energija), ki je skupna mnogim modelom nove fizike. Skoncentrirali smo se na leptonski razpadni način kvarka t in študirali doseg za odkritje ali izključitev nekaterih modelov s pomočjo podatkov velikega hadronskega trkalnika iz leta 2012. Raziskali smo fenomenologijo Yukawinih sklopitev med kvarkom t, Higgsovim bozonom ter lahkim kvarkom u ali c na velikem hadronskem trkalniku. Takšne t-u-h in t-c-h sklopitve se pojavljajo v modelih z večimi Higgsovimi bozoni ali ob prisotnosti višje dimenzijskih operatorjev. V teh scenarijih smo poudarili pomembnost anomalne produkcije posamičnih kvarkov t skupaj s Higgsovim bozonom, v primerjavi z bolj raziskanimi razpadi $t \rightarrow hj$. Nato smo raziskali senzitivnost bodočih eksperimentalnih iskanj v razpadnih kanalih z večimi leptoni ter v popolnoma hadronskem kan

Obravnavali smo pretežno supersimetrične teorije poenotenja. Pokazali smo, da lahko ista polja spontano zlomijo tako umeritveno simetrijo kot supersimetrijo. V teoriji SU(5) smo z dodatkom težkih leptonov in kvarkov realistično opisali vse pojave v nabitem sektorju, v teoriji SO(10) smo s težkimi superpartnerji napovedali leptonski mešalni kot, v teoriji E6

pa predstavili minimalen renormalizabilen model.

Kot prvi smo predstavili kompleten primer teorije poenotenja z grupo E6. Ker ima ta model tri Yukawine matrike, ima relativno omejeno napovedno moč. Zato smo postavili domnevo, da je kandidat za minimalen model podoben, le da je potrebno dodaten 27-dimenzionalen par nadomestiti z 78-dimenzionalnim adjungiranim poljem. Študirali smo tudi minimalen renormalizabilni supersimetrični model poenotenja SU(5) ter pretvorili komplicirane sklopljene diferencialne enačbe renormalizacijske grupe v laže obvladljive algebrske enačbe.

Študirali smo indirektno omejitve na minimalni levo-desno simetrični model in zaključili da je dosegljiv na energijah LHC. Sledile so študije aktualnih omejitev iz LHC na model: od iskanj težkih Majorana nevtrinov do fenomenologije Higgsovih tripletov, ter povezava obeh sektorjev z breznevtrinskim beta razpadom ter s kršitvijo leptonskega okusa. Izpostavljen je bil obstoj kandidata za toplo temno snov z nizko skalo levo-desno simetrije ter dokaz direktne povezave med Majorana in Dirac masami nevtrinov.

V minimalnem levo-desnem modelu s spontano zlomitvijo parnosti smo napravili natančno študijo močne kršitve CP simetrije. Izračunali smo vodilni prispevek k močni CP fazi in ga znotraj parametrov modela povezali z opazljivkami, in sicer z električnim dipolnim momentom nevtrona ter šibko kršitvijo CP v kaonskem sektorju. Pokazali smo, da v minimalnem modelu meritve teh procesov zahtevajo visoko skalo, višjo od 20 TeV, medtem ko se lahko omejitvam netrivialno izognemo z razširitvijo Peccei - Quin simetrije, ki dinamično relaksira močno CP fazo.

Pokazali smo, kako lahko Cliffordove algebre in Cliffordove prostore uporabimo pri poenotjenju osnovnih sil in delcev, ter kako lahko taki modeli razložijo opaženo zrcalno asimetrijo pri šibkih interakcijah. Pokazali smo tudi, da v prisotnosti ustrezno definiranega vakuuma in ustreznih interakcij, fizikalne teorije v prostorih z nevtralno signature ne vodijo nujno do nestabilnosti, s čimer je odstranjena velika ovira k nadaljnjemu napredku na nekaterih pomembnih področjih fizike, še zlasti v kvantnigravitaciji.

S kvazilinearizacijsko metodo QLM smo s pomočjo netrivialnih prijemov za eliminacijo asimptotskih oscilacij v kompleksnem izračunali resonance kvartičnega anharmoničnega oscilatorja. Numerično smo pokazali, da QLM deluje za supersingularne potenciale ter izpeljali analitične približke v okolici singularnosti. Z dvoelektronskih ionov pri srednjih energijah, to je stran od limite visokih energij. V razvoju metode QLM, iterativne metode kvazilinearizacije, razširjene na singularne nelinearne diferencialne enačbe in implementirane s hitro konvergentnim algoritmom poljubne natančnosti, smo pokazali enako hitro in natančno konvergenco v primeru harmonskega oscilatorja z eksponentno motnjo (ali potenčno motnjo poljubnega reda - spiked oscillator), kot na primeru kateregakoli nesingularnega potenciala. Da bi bil algoritem neodvisen od podrobne oblike singularnosti, je za razliko od pristopov v literaturi implementiran popolnoma numerično. Ker je algoritem odvisen od adaptivne gostote točk, je bil ta del tudi avtomatiziran pri prepoznavi podintervalov za različne porazdelitve točk.

