

Ročná správa o riešení projektu za rok 2012

Názov projektu **Silno interagujúca hmota v extrémnych podmienkach (SIMEX)** Evidenčné číslo projektu **APVV-0050-11**

Zodpovedný riešiteľ **RNDr. Štefan Olejník, DrSc.**
Príjemca **Fyzikálny ústav SAV**

Začiatok riešenia projektu **07/12**
Koniec riešenia projektu **12/15**

ROZBOR RIEŠENIA PROJEKTU (max. 10 strán)

Uvedte podľa nasledujúcej záväznej osnovy:

- 1. Postup prác pri riešení projektu u príjemcu, ako aj spolupríjemcu podpory APVV vzhľadom na harmonogram riešenia projektu**
- 2. Rozbor výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele**
- 3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za posledný rok – uvedte v prílohe – formulár Výstupy a prínosy projektu za rok/obdobie (priložte kópie deklarovanych výstupov)**
- 4. Upresnenie harmonogramu prác a cieľov na nasledujúci rok**

↓↓

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/apvv_0050_11/ (v anglickom jazyku),
http://dcps.sav.sk/olejnik/projects/apvv_0050_11/sk/ (v slovenskom jazyku).

1. Postup prác pri riešení projektu u príjemcu, ako aj spolupríjemcov podpory APVV vzhľadom na harmonogram riešenia projektu

Riešenie projektu bolo zahájené 1.7.2012 vo všetkých troch riešiteľských pracoviskách. Podľa harmonogramu (časť VV-B návrhu projektu) sa obdobie od 1.7. do 31.12.2012 prekrývalo s prípravnou fázou projektu a časťou 1. etapy riešenia. V prípravnej fáze, zhruba do konca septembra 2012, sme si upresňovali témy a ciele na 1. etapu (potrvá do konca septembra 2013). Prípravná fáza vyvrcholila úvodným verejným seminárom projektu vo FÚ SAV, na ktorom odznela krátka všeobecná informácia zodpovedného riešiteľa o hlavných cieľoch a výskumných smeroch projektu a po nej predniesli všetci riešitelia príspevky

o konkrétnych témach a už aj niektorých výsledkoch svojej výskumnej činnosti. Samozrejme, projekt nezačína „na zelenej lúke“, nadväzuje na predchádzajúci výskum riešiteľov, takže aj v prípravnej fáze sme už pracovali na riešení problémov projektu a pokračovali v tom aj v nadväzujúcej 1. etape. Od 15. septembra 2012 sa do projektu zapojila doktorandka Mgr. Z. Fecková.

V návrhu projektu boli hlavné ciele rozdelené do štyroch skupín. V období, ktoré pokrýva táto správa, sme rozpracovali problémy z prvých troch skupín. 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 správy.

I. Uväznenie farby a štruktúra vákuu kvantovej chromodynamiky

V nedávnej minulosti sme navrhli približný tvar vlnového funkcionálu základného stavu kvantovej chromodynamiky (QCD) v temporálnej kalibrácii v (2+1)-rozmernom časopriestore [1], ktorý závisí od jediného voľného parametra m s rozmerom hmotnosti. Uskutočnili sme rozsiahle testy navrhnutého tvaru a získali sme numerickú evidenciu, že je veľmi dobrým priblížením k skutočnému vákuovému vlnovému funkcionálu (VVF) tejto teórie, a to jednak výpočtom veličín, ktoré úzko súvisia s mechanizmom uväznenia v coulombovskej kalibrácii [2], a tiež priamym výpočtom pravdepodobností rôznych konfigurácií kalibračných polí vo vákuu QCD [3].

