

FORMULÁR RS1/2006

**Ročná správa o riešení projektu
za rok 2006**

Evidenčné číslo projektu: APVT-51-005704

Názov projektu:

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

Meno zodpovedného riešiteľa: RNDr. Štefan Olejník, DrSc.

Organizácia žiadateľa: Fyzikálny ústav SAV

Začiatok riešenia projektu (MM/RR): 01/05

Koniec riešenia projektu (MM/ RR): 12/07

v Sk na 2 des. miesta

1	Pridelené finančné prostriedky z APVV v roku 2006	513 000,00
2	Prenesené finančné prostriedky z roka 2005	0,00
3	Spolu k použitiu v roku 2006 (1+2)	513 000,00
4	Vyčerpané finančné prostriedky do 31.12.2006	513 000,00
5	Nevyčerpané finančné prostriedky do 31.12.2006 (3-4)	0,00
6	Vrátené finančné prostriedky do štátneho rozpočtu	0,00

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

Dátum: 26.1.2007

Podpis:
zodpovedný riešiteľ

Podpis a pečiatka:
štatutárny zástupca

Evidenčné číslo projektu: APVT-51-005704

Základné informácie o projekte, jeho riešiteľoch, cieľoch a pravidelne aktualizované informácie o výsledkoch a publikáciách možno nájsť na internetových adresách:

http://dcps.sav.sk/olejnik/projects/a_51_005704/ (v anglickom jazyku),
http://dcps.sav.sk/olejnik/projects/a_51_005704/sk/ (v slovenskom jazyku).

Časť A - Stav riešenia projektu a upresnenie harmonogramu prác na ďalší rok

1. Postup prác pri riešení projektu na pracovisku žiadateľa a spoluriešiteľov vzhľadom na harmonogram riešenia projektu

V návrhu projektu boli hlavné ciele zhrnuté do troch skupín (pozri str. PR104 návrhu). Preto v tejto a ďalších častiach správy zhrnieme postup prác, pokrok pri riešení, dosiahnuté výsledky a plány na nasledujúci rok v každej skupine zvlášť. Čísla v hranatých zátvorkách odkazujú na odborné články a iné zdroje, ktorých zoznam sa nachádza na konci tejto časti.

1. Výskum uväznenia kvarkov v kvantovej chromodynamike na mriežke

V minulosti sme v sérii prác ukázali, že uväznenie farby v kvantovej chromodynamike bez dynamických kvarkov úzko súvisí s kondenzáciou centrálnych vortexov a tým zdanlivo aj s tzv. globálnou centrálnou symetriou, ktorá v tejto teórii existuje. V teórii s dynamickými farebnými nábojmi je centrálna symetria explicitne narušená; zaujímavou a dôležitou otázkou preto je, či centrálny vortexy hrajú dôležitú úlohu aj v tejto situácii. Keďže požiadavky na numerické simulácie úplnej teórie s dynamickými kvarkami mnohonásobne prekračujú naše počítačové možnosti, skúmali sme túto otázku v zjednodušenom modeli kalibračných polí interagujúcich so skalárnymi higgsovskými poliami. Ukázali sme [1,6], že zachovanie resp. narušenie globálnej centrálnej symetrie priamo nesúvisí s vortexovým mechanizmom uväznenia. Skúmali sme tiež podrobnejšie fázovú štruktúru tohto modelu a demonštrovali sme, že rozdelenie fázového diagramu na fázu uväznenia a higgsovskú fázu tzv. Kertészovou čiarou nie je jednoznačné, závisí od voľby (nelokálneho) parametra usporiadania. Toto zistenie je v súlade s tzv. Osterwalderovou-Seilerovou–Fradkinovou-Shenkerovou teorémou.