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

SLO

Realizacija programa je v skladu s plansko predvidenim obsegom in zastavljenimi cilji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Sprememb programa ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	2613348	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dokaz za obstoj stanja X(3872) pri sipanju DD* na mreži
		ANG	Evidence for X(3872) from DD* scattering on the lattice
	Opis	SLO	Doslej znani hadroni so sestavljeni iz treh valenčnih kvarkov (barioni) ali valenčnega kvarka in antikvarka (mezoni). Leta 2003 pa so pri eksperimentu Belle odkrili nenavadno stanje X(3872), ki je najverjetneje vezano stanje dveh mezonov D0bar D0*, oziroma mezonska molekula. Kljub številnim teoretičnim študijam v preteklem desetletju, naš i rezultati objavljeni v Physical Review Letters predstavljajo prvi neizpodbiten teoretičen dokaz za obstoj tega stanja pri abinitio izračunih v kromodinamiki na mreži. Stanje smo naš li v dinamični simulaciji sipanja D bar D* v kanalu z J+=1++ in I=0. To je prva simulacija, ki predstavi dokaz za X(3872) hkrati z vsemi sosednjimi sipalnimi stanji Dbar D* in J/psi omega, ki so neobhodno prisotna v dinamični simulaciji. Fazni premik za Dbar D* sipanje je bil določen z Luscherjevim formalizmom, in iz njega smo izločili veliko negativno sipalno dolžino a0=1.7+ 0.4 fm. Ekstrapolacija dobljenega faznega premika nakazuje na pol 11+ 7 MeV pod Dbar D* pragom. Obstoj tega pola povezujemo z eksperimentalnim stanjem X(3872), ki prav tako leži zelo blizu praga. Podroben študij strukture dobljenega stanja kaže na veliko komponento Dbar D*, kar je v skladu z fenomenološkimi študijami, ki trdijo da je to stanje mezonska molekula.
		ANG	Known hadrons are composed of three valence quarks (barions) and valence quark antiquark pair (mesons). Belle collaboration discovered an interesting state X(3872) in 2003, which is most likely a mesonic molecule D0bar D*0. In spite of many attempts to provide theoretical evidence for the existence of this interesting state, our results present the first unambiguous evidence for its existence within the framework of abinitio lattice QCD. We find a state in a dynamical simulation of scattering Dbar D* in the channel with J+=1++ and I=0. This is the first simulation that establishes a candidate for X(3872) in addition to the nearby scattering states D bar D* and J/psi mega, which inevitably have to be present in dynamical QCD. The Dbar D* scattering phase shift is extracted using the Luscher formalism and we find large and negative D bar D* scattering length a0=1.7+ 0.4 fm. The extrapolation of the resulting phase shift indicates a pole 11+ 7 MeV below DD* threshold and we relate this pole to experimental nearthreshold state X(3872). The detailed study of the composition of the resulting state indicates a large Dbar D* component, as supported by the previous phenomenological studies claiming that this is a mesonic molecule.
	Objavljeno v	American Physical Society; Physical review letters; 2013; Vol. 111, iss. 19; str. 192001-1-192001-5; Impact Factor: 7.728;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.852; A'': 1;A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Prelovšek Saša, Leskovec Luka	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	25811495	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Občutljivost B→D/D*τu na novo fiziko
		ANG	B→D/D*τu sensitivity to new physics
			Fizika mezonov B omogoča testiranje Standardnega modela na nizkih energijah. BaBar kolaboracija je pred kratkim objavila, da so v procesu B→D/D*τu math opaž ena odstopanja od napovedi Standardnega modela. Raziskali smo splošne oblike operatorjev najnižjih dimenzij, ki

