3. félévi beszámoló

Vona István

(vona.istvan@wigner.mta.hu)

Részecskefizika és csillagászat PhD program

Témavezető: Bajnok Zoltán

Előzmények

Az 1+1 dimenziós, integrálható kvantumtérelméletek megoldására, vagyis a szórásmátrix és a lokális operátorok impulzus-sajátállapotok közötti mátrixelemeinek, a *form-faktoroknak* a meghatározására létezik eljárás, ha az egyetlen térdimenzió végtelen kiterjedésű.

Ugyanez a program, ha a tér kompaktifikált („véges térfogat"), még nincs teljesen befejezve. Ekkor a form-faktorokat megpróbálhatjuk kifejezni a végtelen térfogati megfelelőjükkel. Operátor várhatóértékek esetére (diagonális mátrixelemek) létezik ilyen, sor alakban előállítható megoldás (*Leclair-Mussardo formula*), a nem-diagonális mátrixelemek esetére azonban még nem. A kutatási tervemben - az MSc diplomamunkám folytatásaként - ennek meghatározását tűztük ki célul.

Kutatási tevékenység

Az alábbiakban vázolom a gondolatmenetet, amely alapján elindultam az előző és a jelen féléves kutatómunkám során.

Integrálható modellekben, tetszőleges lokális operátorok termális kétpont-függvényeinek

$$\langle\Omega|\mathcal{O}_1(x_1=0,t_1=0)\mathcal{O}_2(x_2=\Delta x,t_2=0)|\Omega\rangle$$

véges-hőmérsékleti viselkedése ismert térszerű szeparációkra sor alakban; ld. [1]. Ennek az ún. *mirror-modell*-beli megfelelője egy véges térfogati kétpont-függvény a lokális operátorok időszerű szeparációja mellett:

$$_L\langle 0|\mathcal{O}_2(t_2=\Delta t,x_2=0)\mathcal{O}_1(t_1=0,x_1=0)|0\rangle_L$$

Utóbbinak a véges-térfogati Hilbert-tér állapotain vett spektrálfelbontását formálisan felírhatjuk, és ez tartalmazni fogja a véges-térfogati form-faktorokat. A két formulát formálisan azonosíthatónak gondoljuk (mindkettő ugyanazt a várható-értéket számolja ki), ha a térfogat szerepét a hőmérséklet inverze játssza ($L\propto T^{-1}$); valamint a termális modell Δt és a véges térfogati modell Δx szeparációit megfeleltetjük egymásnak.

Ha mindkét formulát sorfejtjük az $e^{-mL}\ll 1$ hatványai szerint, azaz a $L\to\infty$, $(T\to 0)$ limeszben, akkor - rendről rendre - a véges térfogati (véges hőmérsékleti) korrekciók helyes egyeztetéséből elviekben azonosíthatóak a form-faktorokhoz tartozó korrekciós tagok. A vezető exponenciális rendű, azaz $\mathcal{O}(e^{-mL})$ tag valóban levezethető ily módon, és az eredmény egyezik a [2],[3] cikkekben levezetett formulával.

Az előző félévi beszámolómban megemlítettem egy, a vezető rend utáni, $\mathcal{O}(e^{-2mL})$ korrekcióit leíró formula meghatározá

sára tett kísérletet. A jelen félév elején a fent említett egyeztetést szisztematikusan, az egyes kontribúciókat gráfokkal reprezentálva próbáltuk elvégezni, egyszerűsítendő a számolásokat. Az ebből levont tapasztalatok, és az egyeztetés módszereiben felmerülő bizonytalanságok alapján témavezetőmmel arra a következtetésre jutottunk, hogy egyrészt az előző féléves eredmény korrigálásra szorul; másrészt szükséges volna egy konkrét integrálható modell által prediktált másodrendű eredménnyel összevetni az általunk számolt formulákat.

A félév vége felé a sinh-Gordon modell téroperátorának Lagrange-függvényből számolt, csatolásban perturbatív, kéthurok rendű kétpont-függvényét (ld. [2], C. appendix) próbáltam numerikusan összevetni az általános (modell-független) formuláinkkal. A numerikus integrálok kiértékelésének problémái miatt ez egy nagyobb lélegzetvételű feladat, amelyet a félév végéig nem sikerült befejezni, és a közeljövőben igyekszem visszatérni rá.

Időközben bekapcsolódtam a kutatócsoport egy másik projektjébe, amely az ún. *resurgence* elmélet vizsgálatát tűzte ki kétdimenziós, nem-lineáris $O(N)$ szigma-modellekben. Ezek a modellek mágneses térben egzaktul megoldhatóak egy TBA-szerű integrál-egyenlet segítségével. Erős mágneses tér esetén a fizikai mennyiségek perturbatív kifejtései előállíthatóak analitikusan, ezek azonban a perturbációszámításban szokásos módon aszimptotikus sorokra vezetnek. Felösszegezve (bizonyos rendig) csak közelítik, és nem adják vissza az egzakt megoldást, azonban a *resurgence* elmélet szerint együtthatóik tartalmaznak információt az egzakt megoldáshoz hiányzó, exponenciális jellegű (a mágneses tér hatványai szerint nem analitikus, $e^{-\frac{1}{x}}$-szerű) korrekciókról.

A fenti rendszerek tehát jó lehetőséget bizonyítanak a *resurgence* elmélet vizsgálatára, mivel ismerjük az egzakt megoldásukat is. A perturbatív sort azonban ehhez igen magas rendig (akár több ezer együttható) kell ismerni, aminek a számítása technikai nehézségekbe ütközik, így a félév végét az együtthatókat előállító kód [4] fejlesztésével töltöttem.

Oktatás

Idén másodjára vettem részt a Kvantummechanika A előadás gyakorlatának megtartásában, Seller Károllyal közösen. A távolléti oktatás miatt az értékelést főként beadandó feladatok alapján végeztük, a hallgatók jelentősen több példa közül választhattak, mint tavaly.

Tanulmányi tevékenység

A félév során az alábbi tárgyakat hallgattam:

- Kvantuminformáció-elmélet (jeles)
- Részecske- és magfizikai detektorrendszerek (jelenleg még nincs jegy)
- Rácstérelmélet II. (jelenleg még nincs jegy)
- Algebrai térelmélet I. (jelenleg még nincs jegy)

Hivatkozások

[1] B. Pozsgay and I. M. Szécsényi, „LeClair-Mussardo series for two-point functions in Integrable QFT,” *JHEP* **05** (2018) 170, `arXiv:1802.05890 [hep-th]`.

[2] Z. Bajnok, J. Balog, M. Lajer, and C. Wu, „Field theoretical derivation of Luscher's formula and calculation of finite volume form factors,” *JHEP* **07** (2018) 174, `arXiv:1802.04021 [hep-th]`.

[3] Z. Bajnok, M. Lajer, B. Szepfalvi, and I. Vona, „Leading exponential finite size corrections for non-diagonal form factors," *JHEP* **07** (2019) 173, `arXiv:1904.00492 [hep-th]`.

[4] D. Volin, „Quantum integrability and functional equations," *arXiv preprint arXiv:1003.4725* (2010) .