Ďalej sme napísali a odladili program na simuláciu kalibračnej teórie s kalibračnou grupou $G(2)$. $G(2)$ je zaujímavá tým, že to je najmenšia spomedzi tzv. výnimočných lieovských grúp, má triviálne centrum a obsahuje $SU(3)$ ako podgrupu. Výsledky numerických simulácií pre $G(2)$ kalibračnú teóriu sme publikovali v práci [2]. Tam sme ukázali, že tierenie farebných nábojov gluónmi implikuje doménovú štruktúru vákuového stavu neabelovských kalibračných teórií, pričom farebný magnetický tok v každej doméne je kvantovaný v jednotkách zodpovedajúcich elementom centra kalibračnej grupy. Casimirovské škálovanie strunových napätí medzi farebnými nábojmi na intermediárnych vzdialenostiach je dôsledkom náhodných priestorových fluktuácií farebného magnetického toku vo vnútri každej domény. Výnimočná grupa $G(2)$ pritom predstavuje príklad, a nie výnimku z tohto pravidla, hoci v jej prípade existuje iba jeden typ vákuových fluktuácií, zodpovedajúci jedinému (triviálnemu) elementu centra. Ukázali sme ďalej, že potenciál medzi farebnými nábojmi z fundamentálnej reprezentácie grupy $G(2)$ rastie lineárne na intermediárnych vzdialenostiach. Skúmali sme aj hodnoty rôznych veličín v projekciách vo vhodných kalibráciách (maximálna $SU(3)$ resp. maximálna $Z(3)$ kalibrácia), užitočnosť takýchto projekcií sa však v prípade $G(2)$ teórie javí ako spomá.

Nadviazali sme tiež na výsledky z minulého roka [3] a pokračovali v skúmaní lokalizačných vlastností spektra najnižších stavov kovariantného laplaciánu v pridruženej reprezentácii kalibračnej grupy. Nové výsledky naznačujú, že interval medzi najnižšou vlastnou hodnotou kovariantného laplaciánu a tzv. hranou mobility rastie v spojitej limite do nekonečna. Tento výsledok má zaujímavé dôsledky pre konzistentnosť poruchovej teórie v prípade skalárných polí interagujúcich s kalibračnými poliami, ktoré sú diskutované v závere našej práce [4]. Zároveň poukazuje na možný súvis uväznenia farby s javom lokalizácie, ktorý je známy napr. z Andersonovej teórie fázového prechodu kov-izolant.

Konečne, „nahryzli“ sme aj problém, ktorému sa budeme zrejme venovať väčšinu ďalšieho roku riešenia projektu, a síce problém štruktúry vákuového stavu v Yangovej-Millsovej teórii v (2+1)- a (3+1)-rozmernom časopriestore. Prvé predbežné výsledky boli publikované v preprinte [5]. Tam sme ukázali, že v 2+1 rozmeroch základný stav abelovskej teórie v temporálnej kalibrácii, ak naň naložíme podmienku neabelovskej kalibračnej invariantnosti, má vlastnosti stavu s uväznením farby.

II. Štúdium modelov teórie poľa v premenných svetelného frontu

Vypracovali sme podrobný fyzikálny obraz Higgsovho mechanizmu v light-front (LF) verzii kvantovej teórie komplexného skalárneho poľa interagujúceho s abelovským kalibračným poľom vo fáze narušenej symetrie pri troch rôznych kalibračných podmienkach (bez fixovania kalibrácie, v radiálnej kalibrácii a v tzv. light-cone kalibrácii). Naš prístup bol založený na kvantovaní v konečnom objeme s antiperiodickými hraničnými podmienkami pre skalárne polia a na nájdení vákuových stavov, zodpovedajúcich lepšiemu minimu energie, než prislúcha zvyčajnému Fockovmu vákuu. Odvodili sme nekonečný súbor takýchto neinvariantných degenerovaných vákuových stavov, čo zodpovedá obvyklej interpretácii spontánneho narušenia symetrie, ktorá doteraz nebola získaná v LF teórii poľa. Fyzikálne dôsledky narušenia kalibračnej symetrie sú identické s dôsledkami v konvenčnej teórii poľa: kalibračné pole sa stane masívnym na úkor „pohltenia“ zdanlivého Goldstonovho bozónu a rovnako druhá komponenta komplexného skalárneho poľa získa nenulovú hmotnosť. Zaujímavým aspektom nášho prístupu je aj využitie menej známeho kalibračne invariantného lagranžianu masívneho vektorového poľa Stückelberga-Sopera. Výsledky boli zverejnené v článku, ktorý sme zaslali do elektronického preprintového archívu a je v recenznom konaní v odbornom časopise Physics Letters B [7].

