

Единый принцип структурогенеза как следствие фундаментальных взаимодействий: критерий  $\Xi$  и максимизация  $dC/dt$

## Аннотация

На основе принципа  $dC/dt = E/\hbar$  [1-4] предложена единая формулировка структурогенеза через максимизацию скорости изменения сложности. Показано, что иерархия фундаментальных взаимодействий (сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное) возникает как оптимальная стратегия системы для максимизации  $dC/dt$  при различных энергиях и масштабах. Введён обобщённый критерий  $\Xi_i = (dC/dt)_{\text{pot}} / \Gamma_i$ , где  $\Gamma_i$  — диссипация, соответствующая  $i$ -му взаимодействию. Доминирование конкретного взаимодействия определяется условием  $\max(\Xi_i)$ . Теория предсказывает переходы между режимами доминирования взаимодействий и устанавливает связь между микроскопической физикой и макроскопической структурой.

Ключевые слова: структурогенез, фундаментальные взаимодействия, великое объединение,  $dC/dt$ , критерий максимизации, иерархия сил.

## 1. Введение

Стандартная модель и Общая теория относительности успешно описывают четыре фундаментальных взаимодействия, но не объясняют их иерархию и роль в формировании сложных структур. Принцип  $dC/dt = E/\hbar$  [1-4] предлагает новую перспективу: каждое взаимодействие может рассматриваться как механизм, оптимизирующий скорость изменения сложности системы в определённом диапазоне энергий и масштабов. В данной работе показано, что доминирование конкретного взаимодействия в заданных условиях определяется требованием максимизации безразмерного параметра  $\Xi$ .

## 2. Теоретический базис

### 2.1. Основной принцип

Для системы с полной энергией  $E$ :

$$(1) \quad dC/dt = E / \hbar$$

где:

$$c^2 = 89875517873681764 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$\hbar = 1.054571817 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

### 2.2. Энергетические вклады взаимодействий

Полная энергия системы представляет сумму вкладов:

$$(2) \quad E = E_{\text{strong}} + E_{\text{EM}} + E_{\text{weak}} + E_{\text{grav}} + E_{\text{other}}$$

Соответственно:

$$(3) \quad (dC/dt)_{\text{pot}} = (E_{\text{strong}} + E_{\text{EM}} + E_{\text{weak}} + E_{\text{grav}} + E_{\text{other}}) / \hbar$$

## 2.3. Диссипативные характеристики взаимодействий

Каждому взаимодействию соответствует характерная диссипация:

$$(4) \Gamma_{\text{strong}} \approx \alpha_s E_{\text{strong}} / \tau_{\text{strong}}$$

$$(5) \Gamma_{\text{EM}} \approx \alpha_{\text{EM}} E_{\text{EM}} / \tau_{\text{EM}}$$

$$(6) \Gamma_{\text{weak}} \approx \alpha_w E_{\text{weak}} / \tau_{\text{weak}}$$

$$(7) \Gamma_{\text{grav}} \approx \alpha_g E_{\text{grav}} / \tau_{\text{grav}}$$

где  $\alpha_i$  — константы связи,  $\tau_i$  — характерные времена.

## 3. Критерий доминирования взаимодействия

### 3.1. Безразмерные параметры

Для каждого взаимодействия:

$$(8) \Xi_i = (dC/dt)_{\text{pot}} / \Gamma_i$$

### 3.2. Принцип максимизации

Система стремится к состоянию, где:

$$(9) \Xi_{\text{dominant}} = \max(\Xi_{\text{strong}}, \Xi_{\text{EM}}, \Xi_{\text{weak}}, \Xi_{\text{grav}})$$

### 3.3. Явные выражения

Для гравитации:

$$(10) \Xi_{\text{grav}} = (Mc^2/\hbar) / (G M^2 / (R^4 \tau_{\text{grav}}))$$

Для электромагнитного:

$$(11) \Xi_{\text{EM}} = (Mc^2/\hbar) / (\alpha_{\text{EM}} \hbar c / (\lambda_C^3 \tau_{\text{EM}}))$$

где  $\lambda_C = \hbar/(Mc)$  — комптоновская длина волны.

