

# ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ КОСМОЛОГІЧНОЇ СТАЛОЇ

Олександр Букалов

*Центр фізико-космічних досліджень  
Міжнародного інституту соціоніки*

**Bogolyubov Kyiv Conference  
Problems of Theoretical and Mathematical Physics (2024)**


- Розрахунок щільності енергії вакууму в квантовій теорії поля дає значення, що в  $10^{122}$  рази перевищує спостережуване, і багато запропонованих підходів не вирішують цю проблему і не обчислюють її реальне значення. Проте застосування мікроскопічної теорії надпровідності до опису фізичного вакууму в масштабі Планка дозволило вирішити проблему космологічної сталої та отримати формулу для спостережуваної щільності вакууму, або темної енергії. Її числове значення становить  $6,09 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3$ , що повністю узгоджується із спостереженнями, оскільки експериментальне значення становить  $(6,03 \pm 0,13) \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3$  (J. Prat, S. Hogan, C. Chang, D. J. Friman, 2022).
- Запропонована автором космологічна модель з надпровідністю (CMS) також передбачає опис найбільш ранньої стадії еволюції Всесвіту, що передує стадії інфляції. Вона описує формування інфлатонного поля як особливого конденсату первісних ферміонів з масою Планка з наступним інфляційним розширенням раннього Всесвіту. Нинішнє розширення Всесвіту та його еволюція описуються як поточний фазовий перехід другого роду, а плин фізичного космологічного часу є наслідком процесів, що відбуваються в планківських масштабах. Розраховане в CMS значення параметра Хаббла  $H_0 = 69,76 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  відповідає середньому значенню для більшості значень цього параметра, отриманих різними методами. CMS також описує чорні діри як квантовий конденсат первинних ферміонів з масою Планка.

## ВСТУП

- Проблема космологічної сталої [1] або проблема темної енергії є однією з найважливіших і складних у сучасній космології. Ряд авторів запропонували багато варіантів вирішення цієї проблеми, але майже всі вони не дають можливості точно розрахувати значення густини темної енергії.
- Крім того, як відомо, стандартні оцінки в рамках квантової теорії поля дають значення густини енергії вакууму, які в  $10^{122}$  рази перевищують спостережувану:

$$\rho_v \approx \int_0^{E_p} E^3 dE \approx E_p^4 \approx (10^{19} \text{ GeV})^4,$$

де  $E_p = (\hbar c^5 / G_N)^{1/2}$  - енергія Планка.

- 
- П.І. Фомін у працях [7, 8 ] показав, що квазізамкнуті світи планківських вимірів можуть утворювати регулярні структури [7], кристалоподібну решітку з осередками планківського порядку, які діють як «космічні атоми»:

$$L_P = (G_N \hbar / c^3)^{1/2}$$

- Оскільки ці світи є квазізамкнутими об'єктами, їх ефективна маса близька до нуля. При цьому вони повинні взаємодіяти між собою квадрупольними силами тяжіння. Додаткові енергетичні внески вакуумних конденсатів у густину енергії вакууму автоматично компенсуються за рахунок відповідної деформації атомів простору.

- 
- Через це П. І. Фомін у 1989 році запропонував розглядати фізичний вакуум як чотиривимірний гравітаційний квантовий кристал з енергетичними зонами, що відповідають поколінням спостережуваних ферміонів.
  - Дійсно, зв'язок між квантовою фізикою твердого тіла та фізикою елементарних частинок досить очевидний. Причому в них використовується не тільки той самий математичний апарат, а й у сучасній фізиці твердого тіла є аналоги ряду елементарних частинок, а багато процесів, що описують еволюцію Всесвіту, включаючи інфляцію, моделюються в метаматеріалах.
  - На думку П. І. Фоміна, всі частинки у Всесвіті як збудження вакууму повністю схожі на квазічастинки, що живуть у кристалі, однак простір кристала для них абсолютно порожній, хоча з зовнішньої точки зору він має регулярну впорядковану структуру.
  - Зробимо наступний крок в описі такої структури фізичного вакууму.