V súčasnom období sa sústreďujeme na zovšeobecnenie tohto VVF pre realistický prípad (3+1)-rozmerného časopriestoru. V tomto prípade je však overenie navrhnutého tvaru oveľa komplikovanejšie ako v (2+1) rozmeroch. Rekurzívna metóda generovania konfigurácií polí s pravdepodobnostným rozdelením daným štvorcem približného VVF, ktorú sme navrhli a využili v (2+1) rozmeroch, sa nedá použiť v (3+1) rozmeroch. Metóda využívala možnosť prechodu od kalibračných potenciálov A_k k chromomagnetickým poliam B (v axiálnej kalibrácii), čo v (3+1) rozmeroch nie je možné kvôli Bianchiho podmienkam. Preto sme zatiaľ nútení obmedziť sa na testy navrhnutého VVF na vybraných súboroch konfigurácií kalibračných polí (konštantné neabelovské polia, abelovské rovinné vlny s maximálnou vlnovou dĺžkou na mriežkach rôznych veľkostí, abelovské rovinné vlny s rôznymi vlnovými dĺžkami na mriežke fixovanej veľkosti).

Na výpočty štvorca VVF v (3+1) rozmeroch sme pripravili, odladili a testovali program, ktorý využíva metódu navrhnutú dávnejšie Greensitom a Iwasakim [4]. V prvej fáze sme sa snažili reprodukovať ich dávnejšie výsledky pre konštantné neabelovské polia, no na oveľa väčších mriežkach. Všetky nové výsledky sú konzistentné s publikovanými v článku [4]. Ďalej sme sa sústredili na abelovské rovinné vlny, pričom sme hľadali odpoveď na otázku, či numericky určené pravdepodobnosti rôznych konfigurácií sú konzistentné s našim VVF alebo s funkcionálom, ktorý vyplýva s tzv. „dimenzionálnej redukcie“ (DR). Predbežné výsledky sú sľubné a svedčia v prospech nášho VVF. Sľubné je tiež, že voľný parameter m , ktorý vystupuje v približnom VVF, škáluje na mriežke ako veličina s rozmerom hmotnosti [5].

II. Tvrdé sondy v procesoch na jadrových terčoch

Študovali sme produkciu hadrónov s veľkými priečnymi hybnosťami p_T v zrážkach ťažkých iónov [6,7,8] a analyzovali niekoľko zdrojov pozorovaného jadrového potlačenia experimentami na urýchľovačoch RHIC a LHC. Krátka produkčná dĺžka l_p hadrónu, ktorý vznikol počas hadronizačného procesu, vedie na vzťah medzi jadrovým potlačením a pravdepodobnosťou prežitia bezfarebného dipólu, ktorý sa šíri hustou jadrovou matériou. To spôsobuje silný rast s p_T tzv. jadrového modifikačného faktora $R_{AA}(p_T)$ v dôsledku efektov farebnej priehľadnosti. Evolúcia bezfarebného dipólu v jadrovej materii sa opisovala jednak s použitím presného kvantovo-mechanického prístupu založeného na formalizme Greenových funkcií [6], jednak v rámci jednoduchého modelu [7,8]. V porovnaní s LHC, dominancia kvarkov s väčšou hodnotou l_p vedie na menšie potlačenie pri energiách RHIC, kde sme započítali tiež doplňujúci faktor potlačenia silno klesajúci s rastom $x_T = 2p_T/\sqrt{s}$, ktorý súvisí s ohraničeniami spôsobenými zachovaním energie. Tento faktor nie je dôležitý na LHC, ale spôsobuje dosť plochú p_T -závislosť $R_{AA}(p_T)$ na RHIC. Modelové výpočty obsahujú iba jediný parameter, ktorý charakterizuje vlastnosti jadrovej matérie, tzv. transportný koeficient. Jeho zodpovedajúce hodnoty vykazujú energetickú závislosť a závislosť od hmotnostného čísla zrážajúcich sa iónov, $\Lambda_{q_0} = 0.30-0.45 \text{ GeV}^2/\text{fm}$ pri energii $\sqrt{s} = 62-200 \text{ GeV}$ na RHIC a $\Lambda_{q_0} = 0.60 \text{ GeV}^2/\text{fm}$

pri $\sqrt{s} = 2.76$ TeV na LHC. Prezentovali sme široké spektrum predpovedí pre jadrový modifikačný faktor a azimutálnu asymetriu v dobrom súhlase s experimentálnymi hodnotami na urýchľovačoch RHIC a LHC.