	Opis	SLO	vplivajo na prehod $b \rightarrow c(u)$ z tau leptonom in njegovim nevtrinom. Ugotovili smo da med operatorjem, ki dovolijo ustrezno kršitev okusne simetrije desnoručno desnoručni vektorski operator in desnoručno levoručno skalarni operator omogočajo razlago opaž enih anomalij. Preučili smo katere nove opazljivke bi lahko dodatno razložile možne vplive nove fizike. To so diferencialna razpadna širina, delež vzdolžne polarizacija mezona D^* , asimetrija glede na kot med $D \tau$, in asimetrija glede na sučnost leptona tau.
		ANG	B physics offers important tests of the Standard Model at low energies. Recently, BaBar observed significant deviations from the Standard Model expectations in the semileptonic $B \rightarrow D/D^* \tau$ decays. Interestingly, the measured leptonic $B \rightarrow \tau \nu$ branching fraction also deviates from CKM unitarity predictions. Motivated by these results we investigate the most general set of lowest dimensional effective operators leading to modifications of $b \rightarrow c(u)$ (semi)tauonic transitions. Allowing for general flavor violation, we find that among possible operator structures, new contributions from right-right vector and right-left scalar quark currents provide viable explanations of the anomalies. In addition, we identify a number of $B \rightarrow D/D^* \tau$ transition observables with the power to discriminate among the various effective operators' contributions. They are the differential decay rate, longitudinal polarization fraction, $D \tau$ opening angle asymmetry and the τ helicity asymmetry.
	Objavljeno v	American Physical Society; Physical review. D, Particles, fields, gravitation, and cosmology; 2012; Vol. 85, no. 9; str. 094025-1-094025-9; Impact Factor: 4.691; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.291; A': 1; WoS: BU, UP; Avtorji / Authors: Fajfer Svjetlana, Kamenik Jernej, Nišandžić Ivan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	25741863	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Implikacije izmerjene kršitve CP v razpadih čarobnih mezonov v eksperimentu LHCb
		ANG	Implications of the LHCb evidence for charm CP violation
	Opis	SLO	Proučili smo implikacije nedavno izmerjene kršitve CP v razpadih čarobnih mezonov. Ob pomanjkanju zanesljivih metod za evaluacijo relevantnih matričnih elementov, smo kvalitativno ocenili potrebno magnitudo prispevkov nove fizike, ki bi reproducirali eksperimentalno izmerjeno vrednost. V kontekstu efektivnih teorij smo našli operatorje, ki lahko inducirajo izmerjeno kršitev CP in raziskali omejitve iz drugih procesov.
		ANG	We explored the implications of the recent experimental evidence for charm CP violation both within the standard model (SM) and beyond. In the absence of reliable methods to evaluate the hadronic matrix elements involved, we estimated qualitatively the magnitude of the non SM contributions required to generate the observed central value. In the context of an effective theory, we listed the operators that can give rise to the measured CP violation and investigated constraints on them from other processes.
	Objavljeno v	North-Holland; Physics letters. Section B; 2012; str. 46-51, no. 1; Impact Factor: 4.569; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.685; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Isidori Gino, Kamenik Jernej, Ligeti Zoltan, Perez Gilad	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	23517735	Vir: COBISS.SI
		SLO	Lahki barvni skalarji v teorijah velikega poenotenja in simetrija naprej

	Naslov		nazaj v t tbar produkciji
		ANG	Light colored scalars from grand unification and the forward-backward asymmetry in t[bar]t production
	Opis	SLO	Eksperimentalne meritve produkcije parov kvarkov top in antitop na trkalniku Tevatron so v skladu z napovedmi kvantne kromodinamike znotraj standardnega modela. Izmerjena asimetrija naprej nazaj se ne ujema z napovedmi istega modela. Ugotovili smo, da lahko znotraj modela poenotenja hkrati reproduciramo obstoječe meritve tako celotnega preseka za tvorbo parov kvarkov top in antitop kot tudi asimetrije naprej nazaj v tem procesu.
		ANG	Experimental measurements of the cross section and forwardbackward asymmetry at Tevatron are in disagreement with the Standard model predictions. The measured forwardbackward asymmetry in the t tbar production at the Tevatron might be explained by the additional exchange of a colored weak singlet scalar which appears in the variation of grand unified model o the fundamental interactions.
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review. D, Particles, fields, gravitation, and cosmology; 2010; Vol. 81, no. 5; str. 055009-1-055009-11; Impact Factor: 4.964;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.09; A': 1; WoS: BU, UP; Avtorji / Authors: Doršner Ilja, Fajfer Svjetlana, Kamenik Jernej, Košnik Nejc
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	23788583	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Popravki kvantne kromodinamike k razpadom top kvarka preko nevtralnih tokov, ki spreminjajo okus
		ANG	Flavor changing neutral coupling mediated radiative top quark decays at next-to-leading order in QCD
	Opis	SLO	Izračunali smo razvejivna razmerja redkih razpadov kvarka top ($t \rightarrow c \gamma$, $t \rightarrow c Z$), ki jih generirajo učinkovite sklopitve. V analizo smo vključili prvi red popravkov kvantne kromodinamike vključno z mešnjem operatorjev, ki ga le te povzročijo.
		ANG	We compute the branching ratios for the rare top quark decays t to $c \gamma$ and t to $c Z$ mediated by effective flavor changing neutral couplings at the nexttoleading order in QCD including the effects due to operator mixing.
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review letters; 2010; Vol. 104, Iss. 25; str. 252001-1-252001-4; Impact Factor: 7.621;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A'': 1;A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Drobnak Jure, Fajfer Svjetlana, Kamenik Jernej
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	26969639	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Omejitve na novo fiziko iz fizike kvarkovskih okusov
		ANG	Flavor constraints on new physics
	Opis	SLO	V vabljenem plenarnem predavanju smo povzeli nedavni napredek v teoretičnem razumevanju procesov, ki spreminjajo kvarkovske okuse. Omenili smo tudi teoretične implikacije nekaterih obstoječih odprtih