# СТРУКТУРА ВАКУУМУ В МАСШТАБІ ПЛАНКА І НАДПРОВІДНІСТЬ

- Розглянемо таку кристалоподібну структуру не просто як аналог твердого тіла, а як структуру, подібну до структури металу, в якій присутні вільні первинні ферміони [4, 9]. Такі ферміони природно виникають у багатовимірних теоріях Калуци – Клейна.
- Ці ферміони можуть взаємодіяти з просторовою кристалоподібною решіткою і за певних умов можуть утворювати пари через фононну взаємодію, подібно до механізму Бардіна-Купера-Шріффера (BCS) [9] для електронів у металі з утворенням бозе-конденсату.
- Таким чином, спарювання ферміонів може відбуватися поблизу поверхні Фермі цього просторового «квазікристала». При цьому максимальна частота коливань кристалоподібної решітки, як аналог частоти Дебая, близька до частоти Планка:  $\omega_D \approx \omega_P$
- У [4, 9] ми описали процес утворення темної енергії як конденсату первинних ферміонів за аналогією з теорією надпровідності Бардіна-Купера-Шріффера (БКШ). Це дає краще розуміння природи темної енергії.
- Розглянемо вироджений майже ідеальний газ Фермі з притяганням між частинками, якими є первинні ферміони з масою, близькою до маси Планка:  $M \approx M_P$

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СПЕКТР НАДПЛИННОГО ГАЗУ

- Добре відомо, що навіть за наявності як завгодно слабкого тяжіння між частинками основний стан системи є нестабільним щодо перебудови, що змінює всю систему та знижує її енергію [3, 5]. Ця нестабільність виникає внаслідок ефекту Купера, тобто прагнення до утворення зв'язаних станів пар ферміонів, які знаходяться в р-просторі поблизу поверхні Фермі і мають рівні за напрямом імпульси та антипаралельні спіни. Для розгляду цієї задачі, наслідуючи [5], введемо перетворення Боголюбова операторів, які об'єднують оператори частинок з протилежними імпульсами та спінами:

$$\hat{b}_{p^-} = u_p \hat{a}_{p^-} + v_p \hat{a}_{-p,+}^+,$$

$$\hat{b}_{p^+} = u_p \hat{a}_{p^+} - v_p \hat{a}_{-p,-}^+,$$

- Індекси + і - відносяться до двох значень проекції спіну. При ізотропії газу коефіцієнти  $u_p, v_p$  можуть залежати тільки від абсолютної величини імпульсу  $p$ . Оператори виконують умови народження та анігіляції квазічастинок за умови:

$$\hat{b}_{p\alpha} \hat{b}_{p\alpha}^+ + \hat{b}_{p\alpha}^+ \hat{b}_{p\alpha} = 1$$

де індекс  $\alpha$  нумерує два значення проекції спіну.

- Інші пари операторів є антикомутативними . Тому на коефіцієнти перетворення накладається умова:

$$u_p^2 + v_p^2 = 1$$

- Перетворення, обернене до  $\hat{b}_{p^-}, \hat{b}_{p^+}$  приймає форму

$$\hat{a}_{p^-} = u_p \hat{b}_{p^+} + v_p \hat{b}_{-p,-}^+,$$

$$\hat{a}_{p^+} = u_p \hat{b}_{p^-} - v_p \hat{b}_{-p,+}^+.$$

- Через основну роль взаємодії між парами частинок із протилежними імпульсами та спінами запишемо лише гамільтоніан із членами, у яких

$$p_1 = -p_2 \equiv p, \quad p'_1 = -p'_2 \equiv p'$$

$$\hat{H} = \sum_{p\alpha} \frac{p^2}{2m} \hat{a}_{p\alpha}^+ \hat{a}_{p\alpha} - \frac{g}{V} \sum_{pp'} \hat{a}_{p'+}^+ \hat{a}_{-p',-}^+ \hat{a}_{-p,-} \hat{a}_{p+}$$

де  $g = 4\pi\hbar^2 |b| / m$  є "константою зв'язку",  $b < 0$  – довжина розсіювання.



