

FORMULÁR RS1/2005

Ročná správa o riešení úlohy za rok 2005

Evidenčné číslo úlohy: APVT-51-005704

Názov úlohy:

Teória silných interakcií subjadrových častíc a fyzikálne javy a procesy na veľkých vzdialenostiach

Riešiteľ: RNDr. Štefan Olejník, DrSc.

Organizácia:

Názov: Fyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied

IČO: 166537

Štát: SR

Obec: Bratislava

Číslo: 9

Ulica: Dúbravská cesta

PSČ: 845 11

Smer. tel.č.: 02

Telefón: 59410503

Fax: 54776085

E-mail: stefan.olejnik@savba.sk

Začiatok riešenia úlohy (MM/YY): 01/05

Koniec riešenia úlohy (MM/YY): 12/07

Pridelené finančné prostriedky z APVV za rok 2005 v roku 2005 (v Sk):	487000
Prenesené z predchádzajúceho roka (v Sk):	0
Spolu (v Sk):	487000
Z toho použité (v Sk):	487000
Celkové nečerpané do 31.12. 2005 (v Sk):	0

Potvrdzujeme, že údaje uvedené v správe a jej prílohách sú pravdivé a úplné.

Dátum: 23.1.2006

Podpis:

hlavný riešiteľ

Dátum:

Podpis:

štatutárny zástupca

Pečiatka:

Evidenčné číslo úlohy: APVT-51-005704

Stav riešenia úlohy

↓↓

Voľný text

Dosiahnuté výsledky

V návrhu projektu boli hlavné ciele zhrnuté do troch skupín (pozri str. PR104 návrhu). Zhrnieme tu hlavné výsledky resp. pokrok pri plnení cieľov v každej skupine (čísla v hranatých zátvorkách odkazujú na odborné články, ktoré sú uvedené ďalej v zozname publikácií projektu na str. 5):

1. Výskum uväznenia kvarkov v kvantovej chromodynamike na mriežke:

Zaoberali sme sa dvoma teoretickými predstavami o mechanizme uväznenia kvarkov v kvantovej chromodynamike (QCD). Podľa jednej je uväznenie dôsledkom kondenzácie tzv. centrálnych vortexov, iná považuje za príčinu akumuláciu kalibračných polí (v coulombovskej kalibrácii) v konfiguračnom priestore v oblasti okolo Gribovovho horizontu, kde je hodnota tzv. Faddejevovho-Popovovho (FP) operátora blízka k nule. V rozsiahlych numerických simuláciách QCD na mriežke sme ukázali, že tieto dva zdanlivo rôzne obrazy úzko súvisia [1.3, 2.3]. Navrhli sme jednoduché kritérium uväznenia farebných nábojov, ktoré dáva do súvisu nekonečnú energiu farebných stavov s vlastnosťami spektra vlastných stavov FP operátora v coulombovskej kalibrácii, a určili sme spektrum najnižších vlastných hodnôt FP operátora. Ukázali sme, že vlastnosti spektra, ktoré zapríčiňujú uväznenie, súvisia s prítomnosťou centrálnych vortexov a vymiznú, ak vortexy z teórie odstránime alebo ak vortexy prestanú perkolovať. Získali sme tiež zaujímavé analytické výsledky o úlohe centrálnych vortexov a o štruktúre Gribovovho horizontu.

Numericky sme ďalej skúmali spektrum vlastných stavov kovariantného laplaciánu v QCD na mriežke. Zistili sme [1.2, 2.1, 2.2], že vlastné stavy operátora na dolnom a hornom okraji spektra sú lokalizované v konečných oblastiach, ktorých objem nezávisí od veľkosti mriežky. Pozorovali sme však odlišné správanie v rôznych reprezentáciách kalibračnej grupy. Vo fundamentálnej reprezentácii je lokalizačný objem konečný vo fyzikálnych jednotkách a lokalizácia vymizne, ak z teórie odstránime centrálny vortex. Pre laplacián v pridruženej reprezentácii a reprezentácii s $j=3/2$ sú najnižšie a najvyššie stavy oveľa viac lokalizované, pričom lokalizačný objem sa v spojitom limite blíži k nule. Vlastné módy laplaciánu v rôznych reprezentáciách sú tak zrejme citlivé na vlastnosti vákuového stavu teórie na rôznych škálach vzdialeností. Zistili sme tiež, že vlastné stavy spektra FP operátora v coulombovskej kalibrácii nie sú lokalizované, čo je v súlade s predstavami o mechanizme uväznenia v tejto kalibrácii.