		eksperimentalnih ugank.
	ANG	In this invited plenary lecture, we reviewed the recent progress in our theoretical understanding of flavourchanging processes. Theory implications of the few open experimental flavour puzzles were briefly discussed.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej
	Tipologija	3.16 Vabljeno predavanje na konferenci brez natisa
2.	COBISS ID	27588135 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Fizika okusov
		ANG Flavour physics
	Opis	SLO V vabljenem plenarnem predavanju smo pokazali, kako celovito dobro ujemanje teoretičnih napovedi z meritvami v fiziki okusov omogoča izpeljavo strogih mej na možne razširitve standardnega modela. Omenili smo tudi teoretične implikacije nekaterih obstoječih odprtih eksperimentalnih ugank.
		ANG In this invited plenary lecture, we showed how the overall excellent agreement of flavor theory predictions with the corresponding measurements allows to derive severe constraints on possible extensions of the Standard Model. Theory implications of the few open experimental flavour puzzles were briefly discussed.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	Sissa; Proceedings of the European Physical Society Conference on High Energy Physics, EPS-HEP 2013, 18-24 July 2013, Stockholm, Sweden; Pos proceedings of science; 2013; Vol. 2013; str. 165-1-165-14; Avtorji / Authors: Kamenik Jernej
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)
3.	COBISS ID	2652260 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Pregled spektroskopije čarmonija in čarobnih mezonov iz kromodinamike na mreži
		ANG Lattice QCD review of charmonium and open-charm spectroscopy
	Opis	SLO Članek predstavlja vabljeno plenarno predavanje na konferenci CHARM 2014, ki je najpomembnejša konferenca na tematiko čarobnega kvarka in poteka vsako drugo leto. Predstavljen je pregled spektroskopije čarmoniju podobnih stanj in čarobnih mezonov dobljenih s simulacijami kromodinamike na mreži.
		ANG The paper represents the invited plenary lecture at the CHARM 2014 conference, which is the major conference related to charm quark held each second year. It provides the review of the spectroscopy on charmonium(like) states and open charm mesons obtained by lattice QCD collaborations across the World.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	SLAC National Accelerator Laboratory; Proceedings of the 6th International Workshop on Charm Physics, CHARM 2013, Manchester, UK, 31 August - 4 September, 2013; 2013; 11 str.; Avtorji / Authors: Prelovšek Saša
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)
4.	COBISS ID	2333284 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO

		Teoretični pregled fizike čarobnega kvarka	
	ANG	Theoretical overview of charm physics	
Opis	SLO	Predstavljen je razvoj fizike čarobnega kvarka v okviru Standardnega modela in izven njegovih meja. Prispevki standardnega modela v $D_0 D_0$ bar sistemu so raziskani z uporabo operatorjev višjih dimenzij. Modeli nove fizike kot so Model najmanjšega Higgosa, model z dodatnimi dimenzijami lahko spremenijo velikost parametra, ki opiše kršitev simetrije CP. Napovedi za asimetrije, ki so rezultat kršitve simetrije CP, so reda velikosti 1%. Asimetrija napreznazaj, ki je opažena pri tvorbi t in \bar{t} bar kvarkov na Tevatronu odpira možnost za študij nove fizike v sektorju čarobnega kvarka. Iskanje nove fizike v redkih procesih je raziskano. Vplivi nove fizike so praviloma zanemarljivi.	
	ANG	Recent developments in charm physics within the standard model and beyond are reviewed. The standard model contributions in the $D_0 D_0$ bar system are still under investigation including operators of higher dimensions. New physics models such as the Littlest Higgs model or warped extradimensional models might modify the amount of CP violation, although CP violating asymmetries are still predicted to be at most of the order 1%. The forwardbackward asymmetry in the top anti top pair production at the Tevatron is opening a new window in the study of new physics in the charm sector. New physics searches in rare charm decays are discussed. It is pointed out that in most models new physics effects in rare charm decays are insignificant.	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Fajfer Svjetlana		
Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa		
5.	COBISS ID	27390503	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	SUSY spekter v minimalni SU(5)	
	ANG	The SUSY spectrum in minimal SU(5)	
Opis	SLO	Obnovili smo glavne omejitve na parametrični prostor v minimalnem renormalizabilnem supersimetrični teoriji poenotenja SU(5). Te so sestavljene iz Higgsove mase, protonskega razpada, spontani zlom elektrošibke simetrije in fermionskih mas. Mase superpartnerjev so tako omejene tako od spodaj kot od zgoraj, kar daje upanje, da bomo teorijo lahko v bodočnosti potrdili ali dokončno ovrgli.	
	ANG	We review the main constraints on the parameter space of the minimal renormalizable supersymmetric SU(5) grand unified theory. They consist of the Higgs mass, proton decay, electroweak symmetry breaking and fermion masses. Superpartner masses are constrained both from below and from above, giving hope for confirming or definitely ruling out the theory in the future.	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Bajc Borut		
Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa		

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine^Z

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine^B

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V svetovnem smislu so naše raziskave del teoretičnih raziskav na področju fizike jedra, osnovnih delcev in polj. Njihov osnovni namen je opis osnovnih delcev in interakcij med njimi. Obenem je pomembno, da imajo naše raziskave napovedano naravo in jih lahko preverimo v eksperimentalnih laboratorijih. Našteli bomo konkretne razloge, ki so pomembni za razvoj znanosti.

