Nógrádi Dániel
adjunktus
ELTE TTK
Elméleti Fizika Tanszék

2018. november 15.

Magyar Tudományos Akadémia
Doktori Tanács Titkársága
Nádor u 7
Budapest 1051

Válasz Kovács Tamás kérdéseire

1. **A 67-69. oldalon a jelölt a Dirac spektrumot veti össze a królisan sértett fázisban az ϵ-rezsimben várt véletlen-mátrix statisztikával. A talált egyezés a dolgozat szerint arra utal, hogy a modell valóban a sértett fázisban van. A kérdés az, hogy van-e valami információnk arra vonatkozóan, hogy milyen statisztikát várnánk elegendően sok fermion-íz jelenlétében, ha a modell a nem sértett fázisban lenne? Mennyire biztosan használható a Dirac spektrum statisztikája a két fázis elkülönítésére.**
A sértett fázisban a véletlen-mátrixok elméletéből valóban nagyon sok analitikus információnk van, nem csak a sajátértékek várható értékének skálázását ismerjük a térfogat függvényében, hanem a pontos eloszlásukat is. Ilyen részletes analitikus eredmények nem ismertek a konform esetben. Annyi azonban bizonyos, hogy a legalsó sajátérték skálázása nagy térfogat esetén a konform esetben $\lambda \sim 1/L^{1+\gamma_*}$, ahol γ_* az infravörös fixpontban a tömeg anomális dimenziója, melyre általános meggondolásokból fennáll, hogy $\gamma_* < 2$. Ezzel szemben a sértett fázisban $\lambda \sim 1/L^4$. Így a legalsó sajátérték térfogat szerinti skálázásából nagy biztonsággal el tudjuk dönteni, hogy melyik esettel állunk szemben. Mindemellett megjegyzendő, hogy a sértett modellek esetén léteznek sejtések a sajátértékek eloszlására $T > T_c$ hőmérsékleten, mely bizonyos értelemben analóg a konform esettel, hiszen a királis szimmetria mindkét esetben sértetlen. Az analógia nem teljes, mert egy sértett modellben, de $T > T_c$ esetén a skálainvariancia továbbra is sérül, míg a konform modellekben nem.
2. **A 85. oldalon található a kétféleképpen definiált futó csatolásnak egy X illetve 1-X együtthatókkal képzett lineárkombinációja, melyről később kiderül, hogy X alkalmas választásával elérhető, hogy ez a kombináció szélesebb tartományban skálázzon, mint az eredeti két mennyiség. Ez az állítás azon alapul, hogy X választható olymódon, hogy még egy durvább rácsról származó pont is illeszkedjék a több pont által meghatározott egyenesre. Nem értem, hogy miért következik ebből, hogy ez az extra pont is a lineárisan skálázó tartományban van. Számomra úgy tűnik, hogy X alkalmas választásával a lineáris kombinációként előálló mennyiség meredeksége tetszőleges lehet, így mindig elérhető, hogy az illesztett egyenes még egy pontton átmenjen, függetlenül attól, hogy az a pont a skálázó tartományban van-e. A kérdésem az, hogy milyen praktikus haszna van a tárgyalt lineárkombinációnak, van-e a kontinuum limeszre vonatkozó plusz információtartalma annak az új pontnak, amit így fel lehet használni az illesztésben?**

Egy adott mennyiség esetén valóban igaz, hogy egy jól megválasztott paraméter hangolásával az $O(a^2)$ korrekciókat mindig be lehet úgy állítani, hogy plusz egy pont is illeszkedjen az egyenesre. A disszertáció hivatkozott részében azonban egy X érték van választva és ezáltal az összes vizsgált g^2 renormált csatolásra igaz lesz, hogy a legdurvább rácspont is illeszthető lineárisan. Ilyen értelemben egyetlen paraméter beállításával végtelen sok mennyiségre értük el, hogy nagyobb lett a skálázási tartomány, ami nem-triviális eredmény. Az eljárás praktikus haszna az, hogy bár a kontinuum limesz eredmény középértéke változatlan (hibán belül), a statisztikus hibája kisebb lesz a plusz egy pont felhasználása miatt.

3. **Mivel a terület igen aktív, több megválaszolatlan kérdéssel, kérem a jelöltet, hogy nagyon röviden foglalja össze, milyen lényeges új eredmény született ezekkel a modellekkel kapcsolatban a dolgozat megírása óta.**
A mi kutatócsoportunk részéről az alábbi fejlemények történtek. Az $N_f = 12$ modellel kapcsolatban a 4. tézisben szereplő $0 < g^2 < 6.4$ intervallumot kiterjesztettük a $0 < g^2 < 7.2$ intervallumra, ahol a β-függvénynek nincs fix pontja több, mint 5σ szignifikanciával (Phys.Lett. B779 (2018) 230-236). Ugyanebben a munkában az $N_f = 10$ modellről kimutattuk, hogy a $0 < g^2 < 8.0$ intervallumon nincs fix pontja. Ezután a konform ablakon belüli $N_f = 13, 14$ fundamentális és $N_f = 3$ szextet modelleket vizsgáltuk és a rácseredmények a várakozást alátámasztották miszerint ezek a modellek valóban konformak (EPJ Web Conf. 175 (2018) 08028, arXiv:1811.05024).
A királisan sértett esetekben a tömegspektrum vizsgálatakor fellépő egyik legkomolyabb probléma a könnyű skalár jelenléte, amit az alacsonyenergiás effektív elméletbe bele kell venni, mint releváns szabadsági fok, a pszeudo-skalár mezonok mellett. Ez megváltoztatja a királis perturbációszámítás által diktált királis extrapolációkat. Egy lehetséges új extrapolációs eljárást teszteltünk egy bizonyos dilaton-pion csatolt effektív elmélet keretén belül a szextett modelben (EPJ Web Conf. 175 (2018) 08015).
Más kutatócsoportok szintén haladtak a kutatásaikkal, az $N_f = 10$ modelben Ting-Wai Chiu új eredményt jelentett be (arXiv:1811.01729) domain wall fermion diszkretizációval mely nincs kvantitatív összhangban a saját korábbi eredményével, amennyiben korábban infravörös fixpontot kapott $g^2 \simeq 7.0$ körül. Ez a korábbi eredmény motivált minket a fent említett saját $N_f = 10$ vizsgálatainkra. Ting-Wai Chiu új eredménye már nem jósol infravörös fixpontot és ilyen módon kvalitatíve egyezik velünk, kvantitatívan azonban továbbra is van eltérés a β-függvény nagyságában.
Hasenfratz Anna és kutatócsoportja szintén folytatta vizsgálatait az $N_f = 12$ modellel kapcsolatban (arXiv:1810.05176) domain wall fermionokkal. Itt is hasonló a konklúzió: a korábban pontosnak gondolt fixpont az új munkában már nem szerepel. Ilyen értelemben közeledett a kvalitatív konklúzió a mi munkánkhoz, ami mindenképpen megnyugtató körülmény, ám kvantitatív eltérés továbbra is van.
Biztos vagyok benne, hogy további munkával, leginkább a szisztematikus effektusok további csökkentésével, minden részlet tekintetében konvergálni fognak a különböző kutatócsoportok eredményei.

Üdvözlettel,

Nógrádi Dániel