

1. félévi beszámoló

Roth Apor (roth.apor@ttk.elte.hu)

Részecskefizika és Atommagfizika PhD program

Témavezető: Dr. Bajnok Zoltán

1. Bevezetés

A konform térelméletek (CFT) a statisztikus fizikán át a húrelméletig és a holográfiáig az elméleti fizika számos területén alkalmazhatók. Ezeknek az elméleteknek kiterjedt a szimmetriacsoportjuk, ugyanis eltolásokra, forgatásokra és skálázásokra is invariánsak. Ezen szimmetriák következtében az elméletben fellelhető korrelációs függvények kiszámolhatóak a skálázási dimenziók és a hárompont-csatolások ismeretében. Csoportunk a négydimenziós $\mathcal{N} = 4$ SYM modell hárompont-csatolásainak leírását tűzte ki célul, mely duális egy AdS háttérű húrelmélettel [1]. Az eredmények ismerete jelentős előrelépés lenne az erősen csatolt rendszerek viselkedésének megértésében.

Ahhoz, hogy ezt a problémát megoldjuk, csoportunk kifejlesztett egy módszert a kétdimenziós integrálható térelméletek hárompont-csatolásainak kiszámításához, melyet később általánosítanánk magasabb dimenziókra. A módszer lényege, hogy a konform térelméletünkhöz egy integrálható perturbációt adunk hozzá, a kapott elméletnek kiszámítjuk a véges térfogatú spektrumát és egy pont függvényeit integrálhatóságban alkalmazott módszerekkel, majd ennek vesszük a kistérfogatú kifejtését, amelyből kiszámíthatóak a konform térelmélet megadásához szükséges paraméterek. Ezt a számolást a csoportunk elvégezte másodrendű kifejtésben a sine-Gordon modell esetére [2]. A félév során a célom ezeket a számolásokat volt reprodukálni, hogy később általánosítsuk a csavart sine-Gordon modellre, majd kiszámoljuk a Potts-modell diagonális hárompont csatolásait. Ezek után a számolásainkat az összes minimálmodellre szeretnénk általánosítani.

2. Kutatás leírása

A félév elején befejeztük az MSc alatt elkezdett projektem, melyben a kvantumos Ruijsenaars–Schneider és a sine-Gordon modell végestérfogatú spektrumának összehasonlítása volt a cél. Megállapítottuk, hogy a két spektrum nagyban különbözik mind a szabad, mind a kölcsönható modellekben, és csak a nagyon nagy térfogatú limeszben tartanak egymáshoz.

Ezután rátértem a sine-Gordon modell kistérfogatú kifejtésének másodrendű közelítésben való kiszámítására. A cikkben található számolások célja a primér mezők vákuum-várható értékeinek arányai kiszámolása volt, de ez a módszer hasznosítható hárompont-függvények kiszámolására is [3]. Ezen arányok kifejezhetőek véges számú, $\tilde{\omega}_{2k-1,2j-1}$ mátrixelem használatával [4], melyek kifejezhetőek a $Z(x)$ számláló-függvény segítségével, amely a sine-Gordon alapállapot energiájának kifejezésében szerepel [5]. Mind a $Z(x)$ függvényt, mind a mátrixelemeket nemlineáris

integrálegyenletek (NLIE) segítségével számolhatjuk ki, melyek jobb oldala az integrál mellett egy térfogattól függő vezető tagot is tartalmaz.

A korrekciók kiszámításában segít, hogy ismert a Z függvény alakja kis térfogatra [6], vagyis mindkét végtelenben erősen lecseng, valamint 0 körül egy z_0 platóértékhez tart. Így az aszimptotikus alakja felírható két, $Z_{\pm}(x)$ alakú függvény segítségével, ahol $Z_+(x)$ a $+\infty$ -ben, $Z_-(x)$ pedig a $-\infty$ -ben cseng le. Ezután a mátrixelemekben szereplő mennyiségeknek is meghatározzuk az aszimptotikus alakjait, valamint az ezekhez tartozó korrekciókat a Z aszimptotikus határesetének segítségével. Az aszimptotikus járulékból, valamint azoknak a korrekcióiból kifejezzük a térfogatban első és másodrendű tagokat. Az így kapott korrekciókra integrálegyenleteket kapunk, melyet numerikusan értékelünk ki.

A félév során ellenőriztem a cikkben fellelhető analitikus formulákat és numerikus eredményeket, melyekre jó egyezést kaptam. Jelenleg a csavart sine-Gordon modell másodrendű korrekcióit számolom, melyben a $Z(x)$ -et leíró NLIE vezető tagjához hozzáadunk egy α_z paramétert. Jelenleg $\alpha_z = \frac{\pi}{5}$ -re végzek számolásokat.

3. Tanulási tevékenység

A félév során a következő tárgyakat hallgattam az ELTE-n:

- Integrálható térelméletek FIZ/2/084E (jeles)
- Algebrai térelmélet I EA FIZ/2/020E:2 (jeles)
- Konform térelméletek EA FIZ/2/018E (még nem szereztem értékelést)

valamint hallgattam a Rácsvérelmélet I (FIZ/2/007E) előadást, de abból nem tervezek ebben a félévben érdemjegyet szerezni.

4. Publikációk

Témavezetőmmel egy preprint-et tettünk közzé az arxiv-on „Comparing the elliptic Ruijsenaars–Schneider model to the finite volume sine-Gordon theory” címmel [7], melyet a Nuclear Physics B című lapba küldtünk be elbírálásra.

5. Oktatási tevékenység

A félév során az Elméleti Mechanika A (elmfiz1af19va) tárgy gyakorlatában segítettem Kovács Szabolcs gyakorlatvezetőnek a zárhelyik és beadandók javításában.

Hivatkozások

- [1] Juan Maldacena. “The large- N limit of superconformal field theories and supergravity”. *International journal of theoretical physics* 38.4 (1999), 1113–1133. old.
- [2] Árpád Hegedűs. “Integrable formulation of the OPE coefficients in the UV limit of the sine-Gordon model”. *Journal of High Energy Physics* 2025.1 (2025), 1–53. old.
- [3] Árpád Hegedűs. “Finite volume expectation values in the sine-Gordon model”. *Journal of High Energy Physics* 2020.1 (2020), 1–38. old.
- [4] Michio Jimbo, Tetsuji Miwa és Fedor Smirnov. “Hidden Grassmann structure in the XXZ model V: sine-Gordon model”. *Letters in Mathematical Physics* 96.1 (2011), 325–365. old.
- [5] Claudio Destri és Hector J de Vega. “Unified approach to thermodynamic Bethe Ansatz and finite size corrections for lattice models and field theories”. *Nuclear Physics B* 438.3 (1995), 413–454. old.
- [6] G Feverati, F Ravanini és G Takacs. “Non-linear integral equation and finite volume spectrum of sine-Gordon theory”. *Nuclear Physics B* 540.3 (1999), 543–586. old.
- [7] Zoltan Bajnok és Apor Roth. *Comparing the elliptic Ruijsenaars-Schneider model to the finite volume sine-Gordon theory*. 2025. arXiv: 2511.16338 [hep-th]. URL: <https://arxiv.org/abs/2511.16338>.