Zaradi neperturbativnega značaja kvantne kromodinamike v področju nizkih energij so raziskave v okviru kvarkovskih modelov pomembne za razumevanje strukture nukleonov in procesov med hadroni. Računi elektroprodukcijских amplitud za mezone so pomembni tudi pri interpretaciji meritev in planiranju novih eksperimentov v JLabu (ZDA) in Mainzu (Nemčija).

Predlagane simulacije s kromodinamiko na mreži bodo razjasnile nepojasnjeno naravo nekaterih opaženih hadronskih resonanc. Poleg tega bo primerjava rezultatov kromodinamike na mreži z eksperimentalnimi rezultati nakazala, kako dobro obvladamo neperturbativno naravo močne interakcije v teoriji. Simulacije bodo prispevale k boljšemu razumevanju strukture hadronov.

Pričakujemo, da bodo rezultati našega dela vplivali na področje fizike osnovnih delcev na naslednji način: i) raziskave, ki jih bomo obravnavali, bodo omogočale modelsko neodvisno preverjanje, da direktna iskanja niso zgrešila resonanc ter ii) bodo omogočila iskanje efektov nove fizike preko kinematične meje LHC in s tem tlakovala pot v prihodnost fizike osnovnih delcev. Raziskave kršitev simetrij okusa pri visokih p_T bodo neposredno zadevala spremembe signalov nove fizike na LHC. Sedaj je večina simulacij signalov na ATLAS in CMS privzemala minimalno zlomitev okusa (MFV) in še to v svoji najbolj naivni inačici. Predlagani projekt ima lahko tu precejšen vpliv, saj večja kršitev dinamike okusa v razpadih resonanc lahko vodi v več robov v masnih porazdelitvah zaradi prispevkov različnih resonanc v isto končno stanje, ter tako celo v morebitne težave pri določanju masnih spektrov. Velike kršitve okusne simetrije so še vedno dovoljene, saj nizkoenergijski procesi omejujejo predvsem procese določene kiralnosti. V splošnem pričakujemo dovolj velike dovoljene kršitve okusa, da je detekcija na LHC mogoča, v projektu pa bi radi ta pričakovanja kvantificirali.

Trenutno so teoretske raziskave na področju fizike osnovnih delcev še posebno pomembne, ker bo še to leto začel delovati pospeševalnik LHC. Poznavanje nadgradenj standardnega modela bo pripomoglo k interpretaciji možnih signalov. Istočasno bomo lahko preverili veljavnost napovedi raznih modelov. Med temi je posebno prediktiven nesupersimetrični model $SU(5)$, ki smo ga predlagali. Dober del parametričnega prostora tega modela bo LHC preveril v naslednjih letih.

Problemi na področju ionizacije so izbrani glede na aktualne eksperimente na novejših sinhrotronih. Med zanimivimi novejšimi efekti je "quasi-free" mehanizem, katerega resno proučevanje se je začelo v naši skupini.

ANG

Because of the non-perturbative nature of QCD in the low-energy region the investigations in the framework of effective quark models are relevant to understand the structure of nucleon as well as the hadron processes. The calculations of meson electro-production amplitudes are useful to explain data and to design new experiments at JLab and Mainz

The proposed simulations on the lattice will give an indication whether some of the observed resonances are the conventional $q\bar{q}s$ states or perhaps the exotic tetraquark states. The comparison of the lattice results with the experimental observations will tell us how well one handles nonperturbative regime of QCD theoretically. Simulations will lead to a better understanding of hadron structure.

We expect that the results of our work will have impact on the particle physics field in the following ways: i) the types of searches discussed will allow for model independent check that no on-shell resonances have been missed in direct searches and ii) will allow for searches of NP effects beyond the kinematical reach of LHC paving the path for the future of particle physics.

The flavor violation research at high p_T will directly address modifications of expected New Physics signals at LHC. Most of the signal simulations at ATLAS and CMS assume Minimal Flavor

Violation and even that in its most naive version (for instance taking degenerate soft susy breaking squark mass matrices). The proposed project can have a significant impact in this respect, as a large violation of flavor symmetry can result in the appearance of a multitude of edges in the mass distributions (which may be or may not be easy to spot), since different resonances can now decay using common decay chain and can potentially lead to difficulties with mass spectrum measurements. Large flavor violations are still allowed, since the low energy experiments are bounding only transitions of certain chirality (in the MSSM language these bound only squark mass insertions of LL and LR type, but not of the RR type). As a rule of thumb we thus expect large enough flavor violation effects in the general case to be observed at the LHC.