2. Štúdium modelov teórie poľa v premenných svetelného frontu:

Neporuchovou metódou DLCQ sme našli spektrum nízkoležiacich stavov dvojrozmerného skalárneho modelu s kvartickou samointerakciou vo fáze narušenej symetrie [1.1]. Pre periodické i antiperiodické hraničné podmienky sme určili hmotnosť a hustotu rozdelenia elementárnych bozónov v kvantovom solitóne (kinku a kinku-antikinku) i Fourierov obraz jeho formfaktoru, ktorý sa ukázal byť blízky profilu topologického riešenia klasickej pohybovej rovnice modelu.

Ďalej sme sa venovali neabelovskej SU(2) kalibračnej teórii v dvoch rozmeroch s dynamickými fermiónmi, kvantovanej v premenných svetelného frontu (light front, LF). Bolo vykonané Diracovo-Bergmannovo kvantovanie tohto modelu, ktoré zohľadňuje prítomnosť väzieb v ňom. Nadbytočné stupne voľnosti vektorového poľa boli odstránené naložením kalibračnej podmienky vedúcej k tzv. „light-cone“ kalibrácii. V konečnom objeme jediným dynamickým bozónovým stupňom voľnosti zostal nulový mód jednej farebnej komponenty „gluónového“ poľa, ktorého kinetický člen v hamiltoniáne obsahuje vďaka netriviálnej geometrii SU(2) parametrického priestoru Jacobiho determinant, úmerný sínusu nulového módu v súradnicovej reprezentácii. Vďaka singularitám tohto determinantu nie je možné vytvoriť kalibračne invariantnú superpozíciu súboru degenerovaných vákuí, čo predstavuje hlavný rozdiel voči abelovskej kalibračnej teórii. Momentálne je rozpracovaný aj prístup k tomuto mo-

delu, založený na odlišnej, tzv. Weylovej kalibračnej podmienke, ktorá je bližšia kvantovej povahe modelu. Pracuje sa na pochopení vplyvu netriviálnej geometrie na fermiónovú časť fyzikálneho vákua, ktoré v analógii s abelovskou teóriou má tvar koherentných stavov fermiónových bilineárnych (bozonizovaných) operátorov. Všetky tieto výsledky sú obsiahnuté v rozpracovanom rukopise publikácie. Potrebné je ešte dopočítať tzv. singletovú anomáliu axiálne-vektorového prúdu.

Odklad publikovania rozpracovanej práce do roku 2006 spôsobila skutočnosť, že v priebehu riešenia tejto čiastkovej úlohy sme si uvedomili nové súvislosti v problematike spontánneho narušenia symetrie (SNS) v LF teóriách. Ukázalo sa, že prístup k SNS, založený na odvodení koherentných stavov, reprezentujúcich lepšie minimum energie ako zvyčajné LF Fockovo vákuum, je možné zovšeobecniť. Pôvodne bol tento prístup rozvinutý v dvojrozmernej skalárnej teorii s kvartickou samo-interakciou a diskretnou vnútornou symetriou. Potvrdil sa predpoklad, že analogický prístup by mohol viesť k vysvetleniu Higgsovoho mechanizmu v 3+1 rozmernej LF teorii opisujúcej interakciu komplexného skalárneho poľa s abelovským vektorovým poľom vo fáze narušenej symetrie. Aj v tomto prípade semikvantové koherentné stavy (ich nekonečný súbor v dôsledku spojitosti symetrie) zodpovedajú minimu LF energie. Odvodený „efektívny“ LF hamiltonián v radiálnej kalibrácii popisuje jeden hmotný skalár a masívne vektorové pole v úplnej korešpondencii so známym výsledkom z konvenčnej teórie poľa. Tejto neplánovanej časti projektu zodpovedá publikácia, zaslaná do Nucl. Phys. (Proc. Suppl.) [4.1].

3. Fenomenologické aplikácie efektívnych teórií poľa:

V tejto čiastkovej úlohe sa v prvej a sčasti aj druhej etape projektu má rozpracovať prístup k nízkoenergetickému pión-nukleónovému rozptylu s využitím tzv. Royových rovníc. V tomto roku boli napísané a odladené programy na numerické riešenie Royových rovníc a tiež na riešenie inej varianty disperzných vzťahov, konkrétne tzv. forward dispersion relations. Táto iná varianta sa nesie presne v duchu prác bernskej skupiny (Gasser, Leutwyler, Sainio, Locher), ktoré priniesli doteraz najspoľahlivejšie určenie pión-nukleónového sigma člena. Dôvodom pre použitie aj týchto disperzných vzťahov je snaha mať pod čo najlepšou kontrolou zmeny, ktoré prinesie používanie nových experimentálnych dát pri určovaní sigma člena.

V ďalšej etape riešenia použijeme tieto programy na určenie sigma člena oboma metódami použitím starých aj nových databáz experimentálnych údajov. Tým získame jasnú predstavu o tom, do akej miery bude za novú hodnotu sigma člena zodpovedná nová metóda (Royove rovnice) a do akej miery bude prípadný posun v hodnote sigma člena dôsledkom nových experimentálnych dát.

