Многомерные эффекты в режимной гравитации

Автор: Вепренцев Алексей Александрович

Аннотация

Работа расширяет концепцию режимной гравитации на многомерные и нелинейные эффекты. Вводится описание динамики с учётом нескольких пространственных и временных масштабов, а также взаимодействий между объектами через обобщённые режимные параметры *R, K, Xi* и функцию порогового множителя *F(R).* Показано, как аккумулируются эффекты *Delta_effective(t)* в многомерных системах и как контролировать численные схемы через локальную и глобальную невязку. Предлагается единая формализация для систем *N* тел, распределённых полей и сильнополевых объектов.

1. Введение

Цель статьи — расширить режимную теорию гравитации на многомерные системы, включая взаимодействия *N* тел, распределённые поля и нелинейные эффекты накопления. Стандартные одномерные модели и локальные аппроксимации не позволяют корректно учитывать взаимное влияние объектов, долговременное накопление эффектов и пороговые переходы между динамическими режимами.

В рамках режимного подхода предлагается использовать обобщённые режимные параметры *Xi_i* для каждого объекта или измерения, а также пороговую функцию *F(R),* обеспечивающую плавный переход между ньютоновским и релятивистским режимами. Такой подход позволяет интерпретировать наблюдаемые отклонения как результат накопленных эффектов без введения новой фундаментальной физики.

Вывод к разделу 1:
Многомерное расширение режимной теории необходимо для корректного описания сложных гравитационных систем.

Примечание:
Подход ориентирован на согласование классической динамики, релятивистских поправок и накопительных эффектов в единой структуре.

2. Базовые многомерные параметры

Гравитационный режимный параметр для i-го объекта определяется как:

*R_i = G * M_i / (r_i * c^2)*

Кинематический режимный параметр:

$$K_i = v_i^2 / c^2$$

Обобщённый режимный параметр:

$$Xi_i = max(R_i, K_i)$$

Для системы из N объектов вводится системный режимный параметр:

$$Xi_{sys} = max(Xi_1, Xi_2, ..., Xi_N)$$

Пороговый множитель определяется функцией:

$$F(R_i) = 1 / (1 + (R_i / R_c)^n), n \geq 1$$

Функция F(R_i) обеспечивает плавный переход между ньютоновским режимом при $R_i \ll R_c$ и релятивистским режимом при $R_i \sim R_c$.

Вывод к разделу 2:
Режимные параметры позволяют формализовать границы применимости аппроксимаций в многомерных системах.

Примечание:
Параметр Xi_{sys} задаёт доминирующий режим всей системы.

3. Эффективное ускорение в многомерной системе

Эффективное ускорение i-го объекта задаётся как:

$$a_{eff\_i} = a0_i * F(R_i)$$

где ньютоновское ускорение:

$$a0_i = - G * M_i / r_i^2$$

Для системы взаимодействующих объектов суммарное ускорение i-го тела:

$$a_{eff\_sys\_i} = \text{sum over } j \neq i \text{ of } a_{eff\_ij}$$

где

$$a_{eff\_ij} = - G * M_j / r_{ij}^2 * F(R_j)$$

Контроль точности численной схемы осуществляется через локальную невязку:

$$epsilon\_local_i(n) = LHS\_discrete_i(n) - RHS\_discrete_i(n)$$

и глобальную невязку системы:

$$E\_global = \text{sum over } i \text{ of sum over } n \text{ of } epsilon\_local\_i(n)^2 * Delta\_r\_i(n)$$

Порядок сходимости определяется как:

$$p = \log2(|E\_Delta\_r - E\_Delta\_r/2| / |E\_Delta\_r/2 - E\_Delta\_r/4|)$$

Вывод к разделу 3:
Эффективное ускорение в многомерной системе формируется как сумма режимно-модифицированных вкладов всех объектов.

Примечание:
Контроль невязки позволяет отделить физические эффекты от численных артефактов.

4. Накопление многомерных эффектов

Накопление эффектов для i-го объекта описывается интегралом:

$$Delta\_effective\_i(t) = \text{integral from } 0 \text{ to } t \text{ of } [1 - F(R\_i(t'))]\ dt'$$

Для системы из N объектов суммарное накопление:

$$Delta\_effective\_sys(t) = \text{sum over } i \text{ of } Delta\_effective\_i(t)$$

Критерий физической значимости эффекта:

$$epsilon\_R\_i(n) = |a\_eff\_i(n) - a\_Newton\_i(n)| / |a\_Newton\_i(n)|$$

Эффект считается значимым при условии:

$$epsilon\_R\_i(n) >> epsilon\_num(n)$$

Вывод к разделу 4:
Накопление эффектов формирует интегральный вклад, способный приводить к наблюдаемым отклонениям.

