

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FIZIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU

Pošto smo na X sednici Nastavno-naučnog veća Fizičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 16. septembra 2022. određeni za članove komisije za pripremu izveštaja o doktorskoj disertaciji Dragana Prekrata pod nazivom “PHASE TRANSITIONS IN MATRIX MODELS ON THE TRUNCATED HEISENBERG SPACE” (Fazni prelazi u matričnim modelima na modifikovanom Hajzenbergovom prostoru), podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1 Osnovni podaci o kandidatu

1.1 Biografski podaci

Dragan Prekrat je rođen 1982. godine u Pančevu. Matematičku gimnaziju u Beogradu je završio 2001. godine, a osnovne akademske studije fizike na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Teorijska i eksperimentalna fizika, završio je 2009. godine sa prosečnom ocenom 9.62. Na Fizičkom fakultetu je pohađao master akademske studije koje je završio 2010. godine sa prosečnom ocenom 9.50. U toku osnovnih i master studija dobio je nekoliko stipendija i nagrada. Doktorske akademske studije fizike na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, uža naučna oblast Kvantna polja, čestice i gravitacija, upisao je 2010. godine, a 2021. godine je obnovio upis. Ispite predviđene planom i programom doktorskih studija položio je sa prosečnom ocenom 9.00.

1.2 Naučna aktivnost

Kandidat Dragan Prekrat je uključen u istraživanja u oblasti teorijske fizike visokih energija, odnosno fizike gravitacije, čestica i polja. U periodu od 2011. do 2020. godine bio je član projekta “Fizičke implikacije modifikovanog prostor-vremena” (ON171031) Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. U toku doktorskih studija imao je na nekoliko stručnih/studijskih boravaka u inostranstvu: zimski semestar 2010/11. proveo je na Ludwig Maximilians Universität-u (LMU) u Minhenu u okviru programa razmene sa grupom za teoriju

struna, a u toku 2017. i 2018. godine boravio je po mesec dana na Dublin Institute for Advanced Studies (DIAS) u okviru COST akcije MP1405 QSPACE. Učestvovao je na više od deset konferencija i škola za doktorante. Od 2021. godine aktivno saraduje sa grupom za nekomutativnu teoriju polja sa Univerziteta Komenskog u Bratislavi.

Dragan Prekrat je u periodu od 2011. do 2021. godine bio angažovan kao istraživač pripravnik i istraživač saradnik na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Od 2014. radi na izvođenju laboratorijskih vežbi iz fizike za studente Farmaceutskog fakulteta Univerziteta u Beogradu sa trećinom radnog vremena, a 2022. godine je na Farmaceutskom fakultetu zaposlen kao asistent.

2 Opis predatog rada

2.1 Osnovni podaci

Doktorska disertacija “Phase transitions in matrix models on the truncated Heisenberg space” urađena je pod rukovodstvom prof. dr Maje Burić i tematski je nastavak istraživanja renormalizabilnosti modela gradijentnog polja na modifikovanom Hajzenbergovom prostoru koje je, perturbativno i analitički, započeto u radu [3.1.4]. U numeričke metode ispitivanja faznih prelaza u matricnim modelima i vezu sa nekomutativnim teorijama polja kandidata je uveo prof. dr Denjoe O’Connor, rukovodilac grupe u Dublin Institute for Advanced Studies, jedne od najistaknutijih grupa za numeričke simulacije u nekomutativnim teorijama polja. Treba istaći da je sve numeričke simulacije u doktorskom radu Dragan Prekrat izveo i razradio samostalno.

Doktorski rad ima ukupno 131 stranu i napisan je na engleskom jeziku. Od toga je glavni deo disertacije napisan na 103 strane i sadrži 33 slike, 7 tabela i 79 referenci, ima 6 poglavlja i 7 dodataka. Pored ovoga, doktorski rad sadrži naslovnu stranu na engleskom i srpskom jeziku, stranu sa podacima o mentoru i komisiji, stranu sa zahvalnicama i apstrakt na engleskom i srpskom jeziku, kao i spisak publikacija kandidata čiji rezultati su korišćeni u radu. Takođe je dat sadržaj rada i spisak slika i tabela, a na kraju je priložena biografija kandidata na engleskom i srpskom jeziku, kao i izjave propisane od strane Univerziteta.

2.2 Predmet i cilj rada

Motivacija za istraživanje u nekomutativnoj kvantnoj teoriji polja jednim delom je očekivanje da će ove teorije biti renormalizabilne. Naime, intuitivno, nekomutativnost koordinata je način da se opiše granularnost prostora (koju očekujemo na Plankovoj skali), odnosno postojanje minimalne vrednosti mogućeg/merljivog rastojanja. U standardnoj teoriji polja ovo je ekvivalentno maksimalnoj vrednosti impulsa, odnosno ultraljubičastoj (UV) regularizaciji. Međutim, renormalizabilnost nije do sada realizovana u konkretnim modelima teorije polja na nekomutativnim prostorima. Na primer, u teorijama na najčešće analiziranom Mojalovom prostoru, tzv. planarni

dijagrami u perturbativnom računu se zaista regularizuju u UV oblasti, ali se pojavljuju i novi divergentni neplanarni dijagrami koje karakteriše ultraljubičasto/infracrveno (UV/IR) mešanje. UV/IR mešanje je, ispostavlja se, karakteristična osobina nekomutativnih teorija polja i glavna opstrukcija za njihovu renormalizabilnost.

