

# Bírálat

Vukics András

## „Fény-anyag-kölcsönhatás úton az ultraerős csatolás tartományába”

című MTA doktori értekezéséről

Vukics András doktori értekezése alapvetően három fő témára fókuszál: az első a Dicke-moddal kapcsolatos no-go állítások érvényességének vizsgálata, a második nagy téma a fotonblokádtól áttörés értelmezése fázisátalakulásként, illetve a termodinamikai limesz vizsgálata, míg a harmadik nagy téma egy numerikus algoritmus fejlesztése és tesztelése volt. A téma nem lehetne időszerűbb, melyet részben a megfigyelt jelenségek egzotikussága, részben pedig a kísérleti technikák jelentős fejlődése magyaráz. Mindezek mellett úgy érzem, hogy az egész munka teljes maradt volna csak az első 2 terület bemutatásával, a publikációkat és hatásukat tekintve a harmadik területet könnyű szívvel kihagyhatta volna a szerző, enélkül is egy teljes értékű, és talán könnyebben emészthető dolgozatot mutatott volna be.

A dolgozat és a tézispontok 19 publikációra épülnek, melyek a terület elismert folyóirataiban kerültek közlésre (köztük 1 Phys. Rev. X, 1 Phys. Rev. Lett., 1 Quantum). A szöveg szépen szedett és alaposan kimunkált, azonban rendkívül tömör és nehéz olvasmány, így gyakran szinte mondatról-mondatra haladva tudtam csak előrejutni a szövegben, ami lehet az én felkészületlenségem következménye is. Az oldaljegyzetek is inkább nehezítették számomra a téma megértését, mintsem segítettek volna. Szintén hiányoltam a magyarázó ábrákat a dolgozat első feléből, jól megválasztott ábrákkal talán könnyebben érhetővé lehetett volna tenni a szöveget az „A picture is worth a thousand words” mondás szellemében.

A dolgozat maga egy alapos, célratoró és tartalmas bevezetővel nyit, mely megismerteti az olvasót a később tárgyalandó három fő témakör alapvető jellemzőivel, az elméleti kérdésekkel és a legalapvetőbb kísérleti elrendezésekkel.

A későbbiekben a szerző ismerteti a Dicke-moddal kapcsolatos no-go tételket és ezekkel kapcsolatos számolásait. Legérdekesebb eredménye, hogy a Dicke-féle superradiáns fázisátalakulás egyfajta sziluetdje a kondenzációnak, mint makroszkópikus fázisátalakulásnak. Megmutatja, hogy egy realiztikusabb modellben a kritikus sűrűség a Dicke-féle kritikus sűrűség háromszorosa, vagyis még közelebb van a kondenzációs sűrűséghez.

A disszipatív átalakulással foglalkozó részben egy érdekes termodinamikai limeszt és az ennek elérését megelőző véges méret skálázást vizsgálja. Itt mutatja be legjelentősebb eredményét, mely a fotonblokádtól áttörés kísérleti megvalósításával kapcsolatos számolása egy áramkör-kvantumelektrodinamikai rendszerben transzmon qubitekkel. A harmadik témakörben az általa fejlesztett numerikus kódot mutatja be.

A dolgozattal kapcsolatban felmerült bennem néhány kérdés, de az ezekre adott válasz nem befolyásolja a munka kiváló minősítését. A szerző az elmúlt évtizedben komoly és értékes kutatást végzett, mely nemzetközi szinten is kiváló. Minderről a jelen dolgozat messzemenőig beszámol és a téziszüzetben megfogalmazott 10 tézispontot a szerző saját eredményeinek fogadom el, amelyekkel nagyban hozzájárult nemzetközi szinten is kutatási területének fejlődéséhez. Az értekezés maga igényes munka, korábbi -esetleges- kritikáim ellenére is. Összefoglalva mindezek alapján javaslom a dolgozat nyilvános vitára bocsátását és az MTA doktori cím odaítélését.

### **Kérdések:**

1. A Dicke-no-go állításokkal kapcsolatban felmerült, hogy a tárgyalások kiindulópontja a nemrelativisztikus Schrödinger-egyenlet. Ebben természetesen jelenhetnek meg  $A^2$ -es tagok. A relativisztikus Dirac-egyenletben azonban nincsenek ilyen tagok, nem lenne-e célszerű innen indulni? Vagy megfordítva a kérdést: a Dirac-egyenlet nemrelativisztikus limeszében megjelennek  $p^4$ , spin-pálya és Darwin-tagok. Ezekből jöhet akár  $A^4$ -es járulékok is. Jóllehet ezek csak relativisztikus korrekciók, a spin-pálya tag pl. a rendszám negyedik hatványával nő, és nehéz atomoknál akár dominálhatja is a sávszerkezet viselkedését. Ezek a tagok befolyással lehetnek-e a tárgyalt jelenségekre?

2. Az átlagtér elmélet keretében tárgyalt dinamikus instabilitással kapcsolatban kérdezem, hogy az átlagtér elmélet alkalmazhatóságának mi a feltétele? Vannak-e korrekciók az átlagtér megoldáshoz? Érvényét vesztheti-e az átlagtér közelítés hasonló modellekben?

3. A disszipatív elsőrendű fázisátalakulás illeszkedik-e a fázisátalakulások általános elméletébe? A kritikus exponensek kielégítik-e a megszokott skálaegyenleteket? Vannak-e univerzalitási osztályok? Léteznek-e más, akár nem disszipatív jelenségek, melyek ugyanilyen kritikus exponensekkel rendelkeznek?

4. A dolgozatban több helyen előfordul a Lindblad-egyenlet. Ez a környezethez való csatolás minimális modellje. Elképzelhető-e olyan eset, amikor ez a leírás nem elégséges egy nyílt rendszer leírására? Lehetnek-e nem Markov folyamatok, honnan látnánk, hogy ezek figyelembevétele szükséges a leírásban? Adhatnának-e ezek a Lindblad-egyenleten túlmutató jelenségeket? Léteznek-e erre mutató kísérletek?

5. A Lindblad-egyenlet „lelke” a jump-operátor. Ha ezek együtthatói kielégítik a részletes egyensúly feltételét, akkor az állandósult állapot sűrűségmátrixa termális lesz. Kísérletileg hangolhatók-e ezek az együtthatók, látnak-e ilyen értelemben vett termalizálódást disszipatív rendszerekben? Pl. a Mpemba-effektust vizsgálták-e kísérletileg vagy elméletileg áramkör-elektrodinamikai rendszerekben?

Budapest, 2023. október 27.



.....  
Dóra Balázs  
egyetemi tanár