Analyzovali sme aj fermiónovo-bozónovú duálnosť v dvojrozmerných kvantovopoľných modeloch známu ako technika bozonizácie. Táto metóda doposiaľ nebola študovaná v LF prístupe. Ukázali sme, že voľné masívne fermiónové pole možno zapísať ako exponentu bozónového poľa, pričom pri vhodne zvolených konštantách budú dve takéto exponenty antikomutovať, čo je vlastnosť fermiónových polí. Základom našej metódy je tzv. Schwingerov člen v komutátore dvoch LF vektorových prúdov, ktorý dovoľuje vyjadriť bozónové pole pomocou fermiónového vektorového prúdu. Našli sme aj bozonizovaný tvar hmotového fermiónového členu, ktorý sa líši od analogickej formuly v konvenčnej kvantovej teórii poľa svojou nelokálnosťou, pochádzajúcou z fermiónovej väzbovej rovnice v LF teórii. V podobnom duchu sme študovali aj bozonizáciu masívneho Schwingerovho modelu a masívneho Thirringovho modelu. Výsledky boli prednesené na konferencii LC 2006 – Light-Cone QCD and Non-Perturbative Hadron Physics v Minneapolise a sú obsahom rukopisu, ktorý je tesne pred dokončením.

Rozpracovali sme LF verziu neabelovskej dvojrozmernej teórie vektorového poľa interagujúceho s masívnymi fermiónmi v pridruženej reprezentácii grupy SU(2). Našli sme riešenie viazaného systému väzbových rovníc pre farebné „mínus“ komponenty kalibračného poľa, čo dovolilo zapísať LF Hamiltonián tohto modelu v uzavretom tvare v prípade naloženia light-cone kalibrácie. Motiváciou pre štúdium teórie s fermiónovými poliami v pridruženej reprezentácii je očakávaný jednoduchší výpočet tzv. fermiónového vákuového kondenzátu oproti masívnemu Schwingerovmu modelu. Tieto kondenzáty, predstavujúce dôležitú charakteristiku vákuovej štruktúry kalibračných modelov, zatiaľ neboli v LF teórii vypočítané. Spolu s analogickou analýzou SU(2) teórie v LF premenných s fermiónmi vo fundamentálnej reprezentácii tvoria naše výsledky obsah rukopisu, pripravovaného na uverejnenie.

Neplánovane sme na požiadanie hlavného redaktora časopisu Acta Physica Slovaca prof. Bužeka pripravili pre časopis prehľadový článok s názvom „Light front field theory – a simple introduction“. Práca o rozsahu cca 120 strán podáva popri vysvetlení základov kvantovej teórie poľa v premenných svetelného frontu a detailnom porovnaní týchto aspektov s ich analógi v štandardnej teórii poľa aj niektoré nové výsledky týkajúce sa napr. formulovania kalibračne invariantného prístupu k LF kvantovaniu a LF verzii presne riešiteľného tzv. Federbushovho modelu. Práca súčasne prezentuje v prístupnej forme viaceré už publikované výsledky autora (a jeho spolupracovníkov) a predstavuje aj pokus o kompaktnú formuláciu LF teórie poľa z jednotiaceho hľadiska. Článok bude zaslaný do časopisu začiatkom roku 2007 a výjde v priebehu roka.