Theoretical research in the field of elementary particles is especially important in this particular moment, because of the planned opening of the Large Hadron Collider. The knowledge and understanding of the physics beyond the standard model will help in the interpretation of possible signals, allowing to test the predictions of different models. Among them it is particularly predictive the nonsupersymmetric SU(5) model that we first proposed. LHC will be able to scan in the following years a good portion of the model parameter space. Ionization problems studied are related to experiments on recent synchrotrons (J. Ullrich et al., "Recoil-ion momentum spectroscopy", J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 30, 2917-2974 (1997)). Among the interesting recently discovered effects is the "quasi-free" mechanism, whose serious study was initiated by our group (Phys. Rev A64, 012713 (2001)).

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Opis interakcij osnovnih delcev je znan kot standardni model. Sodobni kulturni svet je zelo zainteresiran, da čim bolj zazna strukturo in naravo osnovnih interakcij in zato namenja veliko sredstev v ta namen. Za kulturni razvoj Slovenije je pomembno, da so med nami ustvarjalni ljudje, ki aktivno sodelujejo pri nastanku te slike, kajti svet bo priznal Sloveniji le takšen kulturni nivo, kakršnega bo soustvarjala s svetom. Raziskovanje samih osnov fizike ima tudi širše družbene posledice saj spreminja naš pogled na svet. Za Slovenijo je pomembno, da ima skupino, ki sodeluje pri tovrstnih raziskavah, saj se tako vnaša v slovenski raziskovalni in kulturni prostor zavedanje o novih dosežkih in novih pogledih na strukturo osnovnih gradnikov narave. Predvsem pa se na ta način tudi omogoča prenos novih spoznanj neposredno v visokošolski učni proces. Teoretične študije naše skupine lahko veliko pomagajo slovenskim eksperimentalnim fizikom osnovnih delcev, predvsem v obliki novih teoretičnih napovedi, svetovanju ter pri iskanju pomena in interpretacije eksperimentalnih rezultatov.

Za Slovenijo je pomembno, da je aktivna tudi na področju kromodinamike na mreži, saj daje ta ab-initio metoda vedno zanesljivejše rezultate zaradi vedno bolj zmogljivih računalnikov in metod. Domače znanje na tem področju pride prav tudi eksperimentalnim kolegom osnovnih delcev pri interpretaciji teoretičnih rezultatov dobljenih s to metodo. Pri tovrstnih simulacijah je povezovanje v mednarodne skupine neobhodno potrebno, saj se numerično zahtevni izračuni izvajajo na specializiranih superračunalnikih.

Predlagane raziskave bodo vplivale na družbenoekonomski razvoj Slovenije na sledeči način: predlagane raziskave so prve raziskave hadronske fizike pri visokih energijah v Sloveniji. Od sodelovanja z raziskovalci v EU in ZDA pričakujemo prenos tovrstnih znanj v Slovenijo. Vpetost dela s tujimi partnerji, objavljanje v mednarodnih revijah ter aktivno sodelovanje na mednarodnih konferencah pripomore k promociji Slovenije. Dobro poznavanje najsodobnejših rezultatov in teorij je nujno pri poučevanju in medsebojni pomoči z eksperimentalnimi fiziki.

V okviru razvoja dveh lastnih fizikalnih metod za problem treh teles v kvantni mehaniki razvijamo tudi programsko kodo zanj. Vzdržujemo visok nivo znanja na področju optimizacije velikih programskih paketov, pri katerih so programerski prijemi bistveno različni od tistih, ki se uporabljajo pri študiju fizike, kjer je poudarek na enostavnosti, preglednosti in določeni eleganci kode. Veliki programi na primer zahtevajo lokalnost podatkov za učinkovito premikanje le-teh med spominom in procesorjem, kar pogosto pomeni popolnoma drugačno topologijo kode kot pri malih programih. Drug primer je težavna presoja, ali je smiselno program razbiti na več

šibko povezanih procesorjev, ali pa ga narediti večnitnega na močno povezanih procesorjih s skupnim spominom. Ta "know-how" lahko efektivno zmanjša potrebna sredstva za računalniško opremo tudi za polovico, gradi pa tudi zaklad orodij, ki omogoča npr. izvedbo aplikativnih nalog. Tako je bil realiziran model letala, s katerim je mogoče simulirati, na primer, Pilatus PC-9, uporabljeno pa je bilo znanje iz razvoja metode opisa treh teles ter optimizacije različnih programov, saj je model letala sposoben generirati tudi do 250 stanj na sekundo, in to pri nesimetrični konfiguraciji.

ANG

The theory of the electroweak and strong interactions of the basic elementary objects is known as the standard model. Contemporary world is very interested to learn more about the structure and nature of fundamental interactions and it financially supports such a studies. In the cultural development of Slovenia it is very important to have creative scientists who actively contribute in the development of this picture. The scientific community of the whole world will attribute Slovenia such a cultural level which Slovenian scientists create in their communication. On the social level it is important to work on the problems of elementary particle physics, due to the influence on our perception of the outside world. Within Slovenian frame it is important to have a theoretical group in this field which can bring in Slovenian research and cultural space new achievements in this field. This is very important on the university level, which is supposed to include recent scientific results in the current teaching process. Theoretical studies of our group are important for the Slovenian experimental physicists in this area, making the predictions relevant for their studies, counseling and in interpreting new experimental results.