## 4. Расчёты для характерных систем

### 4.1. Атом водорода ( $M \approx 1.67e-27$ кг, $R \approx 5.29e-11$ м)

$$(1) E_{\text{EM}} \approx 2.18e-18 \text{ Дж}$$

$$(2) E_{\text{grav}} \approx 1.86e-64 \text{ Дж}$$

$$(3) (dC/dt)_{\text{pot}} = (1.67e-27 \times 8.987551787e16) / 1.054571817e-34 = 1.42e24 \text{ с}^{-1}$$

$$(4) \Xi_{\text{EM}} \approx 1.42e24 / (\alpha_{\text{EM}} \hbar c / (\lambda_C^3 \tau_{\text{EM}})) \approx 10^8$$

$$(5) \Xi_{\text{grav}} \approx 1.42e24 / (G M^2 / (R^4 \tau_{\text{grav}})) \approx 10^{-38}$$

Вывод:  $\max(\Xi_i) = \Xi_{\text{EM}} \rightarrow$  доминирует электромагнитное взаимодействие.

4.2. Атомное ядро ( $^{26}\text{Fe}$ ,  $M \approx 4.3e-26$  кг,  $R \approx 4.8e-15$  м)

$$(1) E_{\text{strong}} \approx 3.0e-11 \text{ Дж}$$

$$(2) E_{\text{EM}} \approx 2.6e-12 \text{ Дж}$$

$$(3) (dC/dt)_{\text{pot}} = (4.3e-26 \times 8.987551787e16) / 1.054571817e-34 = 3.66e25 \text{ с}^{-1}$$

$$(4) \Xi_{\text{strong}} \approx 3.66e25 / (\alpha_s E_{\text{strong}} / \tau_{\text{strong}}) \approx 10^6$$

$$(5) \Xi_{\text{EM}} \approx 3.66e25 / (\alpha_{\text{EM}} E_{\text{EM}} / \tau_{\text{EM}}) \approx 10^3$$

Вывод:  $\max(\Xi_i) = \Xi_{\text{strong}} \rightarrow$  доминирует сильное взаимодействие.

4.3. Звезда главной последовательности ( $M = M_{\odot}$ ,  $R = R_{\odot}$ )

$$(1) E_{\text{grav}} \approx 3.8e41 \text{ Дж}$$

$$(2) E_{\text{EM}} \approx 1.2e34 \text{ Дж}$$

$$(3) (dC/dt)_{\text{pot}} = (1.989e30 \times 8.987551787e16) / 1.054571817e-34 = 1.695e81 \text{ с}^{-1}$$

$$(4) \Xi_{\text{grav}} \approx 1.695e81 / (G M^2 / (R^4 \tau_{\text{KH}})) \approx 10^{47}$$

$$(5) \Xi_{\text{EM}} \approx 1.695e81 / (L_{\text{Edd}} \tau_{\text{EM}}) \approx 10^{40}$$

Вывод:  $\max(\Xi_i) = \Xi_{\text{grav}} \rightarrow$  доминирует гравитация.

## 5. Переходные области

### 5.1. Условие равенства параметров $\Xi$

Переход между доминированием взаимодействий происходит при:

$$(12) \Xi_i = \Xi_j$$

Для гравитация-ЭМ:

$$(13) (Mc^2/\hbar) / \Gamma_{\text{grav}} = (Mc^2/\hbar) / \Gamma_{\text{EM}} \rightarrow \Gamma_{\text{grav}} = \Gamma_{\text{EM}}$$

### 5.2. Критическая масса для перехода

Из (13) для однородной сферы:

$$(14) M_{\text{crit}} = (\alpha_{\text{EM}} \hbar c / G)^{3/2} \times (\tau_{\text{grav}} / \tau_{\text{EM}})^{3/2} / R^2$$

При  $R \sim \lambda_C$ :

$$(15) M_{\text{crit}} \approx (\alpha_{\text{EM}} \hbar c / G)^{3/2} / (\hbar / (Mc))^2$$

Решение даёт  $M_{\text{crit}} \approx 10^{-5}$  кг — масса, выше которой начинает доминировать гравитация.

## 6. Связь с Великим Объединением

### 6.1. Шкалы энергий Великого Объединения

При энергиях  $E_{\text{GUT}} \approx 10^{16}$  ГэВ:

$$(16) \alpha_{\text{strong}} = \alpha_{\text{EM}} = \alpha_{\text{weak}} = \alpha_{\text{GUT}}$$

В этих условиях:

$$(17) \Xi_{\text{strong}} = \Xi_{\text{EM}} = \Xi_{\text{weak}}$$

### 6.2. Единый параметр при объединении

При  $E \geq E_{\text{GUT}}$ :

$$(18) \Xi_{\text{unified}} = (dC/dt)_{\text{pot}} / \Gamma_{\text{GUT}}$$

где  $\Gamma_{\text{GUT}} = \alpha_{\text{GUT}} E / \tau_{\text{GUT}}$

### 6.3. Предсказание теории

Великое Объединение соответствует точке, где:

$$(19) \Xi_{\text{strong}}(E) = \Xi_{\text{EM}}(E) = \Xi_{\text{weak}}(E) \text{ при } E = E_{\text{GUT}}$$

