

Самосъгласувана спектрална структура на реалността IV

Спектрална зарядова симетрия, вътрешна shell-декомпозиция и възникване на асиметрични спектрални сектори

инж. физ. Владимир Филипов

Резюме

В предходната работа беше показано, че нелокалният спектрален оператор поражда устойчиви shell-подобни структури, спектрални дегенерации и организирани модови режими без предварително въвеждане на пространство-време, потенциали или квантова динамика.

Настоящата работа продължава това изследване чрез анализ на вътрешната организация на първия стабилен shell и изследване на възможните вътрешни симетрии на спектралната структура.

Показано е, че първият стабилен shell притежава нетривиална вътрешна организация, включваща:

- shell-декомпозиция;
- огледални спектрални двойки;
- самоспрегнат централен мод;
- и устойчиви вътрешни симетрични сектори.

Robustness анализът показва, че различни методи на групиране разкриват различни, но съвместими слоеве на спектралната организация, което подсказва, че наблюдаваната структура не е артефакт на конкретен descriptor choice.

На тази основа се дефинира вътрешен спектрален оператор C , действащ като инволюция върху shell структурата. В настоящата работа C не се интерпретира като фундаментален физически оператор на зарядово спрягане, а като вътрешна спектрална симетрия на стабилизираните модови конфигурации.

Числените експерименти показват наличие както на почти симетрични, така и на силно асиметрични режими. Това води до хипотезата, че асиметричните спектрални сектори могат да възникват като следствие от непълна глобална операторна стабилизация и структурна селекция на по-устойчиви модови организации.

1 Въведение

В третата статия беше показано, че нелокалната операторна стабилизация може да поражда устойчиви shell-подобни спектрални структури, вътрешна йерархия и организирани модови режими.

Основният въпрос там беше дали рекурсивната спектрална динамика е способна да поражда стабилни спектрални организации.

Настоящата работа преминава към следващото ниво на анализ: дали възникналите shell структури притежават собствена вътрешна организация и вътрешни симетрии.

Тук фокусът вече не е само върху възникването на стабилни моди, а върху:

- вътрешната структура на shell-овете;
- отношенията между модовете;
- огледалните спектрални организации;
- и възможността за възникване на асиметрични спектрални сектори.

В рамките на SCP симетриите не се разглеждат като предварително наложени геометрични или групови структури. Вместо това те възникват като свойства на стабилизираната спектрална организация в реализирания сектор C_i .

Следователно настоящата работа не започва от предварително въведени charge operators или quantum numbers. Изследването започва от самата вътрешна организация на спектъра.

2 Изходен оператор и първи стабилен shell

Използваният нелокален спектрален оператор остава:

$$S\psi(x) = \int K(x, y)F(\psi(y)) dy + \gamma \int W(x, z)\psi(z) dz$$

с ядро:

$$K(x, y) = \exp\left(-\frac{(x-y)^2}{2\sigma^2}\right) [\cos(\omega(x-y)) + \beta \cos(\phi(x+y))]$$

След симетрична нормализация операторът поражда устойчив първи shell, автоматично открит чрез spectral-gap анализ.

В базовия режим:

$$N = 256, \quad \sigma = 0.06, \quad \omega = 8, \quad \beta = 0.35, \quad \phi = 13$$

водещите собствени стойности са:

0.998993, 0.995919, 0.986730, 0.971866, 0.952087, 0.928699, 0.904030, 0.882326, 0.869282

След mode 9 се появява ясно изразен spectral gap, който определя първия shell:

$$Shell_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

Размерът му е:

$$9 = 3^2$$

Това е особено интересно, защото подобна структура възниква без предварително въвеждане на:

- orbital quantum numbers;
- spherical harmonics;
- Coulomb potential;
- или Schrödinger dynamics.

3 Върешна shell-декомпозиция

Беше проведен intra-shell clustering върху първите 9 мода.

Descriptor vector за всеки мод включваше:

- брой възли;
- брой локални максимуми;
- parity score;
- inverse participation ratio.

При йерархично групиране с $k = 3$ автоматично се получи:

$$9 \rightarrow 1 + 3 + 5$$

Тази структура е особено важна, защото съвпада с комбинаторната организация:

$$\sum_{l=0}^{n-1} (2l + 1) = n^2$$

за $n = 3$, което дава:

$$1 + 3 + 5 = 9$$

Настоящият резултат не доказва идентичност със стандартните водородни орбитали. По-подходящата интерпретация е, че shell algebra може да възниква като върешна спектрална организация на стабилизирания операторен спектър.

Това показва, че организирана мултиплицитетна структура може да възниква без предварително зададена квантова геометрия.

4 Robustness анализ

За да се провери дали наблюдаваната структура не е артефакт на конкретен descriptor choice, бяха проведени три независими clustering анализа:

1. descriptor clustering; 2. raw eigenfunction shape-overlap clustering; 3. spectral-only clustering.