Skúmali sme elasticú elektroprodukcii vektorových mezónov pri nízkych energiách na jadrových terčíkoch [9]. V danom prípade sú efekty farebnej priezračnosti (CT) infikované prítomnosťou efektov koherenčnej dĺžky (CL). Analyzovali sme problém CT-CL separácie pri rôznych energiách a objavili sme, že pri nízkych energiách na urýchľovači v Jeffersonovom laboratóriu (JLab) môžeme študovať prakticky čisté efekty CT, pretože CL je omnoho kratšia ako jadrový polomer. Skúmali sme rôzne prejavy CT efektov s použitím presného kvantovo-mechanického prístupu založeného na formalizme Greenových funkcií. Motivovaní poslednými experimentálnymi hodnotami z experimentu CLAS v JLab, prezentujeme A , Q^2 a I_c závislosť jadrovej priezračnosti pre ρ -mezóny produkované nekoherentne na jadrových terčíkoch.

III. Produkcia hadrónov v zrážkach ťažkých iónov

Skúmali sme produkciu Ξ (Xi) baryónu v jadrových zrážkach na SIS [10]. Sformulovali sme predpovede štatistického modelu, ktoré rešpektujú zachovanie podivnosti v každej udalosti jednotlivo. Poukázali sme aj na vplyv výberu centrálnych zrážok na očakávaný pomer produkcie Ξ k iným druhom podivných častíc a prezentovali sme argument, že pozorovaný pomer je oproti očakávaniu zo štatistického modelu ešte viac zvýšený, ako sa interpretovalo doteraz.

V druhom kroku sme začali pracovať na kinetickej interpretácii pozorovaného výťažku Ξ baryónu. Tento výpočet je teraz rozpracovaný a pokúšame sa sformulovať správne kinetické rovnice. Na tomto probléme pracujú E. Kolomeitsev a B. Tomášik.

Z. Fecková v rámci svojho výskumného problému, ktorý je súčasťou jej projektu dizertačnej práce, formuluje relativistický hydrodynamický model, ktorý je dostatočne robustný voči objaveniu sa šokových a zriedovacích vln. Takýto model je potrebný na simulácie ultrarelativistických jadrových zrážok, v ktorých chceme zahrnúť efekty fluktuácií počiatočného rozdelenia a deponovania energie a hybnosti z tvrdých partónov do horúcej hmoty. Vzhľadom na to, že Z. Fecková je na začiatku svojej práce, veľa času venovala štúdiu literatúry a následne písaniu a odladovaniu potrebného počítačového programu. V súvislosti s touto témou sme pozvali na seminár a konzultácie dr. Petra Filipa z FÚ SAV, ktorý je autorom zaujímavej práce o fluktuujúcich počiatočných podmienkach pre hydrodynamický vývoj jadrových zrážok v dôsledku deformácie zrážajúcich sa nuklidov [11].

Zaoberali sme sa tiež štatistickou produkciou hadrónov pri splnenej podmienke zachovania energie a hybnosti. Tu sme vyvíjali metódu, ktorá umožní náhodne generovať súbory častíc s vopred stanoveným celkovým elektrickým nábojom a baryónovým číslom. Tiež sme sa zaoberali otázkou, ako rozhodnúť, koľko hadrónov je produkovaných zo systému so stanovenou celkovou energiou, a ako to súvisí s entropiou systému. Ukázalo sa, že je dôležité preštudovať bohatú literatúru k tejto problematike. Týmto otázkam sa venuje preovšetkým I. Melo, generovaniu častíc so zafixovaným nábojom Z. Fecková.

E. Kolomeitsev vypracoval podrobnú štúdiu o časovom vývoji fyzikálnych systémov v klasických a kvantových systémoch. Práca vznikla v spolupráci s D. N. Voskresenskym z Moskovského fyzikálno-inžinierskeho inštitútu. V čase písania tejto správy bola práca zaslaná do elektronického preprintového servera [12].

V spolupráci s dr. M. Lutzom z GSI v Darmstadte, E. Kolomeitsev pokračoval v práci na opise baryónových rezonancií vo formalizme previazaných kanálov s interakciou opísanou efektívnou chirálnou teóriou. Použitý prístup rešpektuje podmienky parity a analyticity baryón-mezónových rozptylových amplitúd. Poznanie štruktúry baryónových rezonancií nás posunie ďalej v poznaní excitovaného stavu jadrovej hmoty pri konečných teplotách a hustotách, ktorý môže byť označený ako „hmota rezonancií“.