III. Fenomenologické aplikácie efektívnych teórií poľa

V tejto časti projektu došlo v priebehu roka 2006 k spomaleniu plánovaných prác, a to najmä z dôvodov komplexnosti riešeného problému, dôsledkom ktorej je záverečné testovanie a hľadanie možných chýb mimoriadne náročné. V časti práce venovanej dopredným disperzným vzťahom (forward dispersion relations) - nie však zatiaľ v časti venovanej Royovým rovnicami - sme získali fyzikálne výsledky, pri testovaní ich spoľahlivosti sme však narazili na veľké množstvo rôznorodých problémov. Keďže použitá metóda môže byť pomerne citlivá jednak na fyzikálne, ale aj na numerické spracovanie, v tejto etape sme sa pokúšali nájsť možné zdroje chýb v oboch oblastiach, ako aj určiť citlivosť metódy na jednotlivé vstupy. Kvôli zefektívneniu tohto procesu sme sa spojili s autormi pôvodného článku [9] (konkrétne s Mikkom Sainiom) a získali pôvodné programy v jazyku Fortran, pričom sme porovnávali použité numerické metódy a fyzikálne spracovanie. Ukázalo sa, že tento čiastkový problém je zložitejší a ovplyvnený viacerými faktormi, ako sa pôvodne predpokladalo. Vzhľadom na povahu problému bolo nutné do programu vložiť niekoľko obmedzení a obširne testovať ich dôsledky a vplyv na výsledky. Z týchto dôvodov nezostal čas venovať sa programom určeným na riešenie integrálnych Royových rovníc. Avšak vedomosti, častokrát neintuitívne a nanajvýš netriviálne, ktoré sme získali v roku 2006, dokážeme veľmi dobre zúročiť práve pri riešení fyzikálne zaujímavejších Royových rovníc v roku 2007.

Doterajšie výsledky riešenia tejto časti projektu neboli ešte vhodné na zverejnenie v odbornom časopise, boli však obsiahnuté v diplomovej práci Michala Deáka [10] a v písomnej práci k dizertačnej skúške doktorandky Zuzany Dzurákovej [11].

Doplňujúce informácie o riešení projektu

Prezentácia výsledkov na medzinárodných konferenciách: Výsledky projektu prezentoval Š. Olejník v príspevku v zborníku z konferencie *Sense of Beauty in Physics* v Pise (Taliansko), pozri [6], a na konferencii *QCD: Facts and Prospects* v Oberwölzi (Rakúsko). Ľ. Martinovič predniesol príspevok na konferencii *LC 2006 – Light-Cone QCD and Non-Perturbative Hadron Physics* v Minneapolise (USA) a dve prednášky na *Light-Cone Workshope* v Autrans (Francúzsko). M. Mojžiš predniesol sériu 4 prednášok o chirálnej teórii porúch na *23rd Students Workshop on Electromagnetic Interactions* v Bosene (Nemecko).

Medzinárodná spolupráca: Riešitelia projektu majú pomerne široké medzinárodné kontakty a neformálne spolupráce. Na doterajších publikáciách v rámci projektu boli spoluautormi pracovníci z USA (New York Univ., San Francisco State Univ.), z Nemecka (Univerzity v Tübingene a Mníchove), z Veľkej Británie (Plymouth Univ.), z Francúzska (Montpellier Univ.) a z Ruska (ITEF v Moskve). Aktívna výmena skúseností, výsledkov a časté konzultácie prebiehajú aj s pracovníkmi v Rakúsku (TU vo Viedni, Univ. Graz) a v ďalších pracoviskách v USA (Iowa State Univ., SLAC v Stanforde).

V roku 2005 strávil Ľ. Martinovič 10-mesačný pobyt na Univerzite v MontPELLIERI s podporou NATO, pričom sa venoval problematike nášho projektu. V roku 2006 toto pracovisko opäť dvakrát navštívil, pričom spolupráca vyústila do spoločnej publikácie [7].

Na kontakty so zahraničnými spolupracovníkmi sme využili aj účasť na konferenciách, napr. na konferencii v Pise s prof. M. Polikarpovom a prof. V. Zakharovom. Š. Olejník sa tiež zúčastnil na konferencii *Hadron Structure and Nonperturbative QCD* v Schladmingu (Rakúsko), kde prof. J. Greensite predniesol sériu prednášok o ich spoločných výsledkoch. Pobyt bol využitý na intenzívne konzultácie, ktorých výsledkom bola publikácia [2].