Примечание:
Даже слабые поправки могут становиться доминирующими при длительном накоплении.

5. Примеры многомерных систем

5.1 Тройная система планет

Для системы Земля–Юпитер–Сатурн:

$$Xi\_sys = max(Xi\_Earth, Xi\_Jupiter, Xi\_Saturn)$$
$$F(R\_i) = 1 / (1 + (R\_i / R\_c)^n)$$

Накопление:

$$Delta\_effective\_sys(t)$$

фиксирует долговременные релятивистские эффекты и фазовые отклонения орбит.

Вывод:
Даже слабые эффекты в планетных системах приводят к измеримым расхождениям на больших временах.

5.2 Галактический кластер

Для N ≈ 10^3 объектов:

$$Xi\_sys = max(Xi\_i), i = 1..N$$

Суммарные ускорения:

$$a\_eff\_sys\_i$$

формируются как коллективный эффект множества гравитационных источников. Контроль локальной и глобальной невязки необходим для устойчивости численного решения.

Вывод:
Коллективное накопление эффектов играет ключевую роль в динамике больших систем.

5.3 Сильнополевые компактные системы

Белые карлики, нейтронные звезды и чёрные дыры характеризуются:

$$Xi\_i \geq R\_c$$
$$F(R\_i) < 1$$

Накопление:

$$Delta\_effective\_i(t)$$

становится значимым для каждого объекта, а суммарное:

$$Delta\_effective\_sys(t)$$

демонстрирует выраженный кумулятивный эффект.

Вывод:
Режимный подход применим к сильнополевым объектам без нарушения стандартной физики.

6. Численные схемы и проверка

Дискретизация проводится по шагам:

$$Delta\_r\_i,\ Delta\_t$$

Контроль ошибок осуществляется через:

$$epsilon\_local\_i(n),\ E\_global$$

Порядок сходимости:

$$p \approx 2$$

Проверка позволяет разграничить физические эффекты и численные ошибки.

Вывод к разделу 6:
Корректная численная реализация является обязательным элементом режимной методики.

Примечание:
Гладкость *F(R_i)* обеспечивает стабильность интеграции.

7. Ключевые выводы

1. Многомерная режимная формализация позволяет учитывать эффекты N тел и их взаимное накопление.
2. Пороговая функция *F(R_i)* обеспечивает корректный переход между ньютоновским и релятивистским режимом.
3. Суммарное накопление *Delta_effective_sys(t)* демонстрирует кумулятивное влияние слабых и сильнополевых эффектов.
4. Контроль локальной и глобальной невязки гарантирует воспроизводимость и физическую корректность результатов.
5. Методика готова к расширению на квантовые поправки и нелинейные взаимодействия.

8. Литература

1. Вепренцев А. А. Режимная теория гравитации: концептуальный каркас и учет пороговых эффектов. Zenodo. DOI (2026): https://doi.org/10.5281/zenodo.18348081
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. — М.: Физматлит, 2004.
3. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. — М.: Мир, 1977.
4. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Теория тяготения и эволюция звёзд. — М.: Наука, 1986.
5. Фролов В. П., Новиков И. Д. Физика чёрных дыр. — М.: Наука, 1998.
6. Гинзбург В. Л. Общая теория относительности и астрофизика. — М.: Наука, 1987.
7. Брагинский В. Б., Манукян А. А. Экспериментальные проверки общей теории относительности. — М.: Наука, 1987.
8. Клименко А. Ю., Фролов В. П. Релятивистская астрофизика. — М.: Физматлит, 2009.
9. Арнольд В. И. Математические методы классической механики. — М.: Наука, 1989.
10. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. — М.: Наука, 1989.
11. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. — М.: Наука, 1989.
12. Пуанкаре А. О науке. — М.: Наука, 1990.
13. Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Физическая кинетика. — М.: Физматлит, 2002.
14. Шапиро С. Л., Тьюколски С. А. Чёрные дыры, белые карлики и нейтронные звёзды. — М.: Мир, 1985.
15. Новиков И. Д. Эволюция Вселенной. — М.: Наука, 1983.
16. Рябов Ю. А. Теория динамических систем. — М.: Наука, 1999.