For Slovenia it is important to be active also in lattice QCD, since this ab-initio method is providing ever more reliable results due to the improvements of computer technology and due to the developments of the lattice methods involved. The theoretical and experimental high-energy community in Slovenia will benefit from having local experts in this field, who can provide understanding and interpretation of the results from most recent lattice simulations.

The proposed research will have an impact on the socio-economic development of Slovenia in the following ways: the proposed research is the first theoretical research of hadronic physics at high energies in Slovenia. From the collaboration with other scientists in EU and USA we expect the transfer of knowledge to Slovenia.

The continuous interaction with partners from abroad, publishing in international journals and active participation in international conferences contribute to the promotion of Slovenia. A good knowledge of the latest results and theories is necessary in teaching and mutual help with experimental physicists.

While developing the CFHM and QLM methods we also develop the corresponding program code. We try to maintain a high level of know-how in large code optimization, where the coding methods may differ substantially from those taught at school, the latter stressing simplicity and certain elegance to the code. For example, large programs require data locality in order to speed up data transfer between memory and the CPU, usually necessitating a completely different code topology. Another example is the nontrivial decision whether to make code parallelism coarse or fine grained, i.e., whether to apply the MPI library and work on weakly connected CPUs or else apply openmp and work on an SMP (shared memory) machine. Such know-how may result in halved equipment budgetary requirements, and also builds a tool repository useful for application projects. In this way we realized a flight model able to simulate certain types of military aircraft, using knowledge based on QLM and optimization of several CPU-intensive codes, resulting in code able to generate up to 250 states per second in a nonsymmetrical configuration.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	2

bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	18

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
30870	Jure Drobnak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32156	Timon Mede	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33430	Ivan Nišandžić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34436	Admir Greljo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33269	Vasja Susič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Ivana Mustać	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
- Dr.** - Doktorat znanosti
- MR** - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
30870	Jure Drobnak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
32156	Timon Mede	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
33430	Ivan Nišandžić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
34436	Admir Greljo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
33269	Vasja Susič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
35593	Julio Julio	D - podoktorand	11	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13.Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Člani programske skupine S. Fajfer, J. Zupan, J. Kamenik so vključeni v raziskave RTN EU projekta Flavianet

prof. dr. Borut Bajc: 6. OP MUST; Minimalna teorija velikega poenotenja

doc. dr. Saša Prelovšek Komelj 7th framework Programme; HadronPhysics3; Snov, ki interagira preko močne sile 20122015

prof. dr. Borut Bajc: BIAR/0911006; Aspekti nadgradenj standardnega modela in hologrfska korespondenca med kvantno teorijo polja in gravitacijo

prof. dr. Borut Bajc: BIUS/0912036; Supersimetrija in poenotenje

prof. dr. Borut Bajc: BIAR/1214004; Aspekti korespondence AdSCFT v fiziki delcev in kozmologiji

dr. Jure Zupan: BIUS/0810021; Efektivne teorije za LHC

doc. dr. Jernej Fesel Kamenik BIUS/1415010; Higgsov bozon na stičišču fizike okusa ter temne snovi

doc. dr. Jernej Fesel Kamenik BIFR/1213PROTEUS003; Kršitve okusa na velikem hadronskem trkalniku

doc. dr. Jernej Fesel Kamenik BIUS/1112018; Prepletanje preciznih meritev in odkritij na LHC

doc. dr. Saša Prelovšek Komelj BIAT/0910012; Študij vzbujenih hadronov in tetrakvarkov v kromodinamiki na mreži"

14.Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

--

15.Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Novi rezultati programske skupine so zelo relevantni za raziskave eksperimentalne skupine za fiziko osnovnih delcev na F9 Inštituta Jožef Stefan, kateri sodelujejo v raziskavah na Velikem hadronskem trkalniku in supertovarni okusov BelleII ter na vesoljskih eksperimentih relevantnih za fiziko delcev v zgodnjem vesolju (Planck, FERMILAT, AMS02) ter mnogih manjših eksperimentov fizike in astrofizike delcev bodo v naslednjem desetletju najverjetneje temeljito poglobili naše razumevanje temeljnih zakonov fizike in njihovo aplikacijo v zgodnjem vesolju. Zato bo imel znanstveni program, ki prepleta meritve vseh teh eksperimentalnih programov na inovativen način, še naprej izredno velik odmev. Nenazadnje bodo rezultati znotraj programa potencialno odprli nove smeri eksperimentalnih meritev tako na LHC kot v preciznih meritvah pri nizkih energijah in v fiziki delcev v vesolju.