Doplňujúce informácie o riešení projektu

Zapojenie doktorandov do riešenia projektu: Ako bolo v návrhu projektu plánované (bez konkrétneho mena), do projektu sa mal(a) takmer od počiatku zapojiť doktorand(ka). Jedná sa o Z. Feckovú, ktorá je od

septembra 2012 doktorandkou UPJŠ v Košiciach, jej školiteľom je B. Tomášik a na projekte participuje na čiastočnom úväzku v UMB v Banskej Bystrici v pozícii asistentky. Zadanie jej dizertačnej práce *Vlastnosti a vývoj horúcej jadrovej hmoty v extrémnych podmienkach* úzko súvisí s jednou z tém projektu (konkrétne s III. témou uvedenou vyššie).

S problémami projektu úzko súvisia aj zadania dizertačných prác troch doktorandov KF FJFI ČVUT v Prahe, dvoch z nich školí J. Nemčík a jedného B. Tomášik.

Medzinárodná spolupráca: Riešitelia projektu majú dlhoročné medzinárodné kontakty a neformálne spolupráce. Na doterajších publikáciách v rámci projektu boli spoluautormi traja pracovníci z Čile (univerzita a vedecké pracoviská vo Valparaíse), jeden z Ruskej federácie (Moskovský fyzikálno-inžiniersky inštitút) a jeden z USA (Štátna univerzita v San Franciscu). Výmena skúseností, výsledkov a časté konzultácie prebiehajú aj s pracovníkmi v Českej republike, Maďarsku, Nemecku, Rakúsku, Ukrajine a i.

Z prostriedkov grantu boli hradené náklady spojené s návštevou dr. Olega Borisenka z Bogolubovovho ústavu teoretickej fyziky v Kyjeve, ktorý vo FÚ SAV predniesol seminár o výsledkoch svojho výskumu a s ktorým sme diskutovali o možnostiach spolupráce na problémoch štruktúry základného stavu QCD. Na spoluriešiteľskom pracovisku v Banskej Bystrici hosťoval jeden týždeň aj dr. Leonid Grigorenko zo SÚJV v Dubne. E. Kolomeitsev s ním diskutoval o možnosti spoločného výskumného projektu zameraného na opis niekoľkočasticových systémov v harmonickej pasci s viackanálovou medzičasticovou interakciou.

Sčasti boli z prostriedkov grantu hradené náklady na trojtýždňovú návštevu E. Kolomeitseva v GSI v Darmstadte za účelom spolupráce s prof. M. F. M. Lutzom.

Prezentácia výsledkov na medzinárodných konferenciách: Výsledky projektu boli prezentované na viacerých medzinárodných konferenciách: J. Nemčík predniesol pozvanú prednášku na konferencii *DIFFRACTION 2012* v Puerto del Carmen, Lanzarote (Španielsko) [8], I. Melo a B. Tomášik predniesli príspevky na *Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics* v Budapešti, Š. Olejník na konferencii *Quark Confinement and the Hadron Spectrum X* v Mníchove, výsledky boli prezentované aj na štyroch postroch (B. Tomášik, *Quark Matter 2012* vo Washingtone, DC, dva postre o produkcii Ξ v jadrových zrážkach na SIS a o Monte Carlo generátore zachovávajúcom energiu a hybnosť REGGAE, účasť hradená z iného grantu; I. Melo, *International Symposium on Multiparticle Dynamics* v Kielcoch, Poľsko, poster o Monte Carlo generátore REGGAE; Z. Fecková, *Physics in Collision*, Štrbské Pleso, poster o vplyve zachovania náboja a hybnosti na pozorované uhlové korelácie nabitých častíc [13]).