Izuzetak od gore opisanog ponašanja je Grosse-Wulkenhaar-ov (GW) model skalarnog polja, kao i konačno-dimenzionalni matricni modeli nekomutativnih prostora, odnosno polja na njima. GW model opisuje skalarno polje na (ravnom) Mojalovom prostoru u harmonijskom spoljašnjem potencijalu i za njega je pokazano da je super-renormalizabilan.

U doktorskoj disertaciji Dragana Prekrata GW model je analiziran numerički. U prvom koraku, model je napisan u reprezentaciji beskonačnih matrica, a zatim su matrice ‘odsečene’ na konačne $N \times N$ matrice. Time nekomutativni prostor postaje zakrivljen, tzv. ‘modifikovana Hajzenbergova algebra’, a spoljašnji potencijal postaje njegova krivina. Odsecanje matrica sa beskonačnih na konačne može se interpretirati kao regularizacija koja u limesu $N \rightarrow \infty$ daje početni model.

Matrični modeli su predmet intenzivnog proučavanja u statističkoj fizici jer mogu da modeliraju različite fizičke sisteme u teoriji struna, kondenzovanom stanju i kvantnoj gravitaciji, ali su interesantni i sa matematičkog aspekta. U numeričkom pristupu osobine modela se ispituju računanjem očekivanih vrednosti u modelu (npr. Monte Karlo simulacijom) i analizom faznog dijagrama. U principu, zaključci o limesu $N \rightarrow \infty$, a pogotovo u vezi sa renormalizabilnošću, se teško dobijaju (ili nisu interesantni). Nekomutativne teorije polja koje su do sada ispitivane su skalarne i gradijentne teorije na ravnom Mojalovom prostoru i na fazi-sferi, a utvrđeno je da se UV/IR mešanje realizuje kao tzv. ‘striped’ faza u faznom dijagramu.

Predmet i cilj dokorskog rada Dragana Prekrata su bili da se gore opisani konačno-dimenzionalni matricni model skalarnog polja istraži numerički. Osim uobičajene statističke analize modela u limesu $N \rightarrow \infty$, posebna ideja je bila da se utvrdi da li numerički rezultati mogu da daju indikacije o njegovoj renormalizabilnosti. Dugoročno, u nastavku rada na ovom problemu, sličnim metodama bi mogao da se ispita model gradijentnog polja analogan GW modelu za koji je analitički pokazano da nije renormalizabilan.

2.3 Publikacije

Publikacije direktno proistekle iz ove doktorske disertacije su [3.1.2] i [3.1.3], koje do sada imaju 5 citata (4 bez autocitata). Na ove rezultate se direktno nastavlja preprint rad [3.1.1].

2.4 Pregled naučnih rezultata izloženih u tezi

Rezultati prikazani u disertaciji pod nazivom “Fazni prelazi u matricnim modelima na modifikovanom Hajzenbergovom prostoru” Dragana Prekrata su u najvećoj meri odgovorili na pitanja

i hipoteze postavljene kada je njena tema formulisana. U radu je ispitana fazna struktura konačno-dimenzionalnih matricnih modela koji za fiksiranu dimenziju matrica N predstavljaju regularizacije Grosse-Wulkenhaar-ovog modela skalarnog polja ($N = \infty$). Dejstvo matricnog modela ima četiri člana: kinetički, maseni, potencijalni ($\lambda\phi^4$ -interakcija) i interakcioni (interakcija sa krivinom). U doktoratu je prvo ispitan uticaj, odnosno vakuumi svakog od članova, a zatim i skaliranje koeficijenata uz svaki član (c_k, c_2, c_4, c_r) u odnosu na N . Ispitana je fazna struktura modela i određene su zavisnosti očekivanih vrednosti skalarnog polja i njegovih funkcija (odnosno odgovarajućih termodinamičkih varijabli – energije, toplotnog kapaciteta, magnetizacije, magnetne susceptibilnosti) od N , tj. od $c_2/N, c_4/N$. U računu je primenjen hibridni Monte Karlo metod, koji je detaljno opisan i diskutovan u radu.