Z prostriedkov grantu boli tiež hradené náklady spojené s krátkymi návštevami 4 zahraničných odborníkov vo FÚ SAV (prof. B. Bakker z Univerzity v Amsterdame, prof. R. Alkofera z Univerzity v Grazi, prof. M. Fabera z Technickej univerzity vo Viedni a prof. J. Greensita zo San Francisco State Univ.). So všetkými sme diskutovali o výsledkoch, konzultovali problémové okruhy projektu a vytýčili témy na spoluprácu. Prof. Bakker predniesol vo FÚ SAV odbornú prednášku, ktorá mala priaznivú odozvu.

2. Rozbor priebežných výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele

Znovu po jednotlivých tematických okruhoch projektu:

I. Výskum uväznenia kvarkov v kvantovej chromodynamike na mriežke

Ciele na rok 2006 boli v „Upresnení cieľov a programe prác na rok 2006“ (formulár RS6/2005) stanovené takto (citujeme v skrátenej forme):

1. skúmanie úlohy centrálnych vortexov a dominantnosti centra grupy v rôznych fázach modelu kalibračných polí interagujúcich s higgsovským poľom vo fundamentálnej reprezentácii a správania rôznych nelokálnych parametrov usporiadania v okolí tzv. Kertészovej čiary vo fázovom diagrame modelu,
2. odladenie programov na simulovanie kalibračnej teórie s kalibračnou grupou $G(2)$, ktorá má triviálne centrum, a preskúmanie úlohy, ktorú hrajú v tejto teórii stupne voľnosti z jej $SU(3)$ podgrupy a z jej centra $Z(3)$,
3. pokračovanie v štúdiu lokalizačných vlastností vlastných stavov kovariantných laplaciánov na mriežke s cieľom určiť polohu tzv. hrany mobility v spektre stavov a jej správania v spojitých limite.

Ako vyplýva zo súhrnu výsledkov v časti A.1, všetky ciele tejto etapy boli splnené, dokonca bola už otvorená problematika, plánovaná na posledný rok riešenia.

II. Štúdium modelov teórie poľa v premenných svetelného frontu

Ciele na rok 2006 boli (skrátené):

1. dokončenie výpočtov a rukopisu práce o neabelovskej dvojdimenzionálnej LF teórii s dynamickými fermiónmi,
2. analýza vákuovej štruktúry a iných kvantových vlastností $(2+1)$ -rozmernej QED a QCD s $SU(2)$ symetriou,
3. prepracovanie prvej verzie rukopisu o narušení symetrie v dvoj- a trojrozmernej skalárnej teórii, dokončenie práce o LF Higgsovom mechanizme v radiálnej a light-cone kalibrácii.

Práca nad rozsiahlym rukopisom vyžiadanej prehľadového článku pre časopis Acta Physics Slovaca (pozri vyššie) odsunula na rok 2007 plánované uverejnenie výsledkov z dvojrozmernej $SU(2)$ LF teórie a dokončenie analýzy $(2+1)$ -rozmerných LF teórií, oba problémy však už boli do značnej miery rozpracované. Ostatné plánované ciele boli v roku 2006 splnené: do časopisu Physics Letters B sme zaslali na publikovanie podrobnú verziu práce o LF Higgsovom mechanizme [7] a konceptuálne vylepšená verzia práce o spontánnom narušení globálnej symetrie v skalárnych LF modeloch (cieľ č. 3 hore) je fakticky dokončená a bude po posledných korektúrach zaslaná koncom januára 2007 do časopisu Physical Review D.

(Na doplnenie uvádzame, že v správe za rok 2005 bolo avízované, že príspevok L. Martinoviča výjde v karentovanom časopise Nucl. Phys. (Proc. Suppl.), čo sa v priebehu roka 2006 skutočne stalo, pozri [8].)