16.Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Mezoni Ds so sestavljeni iz valenčega kvarka c in antikvarka s v kvarkovskem modelu ter nastopajo v različnih kvantnih številih polne vrtilne količine J in parnosti P. Kvarkovski model je napovedal skalarni in aksialni mezon Ds kot široki resonanci nad DK oziroma DK pragom, eksperimentalno pa sta bila odkrita kot izredno ozki stanji pod pragom. V delu smo prvič ab-initio obravnavali vpliv praga na lego teh stanj z JP= 0+ in 1+. Ugotovili smo, da vpliv praga dejansko zniža njuno maso, in privede do ujemanja z eksperimentalno maso. V ta namen smo opravili simulacijo sipanj DK in DK in izluščili sipalno matriko. Odkrili smo, da ima sipalna matrika pol pod pragom in lega tega pola nam je dala informacijo o masi ustreznega vezanega stanja. Masi obeh vezanih stanj se dobro ujemata z izmerjenimi masami mezonov Ds0(2317) in Ds1(2460), kar prikazujejo rdeči krožci na sliki.

17.2. 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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

Institut "Jožef Stefan"

in

vodja raziskovalnega programa:

Svjetlana Fajfer

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

12.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/81

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

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

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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-RPROG-ZP/2015 v1.00b
0D-8B-CE-46-9C-A0-F5-27-16-00-34-3A-C1-C1-D6-AC-62-51-D8-DE

Priloga 1

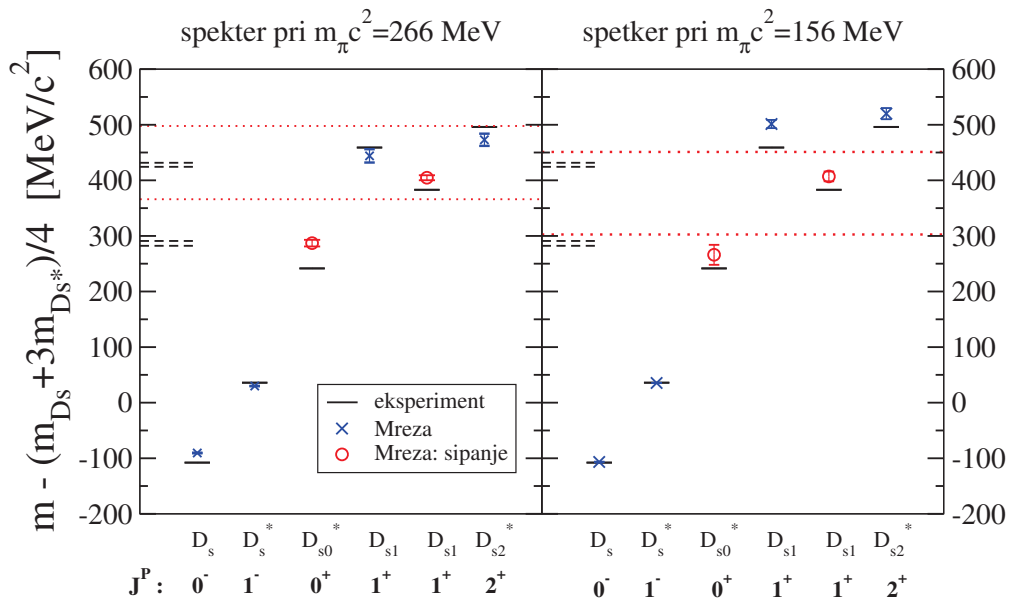
NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKA

Področje: 1.02 Fizika

Dosežek: Spekter mezonov D_s z simulacijo sipanja na mreži

Vir: C.B. Lang, L. Leskovec, D. Mohler, S. Prelovsek, R.M. Woloshyn, *D_s mesons with DK and D*K scattering near threshold*, *Physical Review D* 90 (2014) 034510.

Slika: Mase mezonov D_s z različnimi kvantnimi števili: primerjava izmerjenih vrednosti z vrednostmi izračunanimi s kromodinamiko na mreži. Mase m so podane glede na referenčno maso $(m_{D_s} + 3m_{D_s^*})/4$.



Mezoni D_s so sestavljeni iz valenčnega kvarka c in antikvarka \bar{s} v kvarkovskem modelu ter nastopajo v različnih kvantnih številih polne vrtilne količine J in parnosti P . Kvarkovski model je napovedal skalarni in aksialni mezon D_s kot široki resonanci nad DK oziroma D^*K pragom, eksperimentalno pa sta bila odkrita kot izredno ozki stanji pod pragom. V delu smo prvič ab-initio obravnavali vpliv praga na lego teh stanj z $J^P = 0^+$ in 1^+ . Ugotovili smo, da vpliv praga dejansko zniža njuno maso, in privede do ujemanja z eksperimentalno maso. V ta namen smo opravili simulaciji sipanj DK in D^*K in izluščili sipalno matriko. Odkrili smo, da ima sipalna matrika pol pod pragom in lega tega pola nam je dala informacijo o masi ustreznega vezanega stanja. Masi obeh vezanih stanj se dobro ujemata z izmerjenimi masami mezonov $D_{s0^*}(2317)$ in $D_{s1}(2460)$, kar prikazujejo rdeči krožci na sliki. Tudi izračunane mase ostalih mezonov D_s se razmeroma dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi, kar ponazarjajo modri križci. To delo predstavlja prvo ab-initio obravnavo močnih vezanih stanj nedaleč pod pragom v mezonskem sektorju.