

Dolgozatom központi témája a kvantum spinláncok legegyszerűbb modelljének, a transzverz térbeli Ising modellnek (TFIM) analitikus és numerikus vizsgálata, a rendszerben lokális kvantum kvencsek nyomán létrejövő időfejlődés elemzése.

Munkámhoz elengedhetetlen a szakirodalom részletes megismerése. Ennek folyamán megismerkedtem a kvantum fázisátalakulás fogalmával, a TFIM koncepciójával, a Kramers-Vannier dualitással, aminek segítségével meghatározható a rendszer kritikus pontjának helye, ahol kvantumos fázisátalakulás történik a rendszerben. A szakirodalom alapján megismertem és végigszámoltam a végtelen rendszerbeli TFIM analitikus megoldását, melyhez a Jordan-Wigner transzformáció eszközének alkalmazása szükséges. Megismerkedtem továbbá a véges rendszerbeli spektrum és sajátállapotok konstrukciójával is.

Dolgozatomban a szakirodalom tanulmányozásán felüli saját munkám röviden összefoglalva:

- A TFIM határesetekének vizsgálata perturbáció számítás segítségével, bevezetve a kvázirészecskék perturbatív koncepcióját. A perturbációszámítás eredményeként megkaptam, hogy a modell Hamilton-operátorának spektruma nemkölcsonható fermionikus kvázirészecskék egyrészecske energiatagjainak összegéből áll elő, amiről a szakirodalomban megtalálható analitikus megoldás alapján elmondható, hogy nemcsak perturbatív esetben teljesül. Az analitikus megoldás határesetei megfelelően visszaadják a perturbatíván számolt spektrumot.
- A TFIM különböző változataiban létrehozott lokális kvantum kvencsek vizsgálatára saját, egzakt-diagonalizáción alapuló kódot írtam Python programozási nyelven. A TFIM globális kvencseinek vizsgálata jól ismert a szakirodalomban, azonban a fenti kód segítségével szimulált lokális kvencseket egyáltalán nem, vagy csak kevésbé részletesen vizsgálták eddig. Az általam elemzett lokális kvencsek létrehozása tipikusan a pozitív mágnesezettségű alapállapotból egy, középső spin átfordításával történt.
- A tisztán transzverz TFIM keretein belül a numerikus eredmények alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy hosszú idő után rendszer ekvilibrált az ellentétes mágnesezettségű alapállapothoz, amit a megfelelő globális kvencsek szakirodalma is alátámaszt. Azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a modell kváziklasszikus leírása valóban lehetséges szabad fermionok segítségével, csupán kétrészecskés állapotok bekeveredésével.
- Érdekes kérdés, hogy mi történik, ha a rendszerbe bekapcsolunk egy longitudinális mágneses teret is, megsértve ezzel az integrálhatóságot. Numerikusan azt tapasztaltam, majd analitikus megfontolásokkal alá is támasztottam, hogy ha a longitudinális tér iránya megegyezik az eredeti mágnesezettséggel, akkor bezárás következik be, vagyis a dinamika a rendszer egy bizonyos tartományára korlátozódik, aminek következtében oszcillációk alakulnak ki a mágnesezettségi front időfejlődésében. Szintén numerikus tapasztalatok alapján azt a következtetést is levonhatjuk, hogy abban az esetben is hasonló oszcillációk jönnek létre, ha a longitudinális tér előjele ellentétes az eredeti mágnesezettséggel, viszont ezen oszcillációk fizikai magyarázata jelentősen különbözik a bezáró dinamikáétól. Ebben az esetben is analitikus megfontolásokkal támasztottam alá a tapasztaltakat, arra a következtetésre jutva, hogy a mágnesezettségi profil időfejlődésében Bloch-oszcillációk alakulnak ki, ami a modell rács-szerkezetének köszönhető. Eredményeim megfelelnek a globális kvencsek szakirodalma alapján támasztott várakozásoknak.

Munkám eredményeként közelebb kerülhetünk a TFIM és ennek longitudinális térrel kiegészített változatának, valamint a kvantum kvencsek megismeréséhez, megértéséhez, továbbá az elsajátított ismereteket komplexebb kvantum rendszerek esetén is hasznosíthatjuk.