

# BÍRÁLÓI VÉLEMÉNY

Nógrádi Dániel

*Composite Higgs Models on the Lattice* c. akadémiai doktori értekezéséről

A jelölt az MTA doktora cím elnyeréséért egy 109 oldalas értekezést nyújtott be, amelyben azt a kérdést vizsgálja, hogy milyen modellek lehetnek alkalmasak egy összetett Higgs részecske leírására. A gondolat, hogy a Higgs részecske esetleg összetett lehet, nem új, azonban a téma mostani aktualitását az adja, hogy a Higgs részecskét nemrégiben fedezték fel, kísérleti vizsgálata aktívan folyik most is, és az újabb eredmények egyre több fogódzót adnak az összetett Higgsre vonatkozó modellek megszorításához. Ráadásul a jelenleg folyamatban lévő kísérletek alkalmasak lehetnek olyan további részecskék kimutatására is, melyek létezését az összetett Higgs részecskét leíró modellek jósolják. A szóba jöhető modellek szisztematikus vizsgálatára csak nem-perturbatív rácstérelméleti módszerekkel van lehetőség. Ennek köszönhető, hogy a terület az utóbbi 10 évben kiemelt figyelmet kapott a rácstérelméleti kutatásokon belül, amit jelez az is, hogy a rácstérelmélet évente megrendezett legnagyobb nemzetközi konferenciáján külön szekció foglalkozik az összetett Higgs kérdéskörével, valamint minden évben plenáris előadáson foglalják össze a legújabb eredményeket. A jelölt egy kicsi, de rendkívül aktív nemzetközi csoport meghatározó tagjaként vett részt a munkában, a disszertációban az utóbbi 10 évben ezen a területen született eredményeit foglalja össze. Ezek alapvetően hozzájárultak az összetett Higgs leírására szóba jöhető lehetséges modellek körének leszűkítéséhez.

Az angol nyelven írt dolgozat 5 fejezetből áll. Egy rövid bevezetés után a 2. fejezetben összefoglalja a téma hátterét, beleértve a rácson való vizsgálat nehézségeit és a használt módszereket. A 3. fejezetben rövid kitérőt tesz egy két-dimenziós spinmodell tárgyalására, amely egyszerűbb körülmények között teszi lehetővé analóg kérdések vizsgálatát. A dolgozat fő eredményeit a terjedelmének kétharmadát kitevő 4. és 5. fejezet tartalmazza. A fő kérdés az, hogy hogyan kell megválasztani a modell által tartalmazott fermionok számát és ábrázolását ahhoz, hogy a Higgs leírásához elengedhetetlen „sétáló” (a csatolás lassú futása a skálával) viselkedést kapjunk. Ehhez fel kell térképezni a modell fáziszerkezetét, vagyis meg kell határozni, hogy milyen fermion ízsám esetén jelenik meg egy nem-triviális renormálási csoport fixpont. A jelölt itt két különböző típusú modellre, a szextett (4. fejezet) és a fundamentális (5. fejezet) fermionokat tartalmazó modellekre vonatkozó eredményeket mutat be.

A dolgozat által megválaszolt fő kérdés, hogy különböző fermion íz-számok esetén a modell a királisan sértett fázisban van-e. A kérdés eldöntése technikailag igen nehéz, mert három határátmenetet kell kontrollált módon végrehajtani, a királis, a kontinuum és a termodinamikai limeszt, melyek mindegyike nem-triviális módon befolyásolja a kérdésre adott választ. A probléma megoldásához a jelölt alkotó módon használja a rácstérelmélet elmúlt 20 évben kifejlesztett szinte teljes eszköztárát, beleértve a legújabb state-of-the-art technikákat is.

A dolgozat szövege általában jól követhető, részletesen bemutatja a használt

módszereket és azok hátterét. Érdeemes lett volna azonban kicsit jobban ügyelni az egyes részek összeillesztésénél az egységes szerkezet megtartására. Például a gradiens flow-t kimerítően tárgyalja a 74-80. oldalon, ugyanakkor ennek a tárgyalásnak a lényegesen rövidített változata a dolgozatban két másik helyen, a 46-47. és a 95. oldalon is megtalálható.

A dolgozat tartalmilag és formailag is minden szempontból megfelelő, a benne és a tézispontokban megfogalmazott eredményeket a jelölt saját eredményeinek ismerem el, melyek jelentősen hozzájárultak az adott tudományterület fejlődéséhez. Az alábbiakban megfogalmazott kérdéseimre adott válaszoktól függetlenül mindenképpen javaslom a nyilvános vita megtartását.

A következő három kérdést szeretném feltenni a dolgozattal kapcsolatban:

1. A 67-69. oldalon a jelölt a Dirac spektrumot veti össze a királsan sértett fázisban az  $\epsilon$ -rezsimben várt véletlen-mátrix statisztikával. A talált egyezés a dolgozat szerint arra mutat, hogy a modell valóban a sértett fázisban van. A kérdés az, hogy van-e valami információnk arra vonatkozólag, 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?
2. A 85. oldalon található a kétféleképpen definiált futó csatolásnak egy  $X$  illetve  $1 - X$  együtthatókkal képzett lineárkombinációja, amelyről 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 oly módon, hogy még egy durvább rácsról származó pont is illeszkedjék a többi 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 ponton 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 illesztéshez?
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.

Debrecen, 20018. 09. 19.



Kovács Tamás György  
tudományos tanácsadó  
MTA ATommagkutató Intézet