

Spektrális és erős csatolású problémák vizsgálata az $\mathcal{N} = 4$ szuperszimmetrikus Yang-Mills elméletben

Első félévi beszámoló

Elek Soma

Témavezető: Dr. Bajnok Zoltán

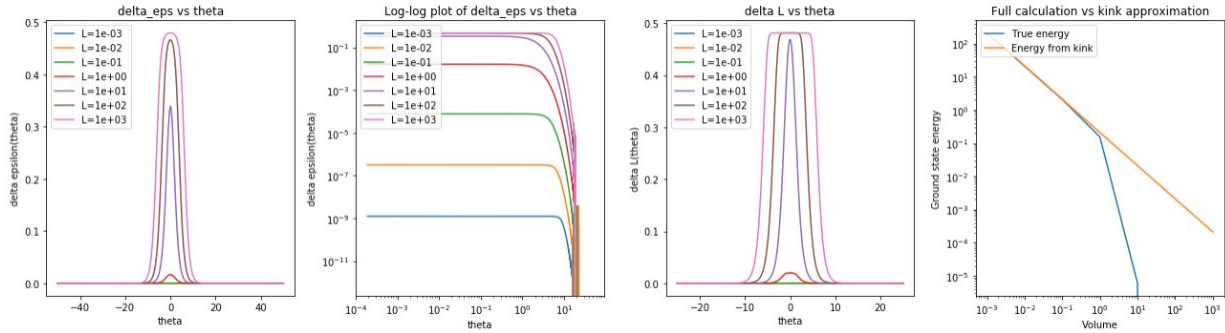
2026. január

1. Bevezetés

A természet alapvető kölcsönhatásait a mértékelméletekkel írjuk le. Perturbatív módszereket sikeresen alkalmaztak különböző kvantumtérelméletek (QFT-k) megfigyelhető mennyiségeinek kiszámítására. Azonban a perturbációs számítás nem alkalmazható erősen csatolt mértékelméletek esetén, amilyen a kvantumszíndinamika (QCD) alacsony energiákon, ezért ezek az elméletek napjainkig komoly kihívást jelentenek [1]. Az AdS/CFT megfeleltetés, amely kimondja, hogy bizonyos konform térelméletek (CFT-k) duálisak aszimptotikusan anti-de Sitter (AdS) téridőn definiált húrelméletekkel [2], nemperturbatív módszereket biztosít az erősen csatolt mértékelméletek vizsgálatához. Továbbá, a duális húrelmélet egy kétdimenziós integrálható QFT, amely lehetővé teszi integrálhatósági technikák alkalmazását az elmélet egzakt megoldásához [3]. Bár az AdS/CFT sejtés mellett erős bizonyítékok állnak, és az elmúlt 25 évben élénk kutatási terület volt, a formális bizonyítás viszont hiányzik. A CFT-k további kutatása lehetőséget nyújt a dualitás különböző aspektusainak tesztelésére.

2. Kutatás

Mivel a doktori képzés során nem a mesterképzésem alatt megkezdett kutatást folytatom, így a legelső teendő az integrálható kvantumtérelméletek, és a konformtérelméletek területeinek elsajátítása volt. Szerencsére erre az egyetemen is volt lehetőségem a félév során, Dr. Bajnok Zoltán és Dr. Lencsés Máté előadásain keresztül. A szakirodalom tanulmányozásán kívül elkezdtem numerikus számolásokat végezni különböző 1+1 dimenziós integrálható kvantumtérelméleteket vizsgálva. Írtam egy Python programot, ami kiszámolja az adott modellhez tartozó alapállapot energiát, a térfogat különböző értékeire, a termodinamikai Bethe-ansatz (TBA) [4] segítségével. Megvizsgáltam ezen elméletek kis térfogati (UV) limeszét, az UV konform térelmélet centrális töltését, a bulk energiasűrűséget, és a perturbáló operátor skáladimenzióját meghatározva. A teljes numerikus számolást összevettem a "kink becslés" különböző rendjeivel, reprodukálva Bajnok és Janik eredményeit[5]. A vizsgált elméletek a skálázó Lee-Yang modell, és az $\mathcal{M}_{3,5}$ minimális modell releváns perturbációja voltak.



1. ábra. A TBA kink közelítésénél használt függvények különböző térfogatokra ábrázolva

A közeljövőben többfajta részecskével rendelkező modellekben, valamint határolt elméletekben is fogok hasonló számításokat végezni.

3. Tanulmányi tevékenység

Nyáron részt vettem az egyetemen tartott *Student Workshop in Integrability* nyári iskolán. A félév során három tárgyat hallgattam:

- Integrálható térelméletek (FIZ/2/084E), melyből jeles érdemjegyre vizsgáztam
- Konform térelméletek (FIZ/2/18E), melyből jeles érdemjegyre vizsgáztam
- Algebrai térelmélet I. (FIZ/2/020E), melyből jeles érdemjegyre vizsgáztam

4. Oktatási tevékenység

A félév során a Dr. Katz Sándor által tartott Kvantummechanika A tárgy gyakorlatvezetője voltam. A gyakorlat heti 1x90 perc volt.

Hivatkozások

- [1] N. Brambilla et al. QCD and Strongly Coupled Gauge Theories: Challenges and Perspectives. *Eur. Phys. J. C*, 74(10):2981, 2014.
- [2] Juan Martin Maldacena. The Large N limit of superconformal field theories and supergravity. *Adv. Theor. Math. Phys.*, 2:231–252, 1998.
- [3] Niklas Beisert et al. Review of AdS/CFT Integrability: An Overview. *Lett. Math. Phys.*, 99:3–32, 2012.
- [4] Zoltan Bajnok. Review of AdS/CFT Integrability, Chapter III.6: Thermodynamic Bethe Ansatz. *Lett. Math. Phys.*, 99:299–320, 2012.
- [5] Zoltan Bajnok and Romuald A. Janik. OPE coefficients and the mass-gap from the integrable scattering description of 2D CFT's. *JHEP*, 11:128, 2022.