- Слідуючи Пітаєвському Л. П. та Ліфшицю Е. М. [5], отримуємо значення енергетичної щілини:

$$\Delta_0 = \tilde{\epsilon} \exp\left(-\frac{2\pi^2 \hbar^3}{g m p_F}\right) = \tilde{\epsilon} \exp\left(-\frac{\pi \hbar}{2 p_F |b|}\right) \quad (1)$$

або

$$\Delta_0 = \tilde{\epsilon} \exp(-2 / g \chi_F) \quad (2)$$

де  $\chi_F = m p_F / \pi^2 \hbar^3$  – густина енергії станів частинок на поверхні Фермі,

$p_F$  – імпульс ферміона на поверхні Фермі,  $b < 0$  – «константа зв'язку»,  $g = 4\pi \hbar^2 |b| / m$

– довжина розсіювання.

- Енергія елементарних збуджень зі зміною заповнення квазічастинок становить:

$$\begin{aligned} \epsilon(p) &= \sqrt{\Delta^2 + \eta_p^2} \\ \eta_p &= v_F (p - p_F) \end{aligned} \quad (3)$$

де  $v_F = p_F / m$ . Таким чином, енергія квазічастинок не може бути меншою за  $\Delta$ .

$$\epsilon(p) = \Delta$$

для  $p = p_F$ .

- Отже, збуджені стани системи відокремлені від основної енергетичної щілини, а також квазічастинки повинні з'являтися парами, величину цієї щілини можна записати як  $2\Delta$ .
- З  $\varepsilon(p) \neq 0$  випливає, що газ Фермі має надплинність. Таким чином з квазічастинок з енергією  $\varepsilon(p)$  виникає газ, який поступально рухається як єдине ціле відносно рідини зі швидкістю  $v$ . Такий газ із квазічастинок відповідає нормальній складовій надплинної рідини. Решта рідини поводитиметься як надтекучий компонент. Щільність такої надтекучої рідини дорівнює сумі нормальної і надтекучої складових:  $\rho = \rho_n + \rho_s$
- Енергія  $2\Delta$  є енергією куперівських пар. Її потрібно витратити, щоб розбити пару. Величина відстані між частинками з корельованими імпульсами, або довжина когерентності, становить

$$\xi_0 = \pi v_F / \Delta_0 = \hbar e^{\frac{\pi \hbar}{2 p_F |b|}} / p_F$$

- З термодинаміки надплинного фермі-газу випливає [ 5 ], що коли  $\Delta = 0$   $T_c = \gamma \Delta_0 / \pi \approx 0.57 \Delta_0$

$$\Delta = T_c \sqrt{\frac{8\pi^2}{7\zeta(3)} \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)} = 3.063 T_c \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}} \quad (4)$$

- Різниця між базовими рівнями надплинної та нормальної систем [ 5 ]:

$$E_s - E_n = -V \frac{mp_F}{4\pi^2 \hbar^3} \Delta_0^2 . \quad (5)$$

- Знак «−» у (5) означає нестійкість «нормального» основного стану при притяганні між частинками газу. На одну частинку припадає  $\sim \Delta^2 / \mu$ .
- Отже, різниця ентропій:

$$S_s - S_n = -V \frac{4mp_F T_c}{7\zeta(3)\hbar^3} \left( 1 - \frac{T}{T_c} \right) .$$

- У випадку  $T \rightarrow T_c$  з урахуванням різниці вільних енергій [4] дорівнює

$$F_s - F_n = -V \frac{2mp_F T_c^2}{7\zeta(3)\hbar^3} \left( 1 - \frac{T}{T_c} \right)^2 . \quad (6)$$

- Ми застосовуємо викладену вище теорію для опису темної енергії Всесвіту та розрахунку її густини. Перетворимо (5) у вираз для густини:

$$-\Delta\rho = \frac{E_s - E_n}{V} = -\frac{mp_F}{4\pi^2\hbar^3} \Delta_0^2 \quad (7)$$

- Спостережувану густину темної енергії можна розглядати як густину енергії зв'язку ферміонів. Тому, розглядаючи її як різницю між густинами енергій рівнів надтекучої та нормальної систем, необхідно віднести цю різницю до негативної, що вказує на нестабільність нормального основного стану при як завгодно малому тяжінні між ферміонами, згідно з (7). Фактично, ця взаємодія первинних ферміонів породжує інфлатонне скалярне поле, яке викликає прискоренне розширення Всесвіту, що спостерігається.
- З  $\Delta\rho = \rho_{DE} = \Lambda / 8\pi G_N = mp_F \Delta_0^2 / 4\pi^2 \hbar^3$  ми вибираємо, наприклад,  $v_F = \pi c / 8$ , щоб швидкість ферміонів на поверхні Фермі була меншою за швидкість світла. Потім

$$\Delta_0 = \tilde{\epsilon} e^{-\frac{\pi\hbar}{2p_F|b|}} = \frac{M_P e^{-\frac{\pi\hbar}{2p_F|b|}}}{4\pi} = \frac{M_P e^{-\frac{\pi\lambda_F}{2|b|}}}{4\pi} = \frac{M_P e^{-\frac{1}{\lambda_i}}}{4\pi} \quad (8)$$

де  $M_P$ - маса Планка.

- При  $\Lambda = \Delta_0^2 / 4 = \tilde{\epsilon}^2 e^{-2\frac{\pi\hbar}{2p|b|}} = \tilde{\epsilon}^2 e^{-2/\lambda_i}$ , де  $\lambda_i$  – константа взаємодії ферміонів, оцінімо значення  $\lambda_i$ . Оскільки  $\Lambda^{1/2} = \tilde{\epsilon} / e^{1/\lambda_i} = M_p / e^{1/\lambda_i} C$ , тоді припускаючи, що природний параметр відсікання максимальної енергії дорівнює  $\tilde{\epsilon} = M_p$ , коли  $\lambda_i \cong \alpha_{em} = (137.0599)^{-1}$  і  $C = 8\pi$ , отримуємо:

$$\rho_{DE} = \frac{1}{4\pi G_N (8\pi t_p e^{1/\lambda_i})^2} = \frac{1}{256\pi^3 G_N^2} \frac{c^5}{\hbar e^{2\alpha_{em}^{-1}}}, \quad (9)$$

$\rho_{DE} = 6.09 \cdot 10^{-30} \text{ g/cm}^3$  відмінно узгоджується з даними PLANK [ 6 ].

- J. Prat, S. Hogan, C. Chang, J. Frieman (2022) отримали  $\rho_{DE} = (6,03 \pm 0,13) \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3$  як «найточніше обмеження на сьогоднішній день, з абсолютним калібруванням космологічних вимірювань на основі температури СМВ» [10].
- Зауважимо, що малість енергетичної щільності  $\Delta_0$  порівняно з енергією Планка робить використання нерелятивістського підходу VCS повністю виправданим і цілком достатнім, навіть при енергіях Великого об'єднання.

- Таким чином, у сучасну епоху при  $z = 0$  спостережуваний параметр взаємодії темної енергії первинних ферміонів дуже близький до постійної електромагнітної тонкої структури  $\alpha_{em}$  або дорівнює йому. Є дві можливості: або взаємодія ферміонів має електромагнітну природу, або рівність  $\lambda_i \cong \alpha_{em}^{-1}$  вказує на існування «тіньових» або «дзеркальних» взаємодій, подібних до електромагнітних (наприклад, «темних фотонів»), і низки відповідних зарядів із тіньових секторів речовини  $q_i, q_j, q_k, \dots$ , деякі з них можуть дорівнювати за величиною електричному заряду. Тоді

$$\lambda_i = \frac{q_i^2}{\hbar c}, \quad \lambda_j = \frac{q_j^2}{\hbar c}, \quad \lambda_k = \frac{q_k^2}{\hbar c} \dots$$

- Існування тіньових електричних зарядів і відповідних їм тіньових електромагнітних полів можна описати в розширених версіях теорії Калуци-Клейна з додатковими мікроскопічними вимірами.
- Конденсація первісних ферміонів утворює скалярне поле, яке використовується в теоріях інфляції.

- Якщо параметри  $\lambda_i, \lambda_j, \lambda_k, \dots$  подібні до  $\alpha_{em}$ , то можна оцінити динаміку їх зміни в залежності від щільності енергії в ранньому Всесвіті. Розглянемо процес формування сучасних значень темної енергії в гарячому ранньому Всесвіті. Як ми знаємо з квантової електродинаміки, значення сталої електромагнітної тонкої структури є функцією чотирьох імпульсів  $Q^2$ :

$$\alpha_i^{-1} = \alpha_{em} - \frac{\beta}{3\pi} \ln \left( \frac{Q}{2m_e} \right)^2 . \quad (10)$$

- Для  $\lambda_i \approx \alpha_{em}$ ,  $m_x$  дорівнює масі електрона  $m_e$ , а ефективна густина темної енергії дорівнює:

$$\rho_{DE} = \frac{\Lambda}{8\pi G_N} = \frac{c^5}{256\pi^3 G_N^2 \hbar e^{2\left(\alpha_{em}^{-1} - \frac{\beta}{3\pi} \ln \left( \frac{E}{2m_e} \right)^2\right)}} = \frac{c^5}{256\pi^3 G_N^2 \hbar e^{2\alpha_{em}^{-1}}} \left( \frac{Q}{2m_e} \right)^{\frac{4\beta}{3\pi}} \quad (11)$$

де  $Q = kT/c$  це імпульс квантів випромінювання в ранньому Всесвіті. У цьому конкретному випадку  $\rho_{DE}$  досягає мінімуму і стає постійним при  $Qc = 2m_e c^2 = 1.022 \text{ MeV}$ .

- У загальному випадку закономірності зміни параметрів  $\lambda_i, \lambda_j, \lambda_k, \dots$  можуть не бути пов'язані з динамікою зміни  $\alpha_{em}$  і  $m_x \neq m_e$ .



- Оскільки темна енергія є єдиною з компонентів спостережуваного Всесвіту, але вона порівнянна з іншими, то правомірно розглядати щільність енергії всього спостережуваного Всесвіту як еволюціонуючу динамічно змінну різницю щільності нормальної та надплинної ферміонних систем, тобто перебуваючи в стані фазового переходу зі зміною щільності енергії. Потім щільність  $\Delta\rho$  можна ототожнити з критичною щільністю Всесвіту. Коли

$$\Delta\rho = \rho_c = \frac{3}{8\pi G_N} H_0^2 = \frac{mp_F}{4\pi^2 \hbar^3} \Delta_0^2 \quad (12)$$

і  $m = M_P$  виберімо  $p_F = \pi M_P c / 4$ , щоб швидкість ферміонів на поверхні Фермі була меншою за швидкість світла. Тоді квадрат динамічно змінюваної енергетичної щільності визначає радіус Хаббла:  $\Delta_0^2 = 6H_0^2$ . Це означає, що часовий параметр  $t_H$  є функцією фазового переходу другого типу, що відбувається, і це відповідає еволюції Всесвіту та змінної  $\lambda_i$ :

$$\Delta_j = \frac{\tilde{\epsilon}}{e^{\frac{2p_F|b|}{\pi\hbar}}} = \frac{M_P}{4\pi e^{\frac{2p_F|b|}{\pi\hbar}}} = \frac{M_P}{4\pi e^{\frac{\pi\lambda_F}{2|b|}}} = \frac{M_P}{4\pi e^{\frac{1}{\lambda_j}}} \quad (13)$$

## ПАРАМЕТР ХАББЛА

- Для  $t_H = H_0^{-1} = 1.4 \cdot 10^{10}$  років,  $t_H = 8\pi t_p e^{\lambda_j^{-1}} = 8\pi t_p e^{\pi \lambda_{F_j} / 2|b|}$ ,  $\lambda_j^{-1} = \pi \lambda_{F_j} / 2|b| \approx 137 \cong \alpha_{em}^{-1}$  при  $z = 0$ , де  $\alpha_{em}$  є постійною тонкої структури. У цьому випадку **радіус Хаббла визначається відстанню між взаємодіючими ферміонами або довжиною когерентності**,  $\xi_0 \approx ct_H$ .
- Критична густина відповідає параметру Хаббла зі значенням  $H_0 = 69,76 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

$$\rho_c = \frac{3}{8\pi G_N} H_0^2 = \frac{3}{8\pi G_N} \left( \frac{1}{8\pi t_p e^{\lambda_j^{-1}}} \right)^2 = \frac{3}{8\pi G_N} \left( \frac{1}{8\pi t_p} e^{\frac{\pi \lambda_{F_j}}{2|b|}} \right)^2 \approx 9.14 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3. \quad (14)$$
- Це значення  $\rho_c$  добре узгоджується з результатами спостережень. Зазначимо, що значення  $H_0$  отримане в запропонованій нами **космологічній моделі з надпровідністю (CMS)**, є середнім арифметичним між значенням, отриманим **PLANK** ( $H_0 = 67,4 \pm 0,5 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ ) [6] і локальне значення, отримане з цефеїд ( $H_0 = 73,04 \pm 1,04 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ ) [11] і в межах похибки збігається зі значеннями, отриманими іншими методами:

$$H_0 = 69,8 \pm 1,3 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [12],$$

$$H_0 = 69,5 \pm 1,7 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [13],$$

$$H_0 = 69,0 \pm 1,1 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [14],$$

$$H_0 = 69,51 + 0,70 - 0,65 \text{ км/с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [15],$$

$$H_0 = 69,79 \pm 0,99 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [16],$$

$$H_0 = 69,82 + 0,63 - 0,76 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [17],$$

$$H_0 = 69,74 + 1,60 - 1,56 \text{ км/с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [18],$$

$$H_0 = 69,88 \pm 0,76 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1} [19].$$

- Слід зазначити, що близькість значення щільності темної енергії до критичної щільності речовини і взагалі можна пояснити близькістю або рівністю параметрів взаємодії в сучасну епоху. Таку рівність можна пояснити наближенням різних параметрів  $\lambda_i$  до єдиного значення, аналогічно поведінці параметрів взаємодій в епоху Великого об'єднання:  $\lambda_i \cong \lambda_j \cong \lambda_z \cong \lambda_{em}$

- Таким чином, спостережувану темну енергію і матерію можна розглядати як набір квазічастинок з енергією зв'язку первинних ферміонів. Тому спостережуваний світ можна розглядати як різницю між двома енергетичними рівнями ферміонної системи, густина якої близька до планківської густини:  $\rho_n = \rho_P \approx 3M_P^4 / 8\pi$  ,

$$\rho_s = \rho_n - \rho_c = 3(M_P^4 - M_P^2 \Delta_j^2) / 8\pi$$

- Ми можемо описати спостережувану критичну густину Всесвіту як різницю між густиною надплинної та нормальної ферміонних систем. Цей процес є динамічним, він забезпечує різницю енергій, яка збігається з енергією спостережуваного Всесвіту. Отже, на початку ми можемо почати з планківської густини, коли  $\rho_s = 0$  , до  $\rho_{P_n} - \rho_{s(t)} = \rho_{GUT}$  , а потім до  $\rho_s \rightarrow \rho_P (1 - e^{2/\lambda_j})$  .

- Зауважимо, що отримані рівняння густини енергії також закономірно описують експоненціальне розширення раннього Всесвіту.

- Застосуємо розроблену теорію для опису **чорних дір**. Коли  $\Delta_g^2 = 6 / R_g^2$   $p_F = m_p \pi c / 4$

$$\rho_{BH} = \frac{3}{8\pi} \frac{c^2}{G_N R_g^2} = \frac{m p_F}{4\pi^2 \hbar^3} \Delta_g^2 \quad (15)$$

- Отримане значення  $\Delta_g^2$  відповідає скалярній кривизні і визначається гравітаційним радіусом чорної діри.
- Тому в рамках космологічної моделі з надпровідністю (CMS) ми можемо розглядати чорні діри як гравітаційний конденсат первинних ферміонів.
- Таким чином, виникає **космологічна теорія з надпровідністю**, яка дозволяє дати новий опис цілого ряду космологічних процесів.

## ВИСНОВКИ

- Із запропонованої нами космологічної теорії з надпровідністю (CMS) випливає ряд наслідків:
  - 1) У рамках теорії надпровідності отримано реальне значення густини темної енергії як густини енергетичних взаємодій первинного ферміонного конденсату. Ці ферміони не роблять внеску в спостережувану густину енергії. Внесок у спостережувані форми енергії дає лише енергія взаємодії первинних ферміонів. Ця взаємодія породжує інфлятонне скалярне поле, яке спричиняє прискорене розширення простору.
  - 2) Початкове експоненціальне розширення вакуумоподібного Всесвіту в рамках надпровідної космології дозволяє забезпечити народження гарячого Всесвіту і вирішує ті ж проблеми, які вирішує інфляційна космологія.
  - 3) Походження космологічного часу стає зрозумілим:  $t_U \approx t_H$  у спостережуваному часі Всесвіту є наслідком протікання фазового переходу II роду, який подібний до фазового переходу, який створив сучасну густину енергії вакууму зі зміною та фіксацією постійної тонкої структури  $\alpha_j = \ln(t_H / (8\pi t_P))$ .

Це також вирішує проблему **незворотності** часу. Тому еволюцію всього спостережуваного Всесвіту можна описати як поточний фазовий перехід другого роду .

- 4) Близькість густин  $\rho_{DE}$ ,  $\rho_M$  і  $\rho_c$  (проблема збігу) зумовлена подібністю або тотожністю констант взаємодії первинних ферміонів:  $\alpha_i \cong \alpha_j \cong \alpha_{em}$  .
- 5) Якщо спостерігач знаходиться в точці, близькій до кінця фазового переходу, він фіксує збіг ряду динамічних і статичних величин, таких як Великі числа Дірака і т. д., що також відбувається в дійсності.
- 6) Чорні діри можна описати як гравітаційні конденсати первісних ферміонів.
- 7) Перехід від макроскопічної класичної динаміки загальної теорії відносності до мікроскопічної динаміки ферміонів поблизу поверхні Фермі показує, що реальна структура і динаміка простору-часу описуються когерентними квантовими процесами. Зокрема, сам еволюційний космологічний параметр часу визначається динамікою мікроскопічних квантових процесів планківських масштабів.
- 8) Макроскопічність спостережуваного простору-часу забезпечується фактором  $e^{\alpha^{-1}}$ , який змінюється в діапазоні від 1 до  $3,26 \cdot 10^{59}$  і визначає масштаб когерентності квантових процесів у надпровідній космології .
- 9) Замість  $10^{500}$  варіантів світів, можливих у теорії суперструн, CMS має лише одну версію з декількома змінними  $\lambda_i, \lambda_j$ , які проходять через усі можливі діапазони під час еволюції Всесвіту.



## ЛІТЕРАТУРА :

1. Weinberg, S., “The cosmological constant problem”, *Reviews of Modern Physics*, vol. 61, no. 1, APS, pp. 1–23, 1989. doi:10.1103/RevModPhys.61.1.
2. Wheeler, J. A., “Geons”, *Physical Review*, vol. 97, no. 2, APS, pp. 511–536, 1955. doi:10.1103/PhysRev.97.511.
3. Bardeen, J., Cooper, L. N., and Schrieffer, J. R., “Theory of Superconductivity”, *Physical Review*, vol. 108, no. 5, APS, pp. 1175–1204, 1957. doi:10.1103/PhysRev.108.1175.
4. Bukalov, A. V., “The Solution of the Cosmological Constant Problem and the Formation of the Space-Time Continuum”, *Odessa Astronomical Publications*, vol. 29, p. 42, 2016. doi:10.18524/1810-4215.2016.29.84962.
5. Pitaevskii, L. P., Lifshitz, E. M. *Statistical Physics Part 2* (1980).
6. Planck Collaboration, “Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters (Corrigendum)”, *Astronomy and Astrophysics*, vol. 652, 2021. doi:10.1051/0004-6361/201833910e. arXiv:1807.06209v4.
7. Fomin, P. I., “Zero cosmological constant and Planck scales phenomenology”, *Proc. of the Fourth Seminar on Quantum Gravity*, May 25–29, Moskow / Ed. by M.A.Markov. — Singapore: World Scientific, 1988. — P. 813.
8. Fomin, P. I., “On the crystal-like structure of physical vacuum at Planck distances”, *Problems of physical kinetics and solid state physics*. Kyiv: Naukova dumka, 1990. — P. 387–398.
9. Bukalov, A. V., “On solving the problem of the cosmological constant”, *Proceedings of 12-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School “Astronomy and Beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology” 20-26 August, 2012, Odessa, Ukraine*. — P. 28.
10. Prat, J., Hogan, C., Chang, C., and Frieman, J., “Vacuum energy density measured from cosmological data”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, vol. 2022, no. 6, IOP, 2022. doi:10.1088/1475-7516/2022/06/015. arXiv:2111.08151. 23

11. Riess, A. G. and Breuval, L., “The Local Value of  $H_0$ ”, *IAU Symposium*, vol. 376, pp. 15–29, 2024. doi:10.1017/S1743921323003034. arXiv:2308.10954.
12. Cao, S. and Ratra, B., “ $H_0=69.8 \pm 1.3 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ,  $\Omega_{m0}=0.288 \pm 0.017$ , and other constraints from lower-redshift, non-CMB, expansion-rate data”, *Physical Review D*, vol. 107, no. 10, APS, 2023. doi:10.1103/PhysRevD.107.103521.1. arXiv:2302.14203.
13. Renzi, F. and Silvestri, A., “A look at the Hubble speed from first principles”, *arXiv e-prints*, 2020. doi:10.48550/arXiv.2011.10559. arXiv:2011.10559.
14. Forconi, M., Ruchika, Melchiorri, A., Mena, O., and Menci, N., “Do the early galaxies observed by JWST disagree with Planck's CMB polarization measurements?”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, vol. 2023, no. 10, IOP, 2023. doi:10.1088/1475-7516/2023/10/012. arXiv:2306.07781.
15. Gariazzo, S., Di Valentino, E., Mena, O., and Nunes, R. C., “Late-time interacting cosmologies and the Hubble constant tension”, *Physical Review D*, vol. 106, no. 2, APS, 2022. doi:10.1103/PhysRevD.106.023530. arXiv:2111.03152v2.
16. Chudaykin, A., Gorbunov, D., and Nedelko, N., “Exploring an early dark energy solution to the Hubble tension with Planck and SPTPol data”, *Physical Review D*, vol. 103, no. 4, APS, 2021. doi:10.1103/PhysRevD.103.043529. arXiv:2011.04682v2.
17. Lucca, M. and Hooper, D. C., “Shedding light on dark matter-dark energy interactions”, *Physical Review D*, vol. 102, no. 12, APS, 2020. doi:10.1103/PhysRevD.102.123502. arXiv:2002.06127v3.
18. Krishnan, C., Colgáin, E. Ó., Ruchika, S., Sheikh-Jabbari, M. M., and Yang, T., “Is there an early Universe solution to Hubble tension?”, *Physical Review D*, vol. 102, no. 10, APS, 2020. doi:10.1103/PhysRevD.102.103525. arXiv:2002.06044v3.
19. Freedman, W. L. and Madore, B. F., “Progress in direct measurements of the Hubble constant”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, vol. 2023, no. 11, IOP, 2023. doi:10.1088/1475-7516/2023/11/050. arXiv:2309.05618v2.
20. Freedman, W. L., Madore, B. F., Jang, I. S., Hoyt, T. J., Lee, A. J., Owens, K. A., “Status Report on the Chicago-Carnegie Hubble Program (CCHP): Three Independent Astrophysical Determinations of the Hubble Constant Using the James Webb Space Telescope”, 2024. doi:10.48550/arXiv.2408.06153. arXiv:2408.06153.

Дякую за увагу !