2. Rozbor výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele

Obdobie, za ktoré podávame túto správu, predstavuje necelých 15% celkovej doby riešenia projektu. Napriek tomu už boli dosiahnuté niektoré dôležité výsledky. Znovu ich zhrnieme po jednotlivých tematických okruhoch projektu:

I. *Uväznenie farby a štruktúra vákua kvantovej chromodynamiky*

Ako bolo spomenuté vyššie, predbežné výpočty štvorca VVF pre testovacie súbory konfigurácii sú sľubné a svedčia v prospech približného VVF, ktorý bol navrhnutý v práci [1] a zovšeobecnený pre časopriestor s (3+1) rozmermi. Tým sú sčasti naplnené ciele 1.1 a 1.2, ktoré boli uvedené v návrhu projektu. Výsledky boli zatiaľ publikované iba v konferenčnom príspevku, ktorý vyšiel v zborníku [5].

II. *Tvrde sondy v procesoch na jadrových terčoch*

Ciele v rámci tejto témy sa priebežne plnia v súlade s pôvodným návrhom projektu. Skúmali sa jadrové efekty a ich prejavy v produkcii rôznych hadrónov v nukleón-jadrových a jadro-jadrových zrážkach. Dobrý súhlas s dostupnými experimentálnymi hodnotami na urýchľovačoch RHIC a LHC nám poskytuje cenné informácie o vlastnostiach vytvorenej matérie v zrážkach ťažkých iónov. Produkcia vektorových mezónov v elektrón-jadrových interakciách nám zasa poskytuje doplnujúce informácie o prejavoch a vlastnostiach

efektov farebnej priezračnosti vyplývajúcej z kvantovej chromodynamiky, ako teórie pre opis silných interakcií.

Článok [6] vyšiel v časopise Phys. Rev. C s ikonkou „*Editor's Suggestion*“. Takto sú označované práce, ktoré „*the editors and referees find of particular interest, importance, or clarity*“ (viď <http://prc.aps.org>).

III. Produkcia hadrónov v zrážkach ťažkých iónov

Výsledky o produkcii baryónu Ξ boli tiež publikované v časopise Phys. Rev. C [10] a sú v súlade s plánovaným cieľom 3.3, v ktorom chceme opísať produkciu rezonancií v jadrových zrážkach. Začali sme pracovať na kinetickom opise produkcie tejto častice. Pôjde o aplikáciu formalizmu, ktorý potrebujeme vyvinúť a pomocou ktorého bude neskôr možné opisovať aj produkciu iných zriedkavých typov častíc.

Štúdium štatistickej produkcie hadrónov a rozširovanie Monte Carlo generátora REGGAE je plánované v súvislosti s cieľom 3.4.

Hydrodynamický opis jadrovej zrážky za pomoci robustného algoritmu robíme za účelom zahrnutia fluktuácií počiatočného stavu a vplyvu prelietajúcich tvrdých partónov, ako sme to plánovali v bode 3.5.

Práca na opise hadrónových rezonancií v rámci efektívneho chirálneho modelu zapadá do zamerania cieľov 3.1 a 3.2.

Súhrnné vyjadrenie o splnení cieľov

Celkovo možno konštatovať, že ciele projektu stanovené na druhý polrok 2012 boli v prevažnej miere splnené. Niektoré parciálne problémy sú rozpracované. Boli dosiahnuté a publikované zaujímavé výsledky, všetky v odbornom časopise vysokej medzinárodnej úrovne.

Dňa 24. októbra 2012 sa vo Fyzikálnom ústave SAV v Bratislave uskutočnil úvodný seminár (mini-konferencia) projektu, na ktorom odzneli o.i. príspevky o výsledkoch čiastkových úloh projektu a boli prediskutované ciele a plány na najbližšie obdobie. Seminár sa konal za účasti odbornej verejnosti.