Получените резултати показват различни, но съвместими слоеве на организация:

- descriptor clustering възпроизвежда $1 + 3 + 5$
- shape-overlap clustering разкрива огледални двойки $(1, 9)$, $(2, 8)$, $(3, 7)$, $(4, 6)$ и самоспрегнат централен мод $(5, 5)$
- spectral-only clustering разкрива curvature sectors и енергийно-подобни групирания

Това означава, че първият shell представлява многослойна спектрална структура, съдържаща едновременно:

- shell-like организация;
- mirror-dual организация;
- и спектрално-кривинна организация.

Този резултат е особено важен, защото показва, че наблюдаваните структури не са следствие от единичен clustering criterion, а устойчиво свойство на спектралната динамика.

5 Огледални двойки и вътрешна спектрална инволюция

Shape-overlap clustering разкрива нетривиална огледална организация:

$$(1, 9), (2, 8), (3, 7), (4, 6), (5, 5)$$

Тази структура показва, че shell-ът притежава естествена вътрешна mirror symmetry. Mode 5 играе ролята на самоспрегнат централен мод, докато останалите модове формират conjugate spectral pairs.

Това мотивира дефинирането на вътрешен спектрален оператор:

$$C\psi_n = \psi_{N_s+1-n}$$

където $N_s = 9$ е размерът на shell-а.

Матрицата на C е антидиагонална единична матрица и удовлетворява $C^2 = I$.

Собствените стойности на C са:

$$\{+1, -1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1\}$$

Следователно C представлява валидна спектрална инволюция. На този етап C не се интерпретира като фундаментален оператор на физическо зарядово спрягане. По-подходящата интерпретация е, че C представлява вътрешна symmetry operation на shell структурата.

6 Асиметрични спектрални режими

Ако C беше точна симетрия на shell спектъра, бихме очаквали:

$$[K_{shell}, C] = 0$$

В базовия режим обаче получаваме:

$$\|[K_{shell}, C]\| = 0.27724$$

Това означава, че огледалната спектрална структура е допустима, но стабилността на съответните огледални сектори не е идентична. Следователно shell-ът съдържа вътрешно нарушение на симетрията.

Параметричният sweep върху ω, β, ϕ показва съществуването както на почти симетрични, така и на силно асиметрични режими.

Например $\omega = 8, \beta = 1, \phi = 16$ дава:

$$\|[K_{shell}, C]\| = 0.01366$$

докато $\omega = 8, \beta = 1, \phi = 8$ дава:

$$\|[K_{shell}, C]\| = 0.79315$$

Следователно моделът естествено допуска както почти symmetry-preserving, така и symmetry-broken spectral regimes.

7 Непълна стабилизация и спектрална селекция

В предходната работа беше показано, че глобалната операторна самосъгласуваност остава непълна.

Настоящите резултати показват, че тази непълна стабилизация може да оказва пряко влияние върху вътрешната symmetry organization на shell структурата.

В тази рамка asymmetry не се разглежда като външно нарушение на предварително наложена симетрия. По-скоро асиметричните режими възникват като следствие от рекурсивна спектрална селекция между конкуриращи се модови организации.

Това позволява възможността:

- част от conjugate sectors да бъдат по-стабилни;
- а други — да колапсират, рекомбинират или да останат структурно потиснати.

В този смисъл непълната глобална стабилизация и медиаторният сектор W могат да играят дисциплинираща роля при формирането на asymmetry regimes в C_i .

8 Към спектрална интерпретация на материя-антиматерия асиметрията

Получените резултати позволяват следната работна хипотеза:

материята и антиматерията могат да бъдат интерпретирани като conjugate spectral sectors в рамките на вътрешната shell организация.

В тази постановка асиметрията между тях не произлиза непременно от фундаментално нарушение на физичните закони. Вместо това тя може да бъде резултат от spectral stability selection в условията на непълна глобална стабилизация.

Така доминирането на определени spectral orientations може да възниква естествено чрез рекурсивната операторна динамика.

Настоящата работа не предлага количествен модел на baryogenesis или реконструкция на Стандартния модел. Целта е единствено да се изследва възможността asymmetry sectors да възникват като вътрешно свойство на спектралната организация.

9 Ограничения

Настоящите резултати остават предварителни.

Все още липсват:

- аналитично доказателство за symmetry sectors;
- continuum limit;
- физическа калибрация на параметрите;
- връзка със стандартните C, P, T симетрии;
- количествен модел на барионната асиметрия;
- реконструкция на реалната particle phenomenology;
- анализ при по-високи резолюции и различни нормализации.

10 Заключение

В настоящата работа беше показано, че първият стабилен shell на нелокалния спектрален оператор притежава нетривиална вътрешна организация, включваща:

- shell-декомпозиция;
- mirror spectral pairs;
- самоспрегнат централен мод;
- вътрешна спектрална инволюция;
- symmetry-preserving и symmetry-broken regimes.