III. Fenomenologické aplikácie efektívnych teórií poľa

Tu bolo cieľom využiť programy pre riešenie Royových rovníc a dopredných disperzných vzťahov (forward dispersion relations) na určenie pión-nukleónového Σ -člena s použitím starých aj nových databáz experimentálnych údajov. Ako sme podrobne zdôvodnili vyššie, tento cieľ sa zatiaľ z objektívnych dôvodov nepodarilo úplne splniť, je však v pokročilom štádiu riešenia a jeho splnenie možno očakávať v priebehu roku 2007.

Súhrnné vyjadrenie o splnení cieľov 2. etapy úlohy

Celkovo možno konštatovať, že ciele tohto projektu boli v prevažnej miere splnené. Niektoré ďalšie parciálne problémy sú rozpracované. Boli dosiahnuté a publikované dôležité výsledky, všetky v odborných časopisoch najvyššej medzinárodnej úrovne.

Dosiahnuté výsledky majú tiež značný citačný ohlas. Na práce v rámci projektu, ktoré boli publikované v rokoch 2005 a 2006, registrujeme doteraz 18 citácií v databáze SCI Web of Science a ďalších 19 citácií v doteraz nevyjdených odborných článkoch, zborníkoch z konferencií a dizertačných prácach. Ich zoznam je uvedený v prílohe, vo formulári „Výstupy a prínosy projektu“.

Dňa 13. novembra 2006 sa vo Fyzikálnom ústave SAV v Bratislave uskutočnil verejný pracovný seminár, na ktorom odzneli príspevky o výsledkoch troch hlavných čiastkových úloh projektu a boli prediskutované ciele a plány pre tretí rok riešenia. Seminár sa konal za pomerne širokej účasti odbornej verejnosti.

3. Upresnenie harmonogramu prác a cieľov na nasledujúci rok

V jednotlivých tematických okruhoch projektu budú v poslednom roku riešenia projektu skúmané nasledujúce problémy resp. plánujeme splniť nasledujúce ciele:

I. *Výskum uväznenia kvarkov v kvantovej chromodynamike na mriežke*

Sústredíme sa predovšetkým na štúdium štruktúry vákuového stavu v Yangovej-Millsovej teórii. Preskúmame najprv v 2+1 rozmeroch, do akej miery približný vlnový funkcionál základného stavu, ktorý sme navrhli v nedávnej práci [5], odráža vlastnosti (doteraz neznámeho) presného základného stavu, preskúmame ďalšie dôsledky nášho približenia a možnosti jeho systematického vylepšenia. Pokúsime sa tiež nájsť zovšeobecnenie tohto približného vlnového funkcionálu pre realistický (3+1)-rozmerný časopriestor.

Uvedený cieľ je ambiciózny a ak sa ho podarí realizovať, možno očakávať primeraný ohlas. Problém úzko súvisí s témou, ktorú sme pre tretiu fázu plánovali v návrhu projektu, a značne ju presahuje. Štruktúra vlnového funkcionálu základného stavu v QCD má totiž implikácie pre štruktúru kvark-antikvarkovej prúdovej trubice („struny“ resp. gluónovej retiazky).

II. *Štúdium modelov teórie poľa v premenných svetelného frontu*

Dokončíme a odošleme na opublikovanie prácu o dvojdimenziónej LF QCD s fermiónovými poliami v pridruženej a fundamentálnej reprezentácii.

Dokončíme prácu na rukopise o LF bozonizácii a masívnom Thirringovom modeli.

Ďalej rozpracujeme analýzu vákuových aspektov (2+1)-rozmerných LF kalibračných modelov (QED a SU(2) neabelovskej teórie).

V súlade s plánom vykonáme Diracovo-Bergmannovo kvantovanie (3+1)-rozmernej SU(2) gluodynamiky v premenných svetelného frontu a budeme študovať súvis veľkých kalibračných transformácií s jej vákuovou štruktúrou.