Analiza je pokazala da, za fiksirano N , model ima tri faze. Da bi se odredilo ponašanje u limesu $N \rightarrow \infty$, upoređeni su fazni dijagrami modela sa skaliranim i neskaliranim koeficijentima, odnosno položaj trojne tačke. Ova analiza dovodi do zaključka da je u limesu ‘striped’ faza potisnuta ako model sadrži član sa krivinom, a da preživljava u $\lambda\phi^4$ modelu na ravnom prostoru. Ovaj zaključak potvrđuje pretpostavljenu vezu između ‘striped’ faze i renormalizabilnosti GW modela i otvara mogućnost da se renormalizabilnost ispituje i numerički, u srodnim ili sličnim modelima kvantne teorije polja.

3 Spisak publikacija kandidata

3.1 Radovi u međunarodnim časopisima

[3.1.1] D. Prekrat, D. Ranković, N. K. Todorović-Vasović, S. Kováčik, and J. Tekel, “Approximate treatment of noncommutative curvature in quartic matrix model,” [arXiv:2209.00592 [hep-th]].

[3.1.2] D. Prekrat, “Renormalization footprints in the phase diagram of the Grosse-Wulkenhaar model,” Phys. Rev. D **104** (2021) 114505, doi:10.1103/PhysRevD.104.114505 (IF=5,407).

[3.1.3] D. Prekrat, K. N. Todorović-Vasović, and D. Ranković, “Detecting scaling in phase transitions on the truncated Heisenberg algebra,” JHEP **03** (2021) 197, doi:10.1007/JHEP03(2021)197 (IF=6,379).

[3.1.4] M. Burić, L. Nenadović, and D. Prekrat, “One-loop structure of the U(1) gauge model on the truncated Heisenberg space,” Eur. Phys. J. C **76** (2016) 672, doi:10.1140/epjc/s10052-016-4522-x (IF=5,297).

3.2 Udžbenici i pomoćni udžbenici

[3.2.1] N. K. Todorović-Vasović, D. Prekrat, “Opšta fizika”, Univerzitet u Beogradu – Farmaceutski fakultet, Beograd, 2022, ISBN 978-86-6273-083-1 (udžbenik).

[3.2.2] N. K. Todorović-Vasović, D. Prekrat, “Praktikum iz fizike”, Univerzitet u Beogradu – Farmaceutski fakultet, Beograd, 2022, ISBN 978-86-6273-084-8 (pomoćni udžbenik).

3.3 Predavanja na međunarodnim konferencijama

[3.3.1] COST CA18108 Workshop on theoretical and experimental advances in quantum gravity, Belgrade, 2022.

[3.3.2] 2018 Workshop on Gravity, Holography, Strings and Noncommutative Geometry, Belgrade, 2018.

4 Provera originalnosti doktorske disertacije

Na osnovu Pravilnika o postupku provere originalnosti doktorskih disertacija koje se brane na Univerzitetu u Beogradu i nalaza u izveštaju iz programa iThenticate kojim je izvršena provera originalnosti doktorske disertacije “Fazni prelazi u matričnim modelima na modifikovanom Hajzenbergovom prostoru” iz naučne oblasti Kvantna polja, čestice i gravitacija, čiji je autor Dragan Prekrat, kao i na osnovu ocene tog izveštaja koju je dao mentor (izveštaj iz programa i ocena izveštaja se nalaze u prilogu), konstatujemo da utvrđeno podudaranje teksta iznosi do 2%. Ovaj stepen podudarnosti posledica je tzv. opštih mesta i podataka, kao i prethodno publikovanih rezultata kandidatovih istraživanja, koji su proistekli iz njegove disertacije, što je u skladu sa članom 9. Pravilnika.

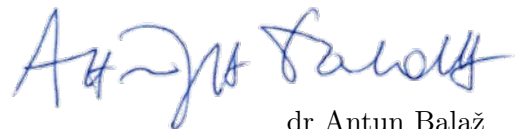
Na osnovu svega iznetog, a u skladu sa članom 8. stav 2. Pravilnika o postupku provere originalnosti doktorskih disertacija koje se brane na Univerzitetu u Beogradu, izjavljujemo da izveštaj ukazuje na originalnost doktorske disertacije, te se propisani postupak pripreme za njenu odbranu može nastaviti.

5 Zaključak

Na osnovu izloženog, komisija zaključuje da doktorska disertacija Dragana Prekrata pod nazivom "PHASE TRANSITIONS IN MATRIX MODELS ON THE TRUNCATED HEISENBERG SPACE" daje značajan doprinos teorijskoj fizici visokih energija, odnosno užoj naučnoj oblasti Kvantna polja, čestice i gravitacija, kao i da su zadovoljeni svi propisani uslovi za odbranu ove disertacije. Zbog toga predlažemo Nastavno-naučnom veću Fizičkog fakulteta da odobri njenu odbranu.

Beograd, 07. 11. 2022.

dr Voja Radovanović
redovni profesor Fizičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu



dr Antun Balaž

naučni savetnik, Institut za fiziku u Beogradu



dr Dragoljub Gočanin

docent Fizičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu