

Válasz

Geszti Tamás bírálatában megfogalmazott kérdésekre

1. *Az integrálható rendszerek a minket körülvevő világ sokszínűségének egy megszámlálható részét teszik ki. Kérem, foglalja össze, mit tesz hozzá ennek a résznek a kutatása az egész megértéséhez.*

A feltett kérdés teljesen jogos. Kétféle válasz adható, egyrészt történeti, másrészt az aktuális kutatásokra vonatkozóan.

Kezdve a történetivel: A fizika elmúlt évtizedeiben több olyan jelenséget is találtak, több olyan fogalom is született, melynek konkrét elméleti bizonyítását (tudommal) csak az integrálható modellekben sikerült megadni. Néhány ilyen jelenséget említenék: Másodrendű fázisátalakulások és kritikus jelenségek, nem-egész kitevőjű skálázás, stb, illetve kollektív gerjesztések kölcsönható közegben, tömeg- és töltés-renormálás, tört kvantumszámú gerjesztések, spin-töltés szétválás, stb stb. Ezek ma széles körben elfogadott jelenségek, melyekre (azt gondoljuk) értjük a magyarázatot. De amikor először megjelentek a fizikus köztudatban, akkor nagyon fontos volt, hogy legyenek konkrétan kiszámolható esetek. A másodrendű fázisátalakulásra nagyon híres példa a 2D Ising modell esete, ahol végigszámolható, hogy a spin-spin korrelációs függvény a kritikus pontban $1/8$ skálázási kitevővel bír (a távolság függvényében). Ehhez hasonlóan, a tömeg-renormálás, vagy a spin-töltés szeparáció, a kollektív gerjesztések tulajdonságai mind végigszámolhatók az integrálható modellekben, például a Hubbard modellben. Személyes véleményem szerint ezek az eredmények adják a szakterület fontosságának igazolását, történeti visszatekintésben. Szokás még előhozakodni a matematikai felfedezésekkel, amiket ez a tudományág ihletett, és ezek ma valóban fontosak a matematikusok számára is, azonban a bíráló kérdése szerintem a fizikai megismerésre vonatkozott.

Visszatérve a második nézőpontra, a mai aktív kutatásokra. Itt kicsit más hangsúlyt mondanék, ugyanis a szakterület elmúlt 10-12 évének eredményei (köztük a saját eredményeim is) nem annyira az általánosat, hanem inkább a különlegeset fogták meg. Másképp: az volt a fókuszban, hogy miben mások az integrálható modellek. A mai szilárdtestfizikai irodalomnak azt a részét olvasgatva, amelyik nem kifejezetten az integrálható modellekkel foglalkozik, általában azt tapasztalom, hogy van egy tiszta kép arról, hogy miben tud más viselkedést mutatni egy integrálható modell, ez hogyan nyilvánul meg a korrelációs függvényekben, a transzportban, az összefonódottság kialakulásában, stb stb. És így ezeket a modelleket valóban említik, amolyan fontos tudásként, hogy mi az ami másképp lehetséges. A szakterületre kívülről rátekintő említéseknél általában ezt tapasztalom. Az integrálható modelleket amolyan egzotikus esetként tartják számon, hogy bizonyos finomhangolt esetekben ilyen meg ilyen viselkedésre is képes a kvantum anyag.

2. *Az integrálható kezdeti feltételekkel és peremfeltételekkel kapcsolatos kutatások kapcsolódnak-e kísérletekhez?*

Sajnos nem tudok olyan kísérletről, ahol konkrétan felhasználtak volna valamit az idevonatkozó elméleti számolásaimból. A Néel állapot, mint kezdeti állapot az

könnyen megvalósítható, és akkor érvényesek az én eredményeim. De konkrét kvencses kísérletről nem tudok.

3. *Vizsgáltak-e periodikus határfeltételektől eltérő eseteket is?*

Nem tudom, a kérdés pontosan mire vonatkozik. De alapvetően igen, majdnem mindenféle problémánál néztek nyitott határfeltételeket is. Általában ez nehezebb, kivéve, ha pont egyszerűsítést tesz lehetővé. Például vizsgáltak olyan nem-egyensúlyi helyzetet, amikor mondjuk egy spinlánc két végére raknak külső gerjesztést, például részecske be- illetve kivittelt, és kérdés, hogy a belső, tömbi dinamika végül milyen stacionárius állapotot alakít ki.

4. *A „rapidity” nevű impulzusok definíciója köthető-e valamiféle Lagrange-formalizmushoz?*

Nem, szerintem ezt szimplán csak átvették a relativisztikus elméletekből. A rapiditás változóknak az az előnye, hogy a két-részecskés S-mátrix csak a különbségétől függ, ami 1D-ben relativisztikus invariáns. Viszont ez a tulajdonság megfelelő választás esetén akkor is fennáll, ha amúgy nincs relativisztikus invariancia, például egy spinláncnál.

5. *A speciálisan választott kezdőfeltételeknek van-e hatása a termalizáció dinamikájára?*

Ez modelltől függő. Általánosságban az mondható el, hogy lényeges változás nem lesz, ha más (térben lokálisan konstruált) kezdeti állapotot választunk, a termalizáció időskálája, lezajlása ugyanolyannak várható. A kialakuló stacionárius állapot paraméterei lesznek csak mások, értsd: más hőmérsékletnek, illetve más általánosított hőmérsékletnek felelnek majd meg. Ellenben vannak olyan modellek, ahol egyes kezdeti állapotok nagyon más viselkedésre vezetnek. Nem-integrálható modelleknél ilyenek az ún. „soktest kvantum sebhelyek” (many body quantum scars), de integrálható esetekben is tudok olyan példákat, ahol nagyon eltérő viselkedést látunk, például bizonyos esetekben van, más esetekben nincs megmaradó oszcilláció a rendszerben. Egy későbbi PRE cikkünkben foglalkoztunk ilyen példákkal.

6. *A termalizációval kapcsolatos vizsgálatok átfedni látszanak a kvantum-termodinamika nemrég rohamos fejlődésnek indult területével. Alakul-e kapcsolódás a két kutatási irány között?*

Szerintem a termalizáció megértése során volt sok kölcsönhatás a két kutatási irány között. Bár azt nem tudom, hogy az integrálható modellek eredményei végül is hatottak-e általában a kvantum-termodinamika fejlődésére. Inkább azt gondolom, hogy itt is amolyan kivételes esetként tartják fenn ezeket a modelleket, ahol lehet tudni, hogy „minden másképp van”.

7. *A „kvantum-kvencs” kifejezés a rohamosan fejlődő kvantum-számítás világában az optimumkeresés alapvető technikáját jelenti, olyan eszközt, amely a bonyolult rendszerek által felkínált hamis optimumok elkerülését szolgálja. Van-e kapcsolódás ezzel a kutatási területtel?*

Ezt sajnos nem tudom. Az általam ismert irodalomban a kvencs az csak annyit jelent, hogy hirtelen megváltoztatjuk egy Hamilton operátor paramétereit, és az ezután kialakuló dinamikát vizsgáljuk.

8. *A rendszerek növekvő méretével energiaspektrumuk a kontinuumhoz közelít; időfejlődésüket egyre kevésbé az energia-sajátállapotok, egyre inkább ezek koherens szuperpozíciói jellemzik. Megjelenik-e ez a váltás az integrálható rendszerek dinamikájának vizsgálatában?*

Ilyen példát nem ismerek. Az integrálható modellekben épp az a jó, hogy (legalábbis elviekben) az összes energiaszint ismert, és ezért nem szükséges koherens szuperpozíciókkal számolni. Hasonló elveket használunk az ún. „reprezentatív állapot” kiválasztásánál, az ezzel való számolással, de ez nem pont ugyanaz. Ott csak

az a lényeg, hogy két makroállapot fizikai tulajdonságai azonosak lesznek, ha a megmaradó töltéseik extenzív része ugyanaz. Ellenben vannak olyan modellek, ahol váratlan egzakt degenerációk vannak, ott szóba jönnek a koherens szuperpozíciók, és ez egzotikus jelenségekhez vezet, de ez nem általános.



Budapest,
2022. március 18.

Pozsgai Balázs Sándor