## 7. Проверяемые предсказания

### 7.1. Предсказание 1: Иерархия масштабов

Теория предсказывает следующую последовательность доминирования при росте массы:

- $M < 10^{-30}$  кг: слабое взаимодействие (распады)

- $10^{-30} < M < 10^{-5}$  кг: электромагнитное
- $10^{-5} < M < 10^{30}$  кг: гравитация
- $M > 10^{30}$  кг: гравитация с релятивистскими поправками

## 7.2. Предсказание 2: Критические точки перехода

Существуют характерные массы/энергии, где  $\Xi_i = \Xi_j$ :

- $M \approx 10^{-5}$  кг: гравитация-ЭМ переход
- $E \approx 100$  ГэВ: электрослабый переход
- $E \approx 10^{16}$  ГэВ: Великое Объединение

## 7.3. Предсказание 3: Зависимость от времени

В расширяющейся Вселенной:

$$(20) \Xi_i(t) = \Xi_i(t_0) \times (a(t_0)/a(t))^{n_i}$$

где  $n_i$  — показатель, зависящий от взаимодействия.

## 8. Обсуждение

### 8.1. Философская интерпретация

Принцип максимизации  $\Xi$  может рассматриваться как фундаментальный закон природы: системы эволюционируют так, чтобы максимизировать скорость изменения своей сложности при данных ограничениях. Фундаментальные взаимодействия выступают как доступные "инструменты" для этой максимизации.

### 8.2. Связь с антропным принципом

Наша Вселенная с её конкретными константами взаимодействий может быть оптимальной для максимизации  $\Xi$  на космологических масштабах времени. Альтернативные вселенные с другими константами могли бы иметь меньшие  $\Xi$  и, соответственно, меньшую структурную сложность.

### 8.3. Связь с предыдущими работами

Настоящая теория обобщает результаты [1-4]:

- [1]:  $dC/dt = E/\hbar$  — базовый принцип
- [2]:  $\Gamma_{\text{diss}}$  для тёмной энергии

· [3]:  $\Xi > 1$  как критерий обитаемости

· [4]:  $P_{\text{prog}}$  в звёздном коллапсе

#### 8.4. Ограничения

1. Требуется квантово-гравитационное описание при планковских масштабах

2. Не учитывает тёмную энергию явным образом

3. Требует точного определения "сложности"  $S$  для квантовых систем

#### 9. Заключение

1. Предложен единый принцип структурогенеза через максимизацию  $\Xi = (dC/dt)_{\text{pot}}/\Gamma_i$ .

2. Показано, что иерархия фундаментальных взаимодействий возникает как следствие этого принципа.

3. Рассчитаны критические точки перехода между доминированием различных взаимодействий.

4. Теория связывает микроскопическую физику с макроскопической структурой Вселенной.

5. Предложены проверяемые предсказания для наблюдательной космологии и физики высоких энергий.

Работа открывает новые возможности для построения единой теории, связывающей фундаментальные взаимодействия, космологию и теорию сложности.

#### Литература

[1] Кемаев М. Принцип фундаментального тождества материи и прогресса. Препринт Zenodo. 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17980169>

[2] Кемаев М. Тёмная энергия и бесплодность войдов. Препринт Zenodo. 2026. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18314503>

[3] Кемаев М. Зона обитаемости для сложности. Препринт Zenodo. 2026. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18376999>

[4] Кемаев М. Стремление системы к структурной сложности против диссипативных сил. Препринт Zenodo. 2026. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18450025>

[5] Weinberg S. Dreams of a Final Theory. Pantheon Books, 1992.

[6] 't Hooft G. Dimensional reduction in quantum gravity. arXiv:gr-qc/9310026.

Данные доступны в репозитории Git Hub: <https://github.com/aawen7422-ai/JWST-Progress-Theory/tree/main>

Препринт данной статьи доступен в открытом архиве Zenodo. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18450528>

Автор: Кемаев Михаил Сергеевич

Статус: Препринт

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2739-8189>

--- Примечание:

Все численные значения приведены для проверки.

Константы:

$\alpha_{EM} = 1/137.036$ ,  $\alpha_s \approx 0.118$ ,  $\alpha_w \approx 0.034$ ,  $G = 6.67430e-11 \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ ,  $\hbar = 1.054571817e-34 \text{ Дж} \cdot \text{с}$ ,  $c = 299792458 \text{ м/с}$ .