III. *Fenomenologické aplikácie efektívnych teórií poľa*

Dokončíme vyhodnocovanie výsledkov získaných metódou založenou na dopredných disperzných vzťahoch. Program pre Royove rovnice upravíme na základe vedomostí získaných pri odlaďovaní programu na riešenie dopredných disperzných vzťahov a zapracujeme doňho potrebné fyzikálne vstupy. Cieľom bude porovnanie výsledkov získaného pión-nukleónového Σ -člena a kvalitatívne zhodnotenie vzniknutých rozdielov vo výstupe (nielen pre Σ -člen, ale aj pre ďalšie fyzikálne relevantné parametre).

V návrhu projektu sme predpokladali, že sa v poslednom roku budeme venovať ešte kritickej teoretickej analýze tzv. „soft-collinear“ efektívnej teórie rozpadov B-mezónov. Vzhľadom na spomenutú veľkú obtiažnosť problému výpočtu pión-nukleónového Σ -člena sme nútení plán modifikovať a analýzu rozpadov B-mezónov z programu prác na projekte vypustiť.

4. Zoznam výstupov a prínosov projektu za sledovaný rok

Úplný zoznam je uvedený v prílohe, vo formulári „Výstupy a prínosy projektu“.

Odkazy na literatúru citovanú v časti A

- [1] J. Greensite a Š. Olejník: *Vortices, symmetry breaking, and temporary confinement in SU(2) gauge-Higgs theory*, Phys. Rev. D74 (2006) 014502.
- [2] J. Greensite, K. Langfeld, Š. Olejník, H. Reinhardt a T. Tok: *Color screening, Casimir scaling, and domain structure in G(2) and SU(N) gauge theories*, Phys. Rev. D75, v tlači – dostupné v preprintovom archíve: hep-lat/0609050.
- [3] J. Greensite, Š. Olejník, M. I. Polikarpov, S. N. Syritsyn a V. I. Zakharov: *Localized eigenmodes of covariant Laplacians in the Yang-Mills vacuum*, Phys. Rev. D71 (2005) 114507.
- [4] J. Greensite, A. V. Kovalenko, Š. Olejník, M. I. Polikarpov, S. N. Syritsyn a V. I. Zakharov: *Peculiarities in the spectrum of the adjoint scalar kinetic operator in Yang-Mills theory*, Phys. Rev. D74 (2006) 094507.
- [5] J. Greensite a Š. Olejník: *Confinement from gauge invariance in 2+1 dimensions*, preprint (2006) – dostupné v preprintovom archíve: hep-lat/0610073.
- [6] J. Greensite a Š. Olejník: *Center vortices in SU(2) gauge-Higgs theory*, príspevok v zborníku *Sense of Beauty in Physics*, ed. M. D'Elia, K. Konishi, E. Meggiolaro a P. Rossi (Edizioni Plus - Pisa Univ. Press, Pisa, 2006) 335-342.
- [7] Ľ. Martinovič a P. Grangé: *Higgs mechanism in a light front formulation*, preprint (2006) – dostupné v preprintovom archíve: hep-th/0610048.
- [8] Ľ. Martinovič: *Spontaneous symmetry breaking and Higgs mechanism in a light front formulation*, Nucl. Phys. (Proc. Suppl.) 161 (2006) 153-159.
- [9] J. Gasser, H. Leutwyler, M. P. Locher a M. E. Sainio: *Extracting the pion-nucleon sigma-term from data*, Phys. Lett. B213 (1988) 85; J. Gasser, H. Leutwyler a M. E. Sainio: *Sigma term update*, Phys. Lett. B253 (1991) 252.
- [10] M. Deák: *Určenie Σ -členu kombináciou CHPT a disperzných vzťahov z dát πN rozptylu*, diplomová práca obhájená na KTFaDF FMFI UK (2006).
- [11] Z. Dzuráková: *Pión-nukleónový Σ -člen*, písomná práca k dizertačnej skúške, FMFI UK (2006).

Časť B - Zdôvodnenie čerpania finančných prostriedkov z APVV a upresnenie požiadaviek na ďalší rok

Táto časť sa nachádza iba vo verzii správy, ktorá bola zaslaná APVV.