

Vélemény

Fodor Gyula: Exponentially small radiation of oscillons and oscillatons

c. MTA doktori értekezéséről

Az oszcillonok lokalizált, hosszú életű, időfüggő és pulzáló térbeli konfigurációk bizonyos nemlineáris skalármező-elméletekben. Ellentétben a szolitonokkal, az oszcillonok metastabilak, mivel nem védi meg őket semmilyen megmaradó mennyiség vagy topológiai korlátozás. Az oszcillonok elsősorban a nagyenergiás fizikában, valamint a kozmológiában/asztrofizikában relevánsak (reheating, fázisátalakulások, vákuumbomlás, sötét anyag), de szerepet játszhatnak a kondenzált anyagok elméletében is (pl. rezonáns nukleáció).

A szerző az oszcillonokkal kapcsolatos téziseit négy fő csoportban fogalmazza meg, amelyek kitérnek az oszcillonok időfejlődésére, a kvázilélegző állapot bevezetésére és numerikus vizsgálatára, a kis-amplitúdós kifejtésre, valamint a sugárzási amplitúdó meghatározására. További téziseiben hasonló vizsgálatokat tárgyal az oszcillatonokra, amelyek az oszcillonok gravitációs mező jelenlétében fellépő általánosításai, végül pedig az oszcillonokra alkalmazott módszerekkel vizsgálja az ötödrendű KdV egyenlet időfüggetlen megoldásait.

A dolgozat felépítése didaktikus, a gerjesztett harmonikus oszcillátor példáján vezeti be az alapvető módszereket, az ún. külső és belső sorfejtést és ezek illesztését, amivel jól megalapozza ezek alkalmazását az utána következő három fejezetben, amelyek sorra az ötödrendű KdV egyenletet, a skalármező oszcillonokat, valamint az oszcillatonokat tárgyalják. A fejezetek részletekbe menően bemutatják a sorfejtések konstrukcióját, és a sugárzásra vonatkozó eredmények lezámaztatását. Érdekesnek találtam az oszcillatonok kis amplitúdós kifejtésének viszonyát a Schrödinger-Newton egyenlettel, ami a kvantummechanikai hullámfüggvény gravitáció indukálta kollapszusának egy ismert modellje.

Fenti eredményeit 8 cikkben közölte, amiből 7 a Physical Review D, egy pedig a Physics Letters B folyóiratban jelent meg, valamennyi a szakterület elismert, magas színvonalú nemzetközi folyóirata. Teljes munkássága 33 nemzetközi szakcikkből áll, amire összesen több mint 840 független hivatkozás érkezett.

A tézispontokban megfogalmazott eredményeket a jelölt új tudományos eredményeinek ismerem el. Legérdekesebb eredményeinek a kvázilélegző fogalmának bevezetését, valamint a sugárzás amplitúdó meghatározását látom.

Javaslom az értekezés nyilvános védésre bocsátását, sikeres védelem esetén pedig az MTA doktora cím odaítélését.

Megjegyzéseim:

A dolgozat gyenge pontjának látom, hogy erősen a formális-matematikai aspektusra koncentrál, a fizikai motiváció a háttérbe szorul:

- bár az oszcillonok tanulmányozásának számos fizikai motivációja van, a dolgozat ezekre leginkább pár bekezdésnyi vázlatos említés szintjén tér ki, mindössze néhány helyen, és z eredményeket nem helyezi ezek kontextusába;
- az eredmények tágabb relevanciája nem világos, azaz mennyiben járulnak hozzá fizikai problémák megvilágításához, megértéséhez;
- az oszcillonok bomlására vonatkozó legújabb fejleményekre (pl. staccato bomlás) szinte egyáltalán nem reagál, ami egy ilyen szintű áttekintéstől elvárható lenne;
- szinte alig tárgyalja a kvantumelméleti aspektusokat, nem világos például, hogy van-e és ha igen, akkor mi az új eredmények következménye kvantum szinten.

A konklúziónak meglehetősen „in medias res” van vége, az utolsó bekezdés mondanivalója nem teljesen világos. Az összegzésnek nagyjából fél terjedelmében tárgyalja a kozmológiai konstans hatását az oszcillonok dinamikájára, de a szövegből nekem nem világos, hogyan kötődik ez a dolgozatban tárgyalt eredményekhez, bár kétségtelenül fontos és érdekes kérdés. Emellett összeségében keveslem azt a terjedelmet, amit itt a szerző a saját eredményeinek értékelő összegzésére és kontextusba helyezésére szán.

Kérdéseim:

1. Mi az eredmények tágabb fizikai relevanciája? Mit világítanak meg ezek az oszcillonok részecskefizikai, illetve asztrofizikai alkalmazásai kapcsán felmerült kérdések közül?
2. A szerző módszereivel tanulmányozható-e az oszcillonok staccato bomlása? Ha igen, akkor milyen eredményeket várhatunk ettől?
3. Lehet-e ezen eredmények alapján továbblépni a kvantum oszcillonok bomlásának megértésében?

Budapest, 2025. október 5.

Takács Gábor