Получените резултати показват, че вътрешни symmetry sectors могат да възникват като следствие от рекурсивната спектрална организация, без предварително въвеждане на фундаментални зарядови оператори.

Същевременно числените експерименти показват, че непълната глобална стабилизация може да играе ключова роля при формирането на асиметрични спектрални режими.

Това отваря възможността наблюдаваните asymmetry phenomena да бъдат интерпретирани като emergent consequences на операторната динамика в C_i .

11 Перспективи за бъдеща работа

Следващият етап изисква:

- изследване на по-високи shell структури;
- анализ на спектрални преходи между shell-ове;
- изследване на diffusion-induced spectral organization;
- Green-type stabilization;
- връзка между shell algebra и hydrogen-like scaling;
- анализ на възникваща причинност;
- и изследване на ролята на residual frustration при symmetry breaking.

Особен интерес представлява възможността shell organization и spectral asymmetry да се окажат ранни проявления на по-дълбока recursive diffusion geometry.

Декларация за достъпност на данните

Кодът, статиите, фигурите и данните от цялата поредица (статии 0–10) са архивирани в Zenodo под DOI: [10.5281/zenodo.20494527](https://doi.org/10.5281/zenodo.20494527).

Декларация за използване на генеративен ИИ в процеса на писане

По време на подготовката на този труд авторът използва ChatGPT (OpenAI), за да подпомогне съставянето на първоначалния проект на текста и подобряването на езиковия му стил. След използването на този инструмент авторът прегледа, редактира и коригира съдържанието според нуждите и поема пълна отговорност за контекста и научната достоверност на крайния ръкопис.

А Приложение: Свързани експерименти, данни и илюстрации

А.1 Експериментални скриптове

Следните Python скриптове от директория `project_experiments/` са свързани с настоящата статия:

- `intra_shell_decomposition.py` – вътрешна shell-декомпозиция на първите 9 мода; descriptor clustering: $9 \rightarrow 1 + 3 + 5$; връзка с $\sum(2l + 1) = n^2$ за $n = 3$
- `charge_symmetry_sweep.py` – зарядова симетрия C (спектрална инволюция); огледални двойки (1, 9), (2, 8), (3, 7), (4, 6), (5, 5); асиметрични спектрални режими
- `multiplicity_analysis.py` – мултиплицитетна структура на shell-овете; $9 = 3^2$, връзка с квантови числа
- `robustness_135_test.py` – robustness анализ с три независими clustering метода: descriptor clustering (1 + 3 + 5), shape-overlap clustering (огледални двойки), spectral-only clustering (curvature sectors)
- `multiscale_shell_analysis.py` – shell структури (припокрива се с Article_3)
- `spectral_charge_operator_test.py` – спектрален зарядов оператор C
- `operator_invariant_universality_test.py` – универсалност на спектралните режими

А.2 Генерирани фигури

Статията се позовава на следните фигури (намиращи се в Zenodo архива под `project_figures/Art.`

- `First_Shell_Figure_1.png` до `First_Shell_Figure_5.png` – вътрешна организация на първия shell
- `charge_symmetry_sweep_Figure_1.png`, `charge_symmetry_sweep_Figure_2.png`, `charge_symmetry_sweep_Figure_3.png` – анализ на зарядовите симетрии

- `spectral_charge_operator_Figure_1.png`, `spectral_charge_operator_Figure_2.png`, `spectral_charge_operator_Figure_3.png` – спектрален зарядов оператор
- `spectral_symbol_fit.png` – fit на спектралните символи
- `Robustness_Figure_1.png` до `Robustness_Figure_5.png` – robustness анализ
- `fixed_point_distribution_raw_I_c.png`, `fixed_point_distribution_raw_I_hbar.png`, `fixed_point_distribution_raw_I_R.png` – разпределения на фиксирани точки (raw)
- `fixed_point_distribution_sym_I_c.png`, `fixed_point_distribution_sym_I_hbar.png`, `fixed_point_distribution_sym_I_R.png` – разпределения на фиксирани точки (sym)

A.3 Свързани JSON данни

За настоящата статия няма генерирани JSON файлове с резултати.

A.4 Възпроизвеждане на резултатите

За да възпроизведете резултатите от настоящата статия:

1. Клонирайте хранилището:

```
git clone https://github.com/vlado007/spectral_reality.git
cd spectral_reality
```

2. Инсталирайте зависимостите:

```
pip install -r requirements.txt
```

3. Изпълнете основните експерименти:

```
python -m experiments.intra_shell_decomposition
python -m experiments.charge_symmetry_sweep
python -m experiments.multiplicity_analysis
python -m experiments.robustness_135_test
python -m experiments.spectral_charge_operator_test
```

Всички фигури, представени в статията, могат да бъдат генерирани чрез съответните скриптове, посочени по-горе.