Vyjadrenie o splnení cieľov 1. etapy úlohy

Na základe horeuvedeného súboru výsledkov možno konštatovať, že ciele prvej etapy projektu boli splnené, boli dosiahnuté a publikované dôležité výsledky a ďalšie problémy sú v pokročilom štádiu riešenia.

Dosiahnuté výsledky neostali nepovšimnuté. Publikované články boli hneď po výjdení viackrát citované: článok [1.2] 8-krát, článok [1.3] 12-krát a článok [2.1] raz.

Dňa 19.12.2005 sa vo Fyzikálnom ústave SAV v Bratislave uskutočnil verejný pracovný seminár, na ktorom hlavní riešitelia projektu predniesli informácie o stave rozpracovanosti a výsledkoch jednotlivých čiastkových úloh a diskutovali o cieľoch a plánoch pre druhý rok riešenia. Seminár sa konal za pomerne širokej účasti odbornej verejnosti.

Doplňujúce informácie o riešení úlohy

Zapojenie doktorandov do riešenia projektu: Do riešenia projektu sme v priebehu roka 2005, tak ako sme pôvodne plánovali v návrhu, zapojili aj doktorandov, a to Mgr. Zuzanu Dzurákovú (školiťelom je M. Mojžiš) a Mgr. Ľudovíta Liptáka (pod vedením Š. Olejníka). O ich začlenení do projektu sme APVT/APVV informovali 3.6.2005 a 2.9.2005.

Prezentácia výsledkov na medzinárodných konferenciách: Výsledky projektu boli prezentované v 3 príspevkoch na konferencii *LATTICE 2005 - XXIIIrd International Symposium on Lattice*

Field Theory v Dubline (Írsko), jeden z nich predniesol Š. Olejník [4.7], ostatné dva jeho zahraniční spolupracovníci. Všetky tri príspevky už boli publikované v zborníku [2.1, 2.2, 2.3].

E. Martinovič predniesol výsledky na medzinárodnej konferencii *Workshop on Light-Cone QCD and Nonperturbative Hadron Physics 2005* (Cairns, Austrália) [4.1] a na *Light-Cone Workshope* (Clermont-Ferrand, Francúzsko) [4.2]. Príspevok z prvej konferencie výjde v karentovanom časopise *Nuclear Physics (Proc. Suppl.)*.

M. Mojžiš bol pozvaný o problematike, ktorou sa v projekte zaoberá, predniesť sériu 4 prednášok na letnej škole *17th Indian-Summer School - Effective Field Theories* v Reži v ČR [4.3 až 4.6]. Na tejto škole sa zúčastnili aj obaja doktorandi projektu.

Náklady na účasť na konferenciách (Dublin, Cairns, Rež) boli hradené z prostriedkov grantu.

Iné formy prezentácie výsledkov projektu: Š. Olejník prezentoval výsledky na seminároch na Karlovej univerzite v Prahe (9.3.2005) a na Univerzite v Grazi (19.10.2005). Z. Dzuráková a E. Martinovič predniesli odborné semináre na FMFI UK v Bratislave, Š. Olejník 2 odborné semináre vo FÚ SAV v Bratislave.

Pri príležitosti Svetového roka fyziky 2005 venoval Československý časopis pre fyziku svoje 6. číslo výsledkom výskumu na Slovensku. Prehľadový príspevok do čísla napísal aj Š. Olejník [2.4], pričom v závere oceňuje podporu, ktorú jeho výskumu poskytla APVT/APVV.

Zahraničná spolupráca: Účasť na vyššie spomínaných konferenciách sme využili aj na intenzívne konzultácie a diskusie o ďalšom smerovaní s našimi zahraničnými spolupracovníkmi, ktorí sa ich zúčastnili (Greensite, Langfeld, Polikarov, Syricyn a Zwanziger v Dubline; Harindranath, Vary a ďalší v Cairns).

Z prostriedkov grantu sme hradili náklady spojené s krátkymi návštevami troch zahraničných odborníkov vo FÚ SAV (prof. Alkofera z Univerzity v Grazi, Ing. Hošek z ÚJF AV ČR v Reži a dr. Řídkého z FzÚ AV ČR v Prahe). So všetkými sme diskutovali o výsledkoch a konzultovali problémové okruhy nášho projektu, všetci tiež predniesli vo FÚ SAV prednášky, ktoré vyvolali primeraný záujem a mali priaznivú odozvu.

