

Válaszok Lencsés Máténak a „Dynamics of One-Dimensional Integrable Systems” - című PhD dolgozat bírálatában feltett kérdéseire

Pristyák Levente

1. **Van-e a Hilbert-tér töredezettségnek bármilyen jele az eredeti, XXZ modellben, illetve lehet-e látni ennek a mechanizmusát, amint Delta tart végtelenbe, vagy ez kizárólag a határesetben érvényes észrevétel?**

Szigorúan vett Hilbert-tér töredezettség csak a $\Delta \rightarrow \infty$ határesetben áll fenn, ekkor válnak az egyes alterek dinamikailag átjárhatatlanná, illetve ekkor jelenik meg a spektrumban nagy mennyiségű egzakt degeneráció is. Azonban a 7.3-as fejezetben leírtak alapján a várákozásom az, hogy a mechanizmusnak mutatkoznak jelei, ahogy Δ növekszik: amennyiben a 7.3-as fejezetben ismertetett kvantum kvencset véges Δ esetén vizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy a σ_x operátor várható értéke 1-ről indulva 0-ra csökken (hasonlóan a 7.4-es ábrán látható $h = 0$, $\mu = 1$ esethez, ahol a Hilbert-tér töredezettséget sértő H_{pert} tagot kapcsoltuk be). Azonban mivel Δ növelésével egyes energiaszintek egyre közelebb kerülnek egymáshoz, a (7.19)-es egyenlet és az ahhoz kapcsolódó érvelés alapján azt várom, hogy az az időtáv amin $\langle \sigma_x(t) \rangle$ lecseng 0-ba, növekedni fog, ahogy Δ növekszik. Ezt azonban sem én, sem (legjobb tudomásom szerint) más nem vizsgálta.

2. **A jelölt az "egyszerű" modellek konstrukcióját és vizsgálatát azzal motiválja, hogy az általánosított hidrodinamika eredményeit lehet ellenőrizni ezek segítségével. A dolgozatban erre utaló eredményt azonban nem találunk. Történt-e esetleg akár a jelölt, akár más szerzők által ilyen irányú vizsgálat? Ha igen, milyen eredménnyel, ha nem, akkor mi lehet a nehézség?**

Általam (és szerzőtársaim) által nem történt ilyen irányú vizsgálat. Legjobb tudomásom szerint az egyetlen munka, amiben ténylegesen sikerült a GHD jóslatait egzakt számításokkal alátámasztani, az a dolgozatban is idézett K. Klobas és B. Bertini, "Exact relaxation to Gibbs and non-equilibrium steady states in the quantum cellular automaton Rule 54," *SciPost Physics* **11** no. 6, (Dec, 2021) cikk. Ebben egy inhomogén kvantum kvencset vizsgáltak a Rule 54 modellben. Kihasnálva a modell duál unitér voltát, sikerült egzaktul megmutatniuk, hogy egy bizonyos bipartíciós protokollt követően kialakuló nem-egyensúlyi állandósult állapot megegyezik a GHD által jóslottal.

Általánosan a nehézséget az okozza, hogy egy inhomogén kvencs egzakt vizsgálatához szükség van a kiinduló állapot és a rendszer sajátállapotai közötti átfedésekre, illetve egy spektrális összegzés elvégzésére. Annak ellenére, hogy a dolgozatban ismertetett folded XXZ modellben a Bethe egyenletek sokat egyszerűsödnek a szokásos XXZ modellhez képest, ezek a számítások továbbra is nehezen kezelhetők (különösen a translációs invariancia hiányában).

3. **A 7.3-as ábra alapján a perzisztens oszcillációk nem-nulla külső mágneses térnél jelennek meg az x irányú mágnesezettség operátorának időfejlődésében. Hasonlóan a 7.4-es ábrán is. Hasonló jelenséget láthatunk az Ising modell ferromágneses fázisában longitudinális mágneses tér esetén (Kormos és tsai. Nature Physics 13, 246–249 (2017)). Ott a jelenség a külső tér okozta bezárással magyarázható, igaz az időfejlődés során az összefonódási entrópia (két félvégtelen lánc között) is mutatja az oszcillációkat, és nem mutat növekedést. Hasonló a helyzet az ún. E_8 modellben, ahol egyrészecske állapotok állnak a háttérben (Castro-Alvaredo és tsai. Phys.Rev.Lett. 124 (2020) 23, 230601). Hogyan alakul a vizsgált modellben az összefonódás időfejlődése? Lehet-e valami kapcsolat esetleg a fenti mechanizmusokkal?**

Fontos megjegyezni, hogy míg az idézett munkákban a longitudinális mágneses tér bekapcsolása és

az általa okozott, a kvázi-részecskék közötti vonzó potenciál szükséges az új jelenség megjelenéséhez, a folded XXZ modellben (illetve nem integrálható kiterjesztésében) a Hilbert-tér töredezettség már $h = 0$ esetben is kifejti hatását, ez okozza, hogy a 7.2, 7.3 és 7.4-es ábrákon $\langle \sigma_x(t) \rangle$ egy nem nulla értéken állandósul (Hilbert-tér töredezettség hiányában ellenben 0-ba cseng le, lásd 7.4-es ábra $h = 0$, $\mu = 1$ esete). A mágneses tér bekapcsolása ilyen értelemben nem vezet új jelenséghez, csak felhasít bizonyos degenerációkat oly módon, hogy a megjelenő energia-különbségek ekvidisztánsak lesznek, így a spektrális összegzést elvégezve állandósult oszcillációk jelennek meg.

Az összefonódási entrópia numerikus vizsgálata során nem tapasztaltuk az oszcillációk megjelenését, az ugyanúgy növekedett a mágneses tér jelenlétében, mint nélküle. Ezek alapján én nem gondolom, hogy kapcsolat lenne az idézett jelenségek és az általunk vizsgált modellek között.