

2. félévi beszámoló

Borsi Márton (borsimarton96@gmail.com)

Integrálható spinláncok dinamikája és korrelációs függvényei

Részecskefizika és csillagászat PhD program

Témavezető: Pozsgay Balázs

1. Bevezetés

Doktori kutatásomban kvantummechanikai integrálható modellekkel foglalkozom, melyek sajátos tulajdonsága, hogy végtelen számú megmaradó mennyiséget tartalmaznak. Ezen rendszerekben, kivételes módon, számos problémára adható analitikus válasz különböző matematikai módszerek (például a Bethe Ansatz) segítségével. A modell töltésoperátorai fontos szerepet játszanak mind a transzportfolyamatok (általánosított hidrodinamika, GHD), mind a termalizáció (általánosított Gibbs-sokaság, GGE) leírásában. A területet különösen fontossá teszi, hogy modern kísérletekben már ellenőrizhetők az elméleti eredmények.

2. Kutatási munka a félévben

A félév első felében egy áttekintő (review) cikk megírásán dolgoztam, melyre a témavezetőm kapott felkérést a Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment folyóirat egy különkiadásához [1]. Korábbiakon túl a publikáció több új eredményemet is tartalmazta.

Szigorú levezetést adtunk a GHD alábbi alapegyenletére [2] az izotropikus Heisenberg-modellben:

$$\langle J \rangle = \sum_j \int d\lambda \rho_j(\lambda) v_j^{\text{eff}}(\lambda) q_j(\lambda). \quad (1)$$

Az összefüggés szerint a töltésekhez tartozó J áramok várható értéke az egyes részecskék kölcsönhatás miatt létrejövő v^{eff} effektív sebességének, az általuk szállított q töltésnek és a ρ betöltési függvénynek a szorzataként áll elő a részecskékre összegezve. Egyszerűbb alakra hoztuk továbbá a fenti és más egyenleteket is az által, hogy a j részecsketípusokra történő összegzést eltüntettük a kifejezésből.

A cikkben lévő másik lényeges eredményem a korrelációs függvényekhez kapcsolódik, melyekkel az áramok várható értékei kapcsolatba hozhatók. A várható értékekhez tartozó bizonyos amplitúdókat számítottunk ki, melyek segítségével korrelációs függvények aszimptotikus alakja adható meg.

A félév második felében integrálható rendszerek környezethez való csatolását kezdtem vizsgálni, mely egy tényleges kísérlet esetén mindig jelen van [3]. Bizonyos feltételek mellett a rendszer ρ sűrűségmátrixának időfejlődése jól leírható a Lindblad-egyenlet segítségével:

$$\dot{\rho} = -i [\mathcal{H}, \rho] + \gamma \sum_{j=1}^L \left(l_j \rho l_j^\dagger - \frac{1}{2} \{ l_j^\dagger l_j, \rho \} \right), \quad (2)$$

ahol \mathcal{H} a Hamilton-operátor, γ a kölcsönhatás erőssége, l_j pedig a Lindblad-operátor. A kutatás során az XX spinmodellt vizsgáltam, mely a Jordan-Wigner transzformációval szabad fermionrendszerre képezhető le. Amennyiben a Lindblad-operátort a fermionikus betöltési szám operátorával választjuk arányosnak, az úgynevezett fázisvesztő (dephasing) modellt kapjuk. A kutatás során ezen rendszer sűrűségmátrixának időfejlődését vizsgáltam abban a speciális esetben, amikor azt végig diagonálisnak tekintjük a Hamilton-operátor sajátbázisában.

Megmutattam egyrészt, hogy ebben a közelítésben a betöltési számok mind megegyező értékhez tartanak exponenciális sebességgel, valamint, hogy a sűrűségmátrix stacionárius állapota az identitással arányos. Mindkét állítás azt mutatja, hogy a környezettel való kölcsönhatás eredményeképpen a rendszer végül a végtelen hőmérsékletű állapotba kerül.

3. Publikációk

A fent részletezett beküldött cikkünket a közelmúltban fogadták el, a *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* folyóiratban fog megjelenni.

4. Tanulmányi tevékenység

A kurzusok, amiken részt vettem:

- Szolitonok és instantonok I. (FIZ/2/008)
- Rácstérelmélet I. (FIZ/2/007)
- A részecskefizika kísérleti módszerei (rppexpmethf20em)

Hivatkozások

- [1] M. Borsi, B. Pozsgay, and L. Pristiyák, „Current operators in integrable models: A review,” 2021. arXiv:2103.12160 [cond-mat.stat-mech].
- [2] B. Bertini, M. Collura, J. De Nardis, and M. Fagotti, „Transport in Out-of-Equilibrium XXZ Chains: Exact Profiles of Charges and Currents,” *Physical review letters*, vol. 117, no. 20, p. 207201, 2016. arXiv:1605.09790v4 [cond-mat.stat-mech].
- [3] I. Bouchoule, B. Doyon, and J. Dubail, „The effect of atom losses on the distribution of rapidities in the one-dimensional bose gas,” *SciPost Physics*, vol. 9, Oct 2020. arXiv:2006.03583 [cond-mat.quant-gas].