Úroveň napĺňania očakávaných výstupov riešenia projektu na rok 2012 možno posúdiť aj na základe nasledujúcej tabuľky:

Výstup	Plán 2012	Skutočnosť
Publikácie v karentovaných časopisoch	3	2
Práce publikované v recenzovaných vedeckých periodikách	2	2 ^(*)
Práce publikované v nerecenzovaných periodikách a zborníkoch	4	1 ^(**)
Počet účastníkov formálneho a neformálneho vzdelávania	40	140
Vzdelávacie kurzy	0	0
Diplomanti, ktorých diplomové práce budú ukončené v rámci projektu	0	0
PhD študenti, ktorí sa budú školiť v rámci riešenia projektu	1	1
Ostatné popularizačné aktivity	4	4
Elektronické dokumenty	2	13
Novovytvorené pracovné miesta	2	2
Vyvolané projekty výskumu a vývoja, ktoré budú podané v rámci SR	0	0
Vyvolané projekty výskumu a vývoja, ktoré budú podané v rámci medzinárodnej súťaže	0	0
Medzinárodná spolupráca v rámci riešenia projektu	5	minimálne 5

^(*) Jedná sa o dva príspevky v recenzovaných zborníkoch (Proceedings of Science).

^(**) Tu je potrebné upozorniť na skutočnosť, že plánované náklady na cestovné v rámci projektu boli Agentúrou redukované zhruba na pätinu, takže tento očakávaný výstup projektu bude možné naplniť iba čiastočne.

3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za posledný rok

Úplný zoznam je uvedený v prílohe, vo formulári „*Výstupy a prínosy projektu za rok/obdobie 2012*“.

4. Upresnenie harmonogramu prác a cieľov na nasledujúci rok

V štyroch tematických okruhoch projektu budú v nasledujúcom roku riešenia projektu skúmané hlavne tieto problémy resp. plánujeme splniť nasledujúce ciele:

I. Uväznenie farby a štruktúra vákua kvantovej chromodynamiky

Budeme pokračovať v testovaní navrhnutého vlnového funkcionálu vákua QCD v numerických simuláciách SU(2) kalibračnej teórie na mriežke. Pilotné simulácie ukázali istú citlivosť výsledkov na parametre testovacích súborov konfigurácii a na použitú veľkosť mriežky. Uskutočnime ďalšie výpočty na najväčších mriežkach, ktoré je možné zvládnuť s ohľadom na naše dostupné počítačové kapacity. Potrebná je tiež podrobná analýza štatistických a systematických chýb výsledkov.

Výzvou do ďalšieho obdobia je nájsť metódu na generovanie konfigurácií kalibračných polí s rozdelením podľa nášho návrhu približného vákuového vlnového funkcionálu v (3+1) rozmeroch. Budeme analyzovať možnosť použiť prístup, založený na podobnom základe ako hybridná metóda Monte Carlo, ktorá sa používa v simuláciách kalibračných teórií s dynamickými fermiónmi.

Pokiaľ sa podarí realizovať uvedené plány, budú tým prakticky naplnené ciele 1.1 a 1.2 projektu. Ďalej sa plánujeme venovať problému identifikácie lokálnych vákuových domén v G_2 kalibračnej teórii a štúdiu ich vlastností. Tu bude potrebné hlavne premyslieť a upresniť konkrétnejší ďalší postup, keďže v súčasnosti sa tejto teórii intenzívne venuje skupina na Univerzite v Jene [14], s ktorou sme v kontakte a ktorá dosiahla viaceré pozoruhodné výsledky.

II. Tvrdé sondy v procesoch na jadrových terčoch

V rámci tejto témy projektu sa budeme zaoberať nasledujúcimi problémami:

- Štúdium Croninovho efektu pri vysokých energiách zodpovedajúcich urýchľovaču LHC.
- Prejavy efektov súvisiacich so zachovaním energie pri mnohonásobných rozptyloch partónov pri veľkých hodnotách Feynmanovej premennej $x_F = 2p_L/\sqrt{s}$, premennej $x_T = 2p_T/\sqrt{s}$ a pri dopredných rapiditách.
- Štúdium jadrových efektov v produkcii jetov pri veľkých hodnotách priečnej hybnosti p_T .
- Štúdium jadrových efektov v produkcii ťažkých kvarkov pri veľkých hodnotách priečnej hybnosti p_T .