Zoznam publikácií za sledovaný rok riešenia úlohy:

1. Publikácie v karentovaných časopisoch	Počet: 3
<ol style="list-style-type: none"> 1. D. Chakrabarti, A. Harindranath, L. Martinovič, G. B. Pivovarov, J.P.Vary: <i>Ab initio results for the broken phase of scalar light front field theory</i>, Physics Letters B 617 (2005) 92-98. 2. J. Greensite, Š. Olejník, M. I. Polikarpov, S. N. Syritsyn, V. I. Zakharov: <i>Localized eigenmodes of covariant Laplacians in the Yang-Mills vacuum</i>, Physical Review D71 (2005) 114507 (str. 1-12). 3. J. Greensite, Š. Olejník, D. Zwanziger: <i>Center vortices and the Gribov horizon</i>, Journal of High Energy Physics 05 (2005) 070 (str. 0-38). 	
2. Publikácie v nekarentovaných časopisoch resp. zborníkoch	Počet: 4
<ol style="list-style-type: none"> 1. J. Greensite, Š. Olejník, M. I. Polikarpov, S. N. Syritsyn, V. I. Zakharov: <i>Localized eigenmodes of the covariant lattice Laplacian</i>, Proceedings of Science, LAT2005 (2005) 325 (str. 1-6). 2. J. Greensite, Š. Olejník, M. I. Polikarpov, S. N. Syritsyn, V. I. Zakharov: <i>Eigenmodes of covariant Laplacian in SU(2) Yang-Mills vacuum: higher representations</i>. Proceedings of Science, LAT2005 (2005) 326 (str. 1-6). 3. J. Greensite, Š. Olejník, D. Zwanziger: <i>Gribov horizon under the (lattice) microscope</i>. Proceedings of Science, LAT2005 (2005) 293 (str. 1-6). 4. Š. Olejník: <i>Príbeh s otvoreným koncom: Uväznenie farby v kvantovej chromodynamike na mriežke</i>, Československý časopis pre fyziku 55 (2005) 547-557 [referatívny článok do čísla o fyzikálnom výskume v SR v rámci Svetového roku fyziky 2005, zhŕňa o.i. niektoré výsledky projektu APVT]. 	
3. Vedecké monografie (aj jednotlivé kapitoly)	Počet: 0
4. Príspevky na vedeckých konferenciách (prednášky, postery)	Počet: 7
<ol style="list-style-type: none"> 1. L. Martinovič: <i>Spontaneous symmetry breaking and Higgs mechanism in a light front formulation</i>, príspevok na medzinárodnej konferencii <i>Workshop on Light-Cone QCD and Nonperturbative Hadron Physics 2005</i>, Cairns, Austrália, 7.-15. júla 2005 [bude uverejnené v zborníku v karentovanom časopise Nuclear Physics (Proc. Supl.)]. 2. L. Martinovič: <i>Symmetry breaking in the light-front abelian Higgs model</i>, príspevok na <i>Light-Cone Workshope</i>, Clermont-Ferrand, Francúzsko, 18.-20. októbra 2005. 3. M. Mojžiš: <i>What QCD tells us about the nucleon 1., QCD at low energies - an overview</i>, pozvaná prednáška na <i>17th Indian-Summer School, Effective Field Theories</i>, Řež, ČR, 9.-13. septembra 2005. 4. M. Mojžiš: <i>What QCD tells us about the nucleon 2., Strangeness content of the nucleon</i>, pozvaná prednáška na <i>17th Indian-Summer School, Effective Field Theories</i>, Řež, ČR, 9.-13. septembra 2005. 5. M. Mojžiš: <i>What QCD tells us about the nucleon 3., Analyticity, Unitarity and all that</i>, pozvaná prednáška na <i>17th Indian-Summer School, Effective Field Theories</i>, Řež, ČR, 9.-13. septembra 2005. 6. M. Mojžiš: <i>What QCD tells us about the nucleon 4., Pionic atoms</i>, pozvaná prednáška na <i>17th Indian-Summer School, Effective Field Theories</i>, Řež, ČR, 9.-13. septembra 2005. 7. Š. Olejník: <i>Gribov horizon under the (lattice) microscope</i>, príspevok na <i>XXIIIrd International Symposium on Lattice Field Theory</i>, 25.-30. júla 2005, Dublin, Írsko [publikované v Proceedings of Science, http://pos.sissa.it/, pozri vyššie]. 	
5. Doktorandské a diplomové práce	Počet: 0
6. Výskumné správy	Počet: 0
7. Patenty, priemyselné a úžitkové vzory (uvedte aj prihlášky)	Počet: 0

Kópie publikácií ([1.1, 1.2, 1.3] a [2.1, 2.2, 2.3, 2.4] v zozname hore) sa nachádzajú v prílohe.

Miesto: Bratislava

Podpis hlavného riešiteľa

Dátum: 23.1.2006