

### 3. félévi beszámoló

**Borsi Márton** (borsimarton96@gmail.com)

## Integrálható spinláncok dinamikája és korrelációs függvényei

Részecskefizika és Atommagfizika PhD program

Témavezető: Pozsgay Balázs

### 1. Bevezetés

Doktori kutatásom témája az integrálható kvantummechanikai rendszerek vizsgálata, melyek egyedi tulajdonsága, hogy különböző matematikai módszerekkel egzaktul megoldhatók. Közös jellemzőjük, hogy végtelen számú megmaradó töltéssel rendelkeznek, melyek a mélyebb algebrai struktúrából erednek. A pusztán elméleti érdeklődésen túl ezen rendszerek ma már jó közelítéssel valós fizikai kísérletekben is létrehozhatók ultrahideg atomok segítségével.

Egy érdekes kérdés az integrálható modellek klasszifikációja. Rácsmodellek esetén az első szomszéd kölcsönhatást tartalmazó rendszereket vizsgálták elsősorban, míg a nagyobb, de véges távolságon kölcsönhatókról kevesebbet tudunk. Ezekről a közepes távolságú (medium range) modellekről jelent meg egy cikke a kutatócsoportomnak a közelmúltban, mely kiindulási alapot ad a klasszifikációs vizsgálatokhoz [1].

### 2. Kutatási munka a félévben

A félévben háromrácspontos modelleket vizsgáltam, melyek Hamilton-operátorának általános alakja:

$$H = \sum_j h_{j,j+1,j+2}. \quad (1)$$

Az [1] cikk egyik fontos eredménye egy integrálhatósági feltétel megfogalmazása sejtésként. A kétrácspontos esetben ismert Reshetikhin-feltétel általánosítása, hogy egy három rácspontos Hamilton-operátor integrálható, amennyiben rendelkezik egy ötrácspontos töltéssel, melynek lokális alakja a következő

$$q_5(j) = [h_{j,j+1,j+2}, h_{j+1,j+2,j+3} + h_{j+2,j+3,j+4}] + \tilde{h}_{j,j+1,j+2}. \quad (2)$$

Itt  $\tilde{h}_{j,j+1,j+2}$  egy tetszőleges háromrácspontos operátor. A klasszifikáció tehát a következő módon végezhető el: készítünk egy paraméteres Ansatz-ot a Hamilton-operátorra, ebből generáljuk az ötrácspontos töltést, majd megköveteljük annak felcserélhetőségét a Hamilton-operátorral.

A félév során ezzel a módszerrel elemeztem két modellcsaládot: a háromrácspontos SU(2)-invariáns spin-1, valamint az úgynevezett IRF (Interaction Round-a-Face) spin-1/2 Hamilton-operátorokat. A számolásokat a Mathematica szoftverrel végeztem el. A kevesebb paraméter érdekében csak a  $\tilde{h}_{j,j+1,j+2} = 0$  speciális esetet vizsgáltam.

A spin-1 esetben elsőként az összes SO(3) invariáns operátort kellett előállítani, ezekből 8 darab van. A klasszifikációs lépéseket a tetszőleges lineáris kombinációjukon elvégezve csupán

olyan Hamilton-operátorokat kaptam, melyek a kétrácsponos esetből előállíthatók. Kijelenthető tehát, hogy itt nincs új integrálható modell.

Az IRF Hamilton-operátorok általános alakja (spin-1/2 esetén) a következő:

$$h_{j,j+1,j+2} = \sum_{a,b=0,1} P_j^a h_{j+1} P_{j+2}^b. \quad (3)$$

Itt  $P_j^0$  és  $P_j^1$  projekciók ortogonális alterekre,  $h_{j+1}$  pedig csupán egy rácsponton hat. A 16 tagú Ansatz-ból kiindulva több modelleszaladot is sikerült elkülöníteni, de munka még folyamatban van.

Az eredmények egy várhatóan tavasszal írandó cikkben fognak szerepelni.

A fentiekén túl foglalkoztam még az ÚNKP-hoz kapcsolódó külön kutatással, melynek során dual unitér kapukat vizsgáltunk kvantumáramkörökben. Ennek eredménye a lent feltüntetett cikk.

### 3. Publikációk

- M. Borsi and B. Pozsgay, „Remarks on the construction and the ergodicity properties of dual unitary quantum circuits (with an appendix by Roland Bacher and Denis Serre),” 2022. arXiv:2201.07768 [quant-ph]
- M. Borsi, B. Pozsgay, and L. Pristiyák, „Current operators in integrable models: a review,” *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, vol. 2021, p. 094001, sep 2021. arXiv:2103.12160 [cond-mat.stat-mech]

### 4. Tanulmányi tevékenység

A kurzusok, amiken részt vettem:

- Konform térelmélet (FIZ/2/018)
- Rácstérelmélet II. (FIZ/2/055)
- Szolitonok és instantonok II. (FIZ/2/009)

### 5. Oktatási tevékenység

A félév során a Kvantummechanika B gyakorlatot tartottam heti egy órában.

### Hivatkozások

- [1] T. Gombor and B. Pozsgay, „Integrable spin chains and cellular automata with medium-range interaction,” *Physical Review E*, vol. 104, no. 5, p. 054123, 2021. arXiv:2108.02053 [nlin.SI].