III. Produkcia hadrónov v zrážkach ťažkých iónov

V najbližšom období plánujeme sformulovať kinetický model produkcie baryónu Ξ v jadrových zrážkach pri podprahových energiách a následne aplikovať tento model na interpretáciu dát z experimentu HADES. Cieľom je, aby sme identifikovali možné scenáre vývoja horúcej zóny, ktoré by umožnili pozorované posilnenie produkcie Ξ .

V tomto roku dokončíme numerický model na hydrodynamické simulácie ultrarelativistických jadrových zrážok a začneme s jeho aplikáciou na opis produkcie hadrónov. Využijeme pritom výpočtový klaster v rámci *Slovenskej infraštruktúry pre vysokovýkonné počítanie* (SIVVP), ktorý bol nedávno uvedený do prevádzky na Fakulte prírodných vied UMB v Banskej Bystrici.

IV. Chladná a hustá jadrová hmota

V súčasnosti sa zvýšená pozornosť venuje vysokomagnetizovaným neutrónovým hviezdám (magnetarom). Silné magnetické polia môžu ovplyvniť spektrá fermiónov, z ktorých sa skladá hmota

neutrónovej hviezdy, a tým zároveň aj jadrovú stavovú rovnicu. Plánujeme vyšetrovať spektrá fermiónov s anomálnym magnetickým momentom v silných magnetických poliach.

Plánujeme tiež pokračovať v štúdiu emisie neutrín zo supravodivej fázy v neutrónovej hviezde. Použijeme formalizmus Fermiho kvapaliny rozšírený Larkinom a Migdalom na fermiónové systémy s párovaním. Hlavným prvkom formalizmu je súbor Landauových-Migdalových parametrov pre normálne a párovacie kanály. Budeme vyšetrovať ako sú parametre oboch kanálov prepojené s empirickou situáciou.

Odkazy na literatúru

- [1] J. Greensite, Š. Olejník, Phys. Rev. D **77** (2008) 065003.
- [2] J. Greensite, Š. Olejník, Phys. Rev. D **81** (2010) 074504.
- [3] J. Greensite, H. Matevosyan, Š. Olejník, M. Quandt, H. Reinhardt, A. P. Szczepaniak, Phys. Rev. D **83** (2011) 114509.
- [4] J. Greensite, J. Iwasaki, Phys. Lett. B **223** (1989) 207.
- [5] J. Greensite, Š. Olejník, Proc. Sci., PoS(Confinement X)054.
- [6] B. Z. Kopeliovich, J. Nemchik, I. K. Potashnikova, I. Schmidt, Phys. Rev. C **86** (2012) 054904.
- [7] J. Nemchik, B. Z. Kopeliovich, I. K. Potashnikova, Proc. Sci., PoS(QNP2012)155.
- [8] J. Nemchik, *Heuristic simple description of high- p_T hadron production in heavy ion collisions*, pripravovaný článok.
- [9] J. Nemchik, *Color transparency in incoherent electroproduction of rho mesons off nuclei*, pozvaná prednáška na konferencii *DIFFRACTION 2012*, 10.-15.9.2012, Puerto del Carmen, Lanzarote, Špan., in: *Contribution Book (Book of Abstracts)*, str. 22.
- [10] E. E. Kolomeitsev, B. Tomášik, D. N. Voskresensky, Phys. Rev. C **86** (2012) 054909.
- [11] P. Filip, R. Lednicky, H. Masui, Nu Xu, Phys. Rev. C **80** (2009) 054903.
- [12] E. E. Kolomeitsev, D. N. Voskresensky, *Time delays and advances in classical and quantum systems*, preprint arXiv:1301.3361 [nucl-th].
- [13] Z. Fecková, B. Tomášik, *Influence of momentum and charge conservation on azimuthally sensitive correlations*, preprint arXiv:1212.3234 [nucl-th].
- [14] E.-M. Ilgenfritz, A. Maas, Phys. Rev. D **86** (2012) 114508; A. Maas, B. J. Wellegehausen, Proc. Sci., PoS(LATTICE2012)080.

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

Zodpovedný riešiteľ

RNDr. Štefan Olejník, DrSc.

V Bratislave 23. 01. 2013

Štatutárny zástupca príjemcu

RNDr. Stanislav Hlaváč, CSc,

V Bratislave 23. 01. 2013

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu