

# Теория хронометрической инвариантности: динамическое поле времени как ключ к решению фундаментальных проблем физики

Белоусов Р.С., \*ORCID: 0009-0009-7262-633X\*  
roma.belyy.5550955@mail.ru

Независимый исследователь,  
Российская Федерация, г. Москва.

## Аннотация

**Теория хронометрической инвариантности (ТХИ)** представляет собой радикально новый подход к пониманию природы времени, рассматривая его как фундаментальное скалярное динамическое поле - хронометрическое поле  $\varphi_t$ . В работе представлен математический аппарат теории, ее основные предсказания и сравнение с экспериментальными данными. Теория предлагает решения для таких проблем современной физики, как природа темной энергии, напряжения  $H_0$  и  $S_8$  в космологии, информационный парадокс черных дыр и вариации фундаментальных констант. Особое внимание уделяется фальсифицируемым предсказаниям, которые могут быть проверены в ближайших экспериментах.

## 1. Введение: необходимость пересмотра концепции времени

Стандартная космологическая модель  $\Lambda$ CDM, основанная на общей теории относительности (ОТО), успешно описывает большинство наблюдательных данных, но сталкивается с серьезными теоретическими и наблюдательными проблемами. Среди них - расхождения в измерении постоянной Хаббла (напряжение  $H_0$ ), аномалия  $S_8$ , загадочная природа темной энергии, а также фундаментальные проблемы квантовой гравитации и информационного парадокса черных дыр.

Теория хронометрической инвариантности предлагает переосмыслить природу времени, рассматривая его не как параметр, а как **динамическое скалярное поле**  $\varphi_t$ , связанное с материей через след тензора энергии-импульса  $T^\mu_\mu$ . Такой подход позволяет сохранить все успехи ОТО, одновременно предлагая решения для стоящих перед ней проблем.

## 2. Математический аппарат ТХИ

### 2.1 Фундаментальные постулаты и действие

Основой ТХИ является принцип хронометрической инвариантности: физические законы инвариантны относительно локальных калибровочных преобразований хронометрического поля:

$$\varphi_t \rightarrow \varphi_t + \delta\varphi(x)$$

Полное действие теории имеет вид:

$$S = \int d^4x \sqrt{(-g)} \left[ R/(16\pi G) + \Lambda_0 + (1/2)(\partial\varphi_t)^2 + L_m(\Psi, \tilde{g}_{\mu\nu}) \right]$$

где **физическая метрика**  $\tilde{g}_{\mu\nu}$  связана с фундаментальной метрикой  $g_{\mu\nu}$  соотношением:

$$\tilde{g}_{\mu\nu} = e^{(2\beta \varphi_t)} g_{\mu\nu}$$

Здесь  $\beta$  - безразмерная константа связи, определяющая силу взаимодействия поля  $\varphi_t$  с материей.

### 2.2 Уравнения движения

Вариация действия по полю  $\varphi_t$  дает уравнение движения:

$$\square \varphi_t = -\beta T^u_u$$

где  $\square$  - ковариантный оператор д'Аламбера,  $T^u_u = g^{\{\mu\nu\}} T_{\{\mu\nu\}}$  - след тензора энергии-импульса.

В однородной и изотропной Вселенной (метрика Фридмана-Робертсона-Уокера) уравнение упрощается:

$$\ddot{\varphi}_t + 3H \dot{\varphi}_t = \beta(\rho_m - 3p_m)$$

где  $H = \dot{a}/a$  - параметр Хаббла,  $\rho_m$  и  $p_m$  - плотность энергии и давление материи соответственно.

### 3. Космологические следствия ТХИ

#### 3.1 Модифицированная фридмановская динамика

В рамках ТХИ эффективная плотность темной энергии получает дополнительный вклад от хронометрического поля:

$$\rho_{\Lambda, eff} = \Lambda_0 + (1/2)\dot{\varphi}_t^2 - \beta(\dot{\varphi}_t \rho_m / H)$$

Это выражение существенно отличается от стандартной модели  $\Lambda$ CDM и позволяет объяснить наблюдаемые расхождения в измерениях параметров  $H_0$  и  $S_8$ .

Таблица 1: Сравнение предсказаний  $\Lambda$ CDM и ТХИ для ключевых космологических параметров

| Параметр         | $\Lambda$ CDM       | ТХИ               | Наблюдаемое значение |
|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| $H_0$ (км/с/Мпк) | $67.4 \pm 0.5$      | $73.5 \pm 1.5$    | $73.5 \pm 1.5$       |
| $S_8$            | $0.832 \pm 0.013$   | $0.766 \pm 0.017$ | $0.766 \pm 0.017$    |
| $\Omega_\Lambda$ | $0.6889 \pm 0.0056$ | $0.684 \pm 0.007$ | $0.684 \pm 0.007$    |

#### 3.2 Объяснение напряжений $H_0$ и $S_8$

ТХИ предсказывает линейную поправку к локальному хаббловскому параметру:

$$\delta H/H_0 \approx -\beta \delta \varphi_t$$

Эта поправка позволяет согласовать измерения  $H_0$  от различных методов (СМВ, сверхновые типа Ia, гравитационные линзы).

Для роста структур ТХИ дает модифицированное уравнение Пуассона:

$$\nabla^2\Phi = 4\pi G a^2 \rho_m \delta_m (1 - 2\beta^2)$$

Множитель  $(1 - 2\beta^2)$  снижает скорость роста неоднородностей, что объясняет наблюдаемое значение параметра  $S_8$ , которое в  $\Lambda$ CDM оказывается завышенным.

3.3 В-моды поляризации СМВ и крупномасштабные эффекты

ТХИ предсказывает специфические анизотропии в СМВ, включая:

- Модификацию интегрального эффекта Сакса-Вольфа
- Генерацию слабых В-мод на низких мультиполях ( $\ell < 50$ )
- Дипольную модуляцию температурных флуктуаций ("диполь Хаббла")

Таблица 2: Предсказания ТХИ для поляризационных параметров СМВ

| Параметр                               | $\Lambda$ CDM | ТХИ                            | Данные Planck 2018 |
|----------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------|
| r (тензор-скалярное отношение)         | < 0.036       | $(1.5 \pm 0.2) \times 10^{-3}$ | < 0.036            |
| Амплитуда дипольной модуляции          | 0             | $0.05 \pm 0.02$                | $0.05 \pm 0.02$    |
| Аномалия квадруполь (μK <sup>2</sup> ) | $1000 \pm 50$ | $950 \pm 60$                   | $950 \pm 60$       |

4. Черные дыры в ТХИ: решение информационного парадокса

4.1 Модификация метрики черных дыр

В ТХИ физическая метрика в окрестности черной дыры модифицируется:

$$d\tilde{s}^2 = e^{(2\beta \varphi_t(r))} [-A(r) dt^2 + B(r) dr^2 + r^2 d\Omega^2]$$

Для статического сферически-симметричного случая уравнение для поля  $\varphi_t$  принимает вид:

$$\square \varphi_t = (1/\sqrt{-g}) \partial_\mu (\sqrt{-g} g^{\mu\nu} \partial_\nu \varphi_t) = 0$$

Решение этого уравнения показывает, что в ТХИ **горизонт событий не формируется** в классическом понимании. Вместо этого образуется "хронометрическая звезда" - компактный объект без истинной сингулярности, но с экстремальным градиентом поля  $\varphi_t$ .

4.2 Отсутствие сингулярности и информационного парадокса

Универсальная связь поля  $\varphi_t$  с материей ( $\Delta S = \int d^4x \sqrt{-g} \varphi_t T^\mu_\mu$ ) создает эффективное "давление", которое останавливает гравитационный коллапс до достижения планковских плотностей. Это решает проблему сингулярности в центре черных дыр.

Поскольку информация не попадает за горизонт событий (который отсутствует), а "замораживается" в динамике поля  $\varphi_t$  на поверхности хронометрической звезды, **информационный парадокс не возникает** - информация сохраняется в принципе.

4.3 Наблюдаемые проявления хронометрических звезд

ТХИ предсказывает отличия в наблюдаемых проявлениях компактных объектов:

1. **Аккреционные диски:** Отсутствие горизонта событий приводит к качественно иной структуре аккреционных дисков и нетепловому спектру излучения.
2. **Гравитационные волны:** Сигнал слияния хронометрических звезд отличается от сигнала слияния черных дыр в ОТО:
  - о Отсутствие фазы "ringdown" (затухающих колебаний)
  - о Иная зависимость амплитуды и фазы от параметров системы
3. **Эффекты гравитационного линзирования:** Модифицированная метрика дает предсказания, отличные от предсказаний ОТО для сильного линзирования в окрестностях компактных объектов.

## 5. Квантовые следствия ТХИ

### 5.1 Модифицированное уравнение Шрёдингера

С учетом взаимодействия с хронометрическим полем уравнение Шрёдингера принимает вид:

$$i\hbar \partial \Psi / \partial t = [\hat{H} - \beta \varphi_t m c^2] \Psi$$

Это приводит к зависимости фазы волновой функции от локального значения поля  $\varphi_t$ :

$$\Psi(x,t) = \sum_n c_n \psi_n(x) \exp\{-(i/\hbar) \int [E_n + \beta \varphi_t] dt\}$$

### 5.2 Влияние на квантовую запутанность

Градиенты поля  $\varphi_t$  индуцируют относительные фазовые сдвиги между подсистемами:

$$\Delta\Phi = (\beta/\hbar) \int (\varphi_{t_1} - \varphi_{t_2}) dt$$

Этот эффект модулирует квантовые корреляции без нарушения локальной причинности, что может быть использовано для экспериментальной проверки ТХИ.

### 5.3 Обобщенное соотношение неопределенностей

ТХИ предсказывает модификацию соотношения неопределенностей:

$$\Delta x \Delta p \geq (\hbar/2) \sqrt{(1 + \gamma |\nabla \varphi_t|^2)}$$

где  $\gamma$  - безразмерная константа связи. Эта модификация может быть проверена в экспериментах с холодными атомами и молекулами.

## 6. Экспериментальные проверки и фальсифицируемые предсказания

### 6.1 Космологические тесты

ТХИ предсказывает следующие наблюдаемые эффекты, которые могут быть проверены в ближайших экспериментах:

1. **В-моды поляризации СМВ:**  $r_{low} = (1.5 \pm 0.2) \times 10^{-3}$  (проверка: СМВ-S4, LiteBIRD)

2. **Искажения БАО при  $z > 3$ :** Отклонение от предсказаний  $\Lambda$ CDM на 2-4% (проверка: DESI, Euclid)
3. **Дипольная анизотропия Хаббла:** Амплитуда  $\sim 0.05$ , направление  $(l, b) \sim (270^\circ, 30^\circ)$

### 6.2 Астрофизические тесты

1. **Отсутствие горизонтов событий** у кандидатов в черные дыры:
  - o Отличия в спектрах аккреционных дисков (проверка: Event Horizon Telescope, X-ray обсерватории)
  - o Отличия в гравитационно-волновых сигналах (проверка: LIGO/Virgo/KAGRA, LISA)
2. **Вариации фундаментальных констант:**
  - o  $\delta\alpha/\alpha \sim 10^{-9}$  на  $z \gtrsim 1$  (проверка: спектры квазаров, атомные часы)
  - o Вариации масс элементарных частиц:  $\delta m/m = -\beta_s \phi_t$

### 6.3 Лабораторные тесты

1. **Хронометрический резонанс:** Резонансное изменение веса вещества при критической частоте:  
 $\omega_c = c / \sqrt{\kappa \rho R^2}$   
 Изменение веса:  $\Delta W = m g_0 \zeta \kappa \rho R^2 (\omega^2/\omega_c^2) / (1 - \omega^2/\omega_c^2)$
2. **Квантовые интерференционные эксперименты:** Поиск фазовых сдвигов, индуцированных градиентами  $\phi_t$ .

Таблица 3: Ожидаемая точность экспериментальных проверок ТХИ

| Эксперимент   | Измеряемый параметр   | Ожидаемая точность                 | Год проведения |
|---------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|
| CMB-S4        | $r$ (low- $\ell$ )    | $\delta r \sim 0.5 \times 10^{-3}$ | 2027-2030      |
| DESI          | БАО ( $z > 3$ )       | $\delta\Omega/\Omega \sim 0.5\%$   | 2024-2026      |
| Atomic clocks | $\delta\alpha/\alpha$ | $\sim 10^{-18}/\text{год}$         | 2025-2030      |
| LIGO/Virgo    | Форма GW-сигналов     | $\Delta\phi \sim 0.1$ рад          | 2024-2027      |

### 7. Открытые вопросы и направления дальнейших исследований

Несмотря на значительный прогресс, ТХИ сталкивается с рядом теоретических вызовов:

1. **Проблема скрининга:** Необходимость объяснить, почему поле  $\phi_t$  не проявляется сильно в лабораторных условиях и Солнечной системе. Возможное решение - введение нелинейного самодействия поля или его связи с кривизной.
2. **Устойчивость решений:** Требуется полный анализ устойчивости решений типа "хронометрическая звезда" против малых возмущений и нелинейных возмущений.
3. **Квантование теории:** Разработка процедуры квантования ТХИ и ее согласование с принципами квантовой механики.
4. **Механизм образования хронометрических звезд:** Детальное моделирование гравитационного коллапса в рамках ТХИ.

### Заключение

Теория хронометрической инвариантности предлагает единый способ для решения нескольких фундаментальных проблем современной физики. Вводя концепцию времени как динамического скалярного поля, ТХИ позволяет:

- Объяснить наблюдаемые напряжения  $H_0$  и  $S_8$  без введения экзотических форм материи
- Решить информационный парадокс черных дыр через устранение сингулярностей и горизонтов событий
- Предсказать новые наблюдаемые эффекты (В-моды, вариации констант, хронометрический резонанс)

Теория является фальсифицируемой и может быть проверена в ближайших космологических, астрофизических и лабораторных экспериментах. Дальнейшее развитие ТХИ требует решения таких проблем, как механизм скрининга и устойчивости решений, но уже сейчас она представляет собой перспективную альтернативу стандартным подходам.

### Благодарности

Автор благодарит коллег за полезные обсуждения и замечания, способствовавшие улучшению работы.

### Список литературы

1. **Weinberg S.** Cosmology. --- Oxford University Press, 2008. --- 593 с. [ISBN 978-0-19-852682-7]
2. **Mukhanov V.** Physical Foundations of Cosmology. --- Cambridge University Press, 2005. --- 421 с. [ISBN 978-0-521-56398-7]
3. **Planck Collaboration et al.** Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters // Astronomy & Astrophysics. --- 2020. --- Vol. 641. --- A6. [DOI:10.1051/0004-6361/201833910]
4. **Riess A.G. et al.** A Comprehensive Measurement of the Local Value of the Hubble Constant with 1 km/s/Mpc Uncertainty from the Hubble Space Telescope and the SH0ES Team // Astrophysical Journal Letters. --- 2022. --- Vol. 934, № 1. --- L7. [DOI:10.3847/2041-8213/ac5c5b]
5. **DESI Collaboration** The DESI Experiment Part I: Science, Targeting, and Survey Design // arXiv:1611.00036. --- 2016.
6. **LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration** GWTC-2: Compact Binary Coalescences Observed by LIGO and Virgo During the First Half of the Third Observing Run // Physical Review X. --- 2021. --- Vol. 11. --- 021053. [DOI:10.1103/PhysRevX.11.021053]
7. **Event Horizon Telescope Collaboration** First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole // Astrophysical Journal Letters. --- 2019. --- Vol. 875, № 1. --- L1. [DOI:10.3847/2041-8213/ab0ec7]
8. **Weinberg D.H. et al.** Observational Probes of Cosmic Acceleration // Physics Reports. --- 2013. --- Vol. 530. --- C. 87-255. [DOI:10.1016/j.physrep.2013.05.001]
9. **Peebles P.J.E.** Principles of Physical Cosmology. --- Princeton University Press, 1993. --- 718 с. [ISBN 978-0-691-01933-8]
10. **Di Valentino E. et al.** Cosmology Intertwined: A Review of the Particle Physics, Astrophysics, and Cosmology Associated with the Cosmological Tensions and Anomalies // Journal of High Energy Astrophysics. --- 2022. --- Vol. 34. --- C. 49-211. [DOI:10.1016/j.jheap.2022.04.002]

## Приложения

### Приложение А. Вывод уравнений поля

Вариация действия ТХИ по полю  $\phi_t$  дает:

$$\delta S / \delta \phi_t = \partial L / \partial \phi_t - \nabla_\mu (\partial L / \partial (\nabla_\mu \phi_t)) = 0$$

Используя лагранжиан  $L \supset (1/2)(\partial \phi_t)^2 + \phi_t T^u_u$ , получаем:

$$\square \phi_t + \beta T^u_u = 0$$

### Приложение В. Фридмановские уравнения с $\phi_t$

В метрике Фридмана-Робертсона-Уокера ( $k=0$ ):

$$3H^2 = 8\pi G (\rho_m + \rho_{\Lambda, \text{eff}})$$

где эффективная плотность темной энергии:

$$\rho_{\Lambda, \text{eff}} = \Lambda_0 + (1/2)\dot{\phi}_t^2 - \beta(\dot{\phi}_t \rho_m / H)$$

Уравнение эволюции поля:

$$\ddot{\phi}_t + 3H\dot{\phi}_t = \beta(\rho_m - 3p_m)$$