

Следствия онтологии динамики

Алексей Алексеевич Неклюдов (Alexey A. Nekludoff)

AstraVerge Research

E-mail: an@astraverge.org

ORCID: [0009-0002-7724-5762](https://orcid.org/0009-0002-7724-5762)

11 января 2026

Ключевые слова: интервальная динамика, допустимые состояния, замыкание и фиксация, направленность, синтаксис физики, измерение, параметры и константы, квантование, ресурсы.

Оглавление

1	Интервальный язык физики	3
1.1	Введение	3
1.2	Базовый принцип	4
1.3	Традиционный синтаксис физических утверждений	4
1.4	Новый базовый тип утверждения	5
1.4.1	Правила формирования дискретных параметров	5
1.4.2	Минимальный набор примитивов	6
1.4.3	Детекторы структуры в пространстве исходов	7
1.5	Отображение параметрического пространства в критериальное	11
1.5.1	Почему именно гиперкуб	11
1.5.2	Гиперкуб в логике диапазонного анализа	12
1.5.3	Алгоритм построения образа множества	12
1.5.4	Принципиальные свойства подхода	12
1.5.5	Ограничения и область применимости	13
1.6	Обратное критериальное отображение и устойчивые области условий	13
1.7	Матричное представление конечных множеств условий	14
1.7.1	Объекты	15
1.7.2	Допустимые операции (алгебра сценариев)	15
1.7.3	Запрещённые операции	17
1.7.4	Связь с образом множества	17
1.7.5	Ограничения точечного отображения и переход к областям	17
1.8	Замыкания: как возникают числа	19
1.9	Замыкание как источник квантования	20
1.9.1	Квантование как эффект замыкания	20
1.9.2	Минимальные циклы и фазовые замыкания	20
1.9.3	Отрицание онтологической дискретности	21
1.9.4	Число как след, а не причина	21
1.9.5	Итог	21
1.9.6	Обратное замыкание по критерию устойчивости	21
1.10	Переопределение ключевых понятий	22
1.10.1	Параметр	22
1.10.2	Закон природы	22
1.10.3	Квантование	23
1.10.4	Константа	23
1.11	Электрон в новом языке (коротко)	23
1.12	Пространство и время	23

1.12.1	Пространство	23
1.12.2	Время	23
1.13	Измерение	24
1.14	Влияние на стандартную физику	24
1.15	Влияние на типичные проблемы физики	24
1.16	Минимальный словарь	24
1.17	Финальная формула	25
1.17.1	Область как первичный объект физического описания	25
1.17.2	Что означает “замыкание” в физическом смысле	25
1.17.3	Связь с классическим формализмом	25
1.17.4	Следствие для вычислений и моделирования	26
1.17.5	Интерпретация	26
2	Интервальная динамика	27
2.1	Области допустимости как первичный объект	27
2.2	Оператор интервальной эволюции	27
2.3	Аппроксимации и связь с допустимыми переходами	28
2.4	Фазовая структура и дискретная интервальная эволюция	28
2.5	Замыкание и фиксация	29
2.6	Предел малых шагов и восстановление дифференциальных уравнений	29
2.7	Ресурсный слой и происхождение ускорения	30
2.8	Феноменологические режимы направленности	30
3	Физические режимы направленности	33
3.1	Направленность как источник феноменологических сил	33
3.2	Фрикционный режим	33
3.2.1	Сужение допустимых переходов по скорости	33
3.2.2	Интервальная модель диссипативного вклада	33
3.2.3	Связи, разрыв и формула трения как стоимость перестройки	34
3.2.4	От связевой формулы к виду $F = \mu N$	35
3.2.5	Интервальная модель диссипации	35
3.2.6	Энергия разрыва и микросвязи	35
3.2.7	Линейный и кулоновский режимы трения	35
3.3	Антифрикционный режим	36
3.3.1	Расширение множества допустимых переходов	36
3.3.2	Феноменологическая форма антифрикционного вклада	36
3.3.3	Антифрикция и устойчивые режимы	37
3.4	Гравитационный режим	37
3.4.1	Глобальная направленность	37
3.4.2	Потенциальная параметризация	37
3.4.3	Нарушение принципа эквивалентности	38
3.4.4	О геометрии связей и форме закона убывания	38
3.4.5	Канализированная двухлокальная направленность	38
3.4.6	Канализированные структуры и галактическая динамика	39
3.4.7	Геодезики как траектории каналов согласования	40
3.4.8	Ньютоновский потенциал как параметризация каналов	41

3.5	Потоковые режимы и уравнения Навье–Стокса	41
3.5.1	Распределённые локальности и поле допустимых скоростей	41
3.5.2	Интервальная динамика поля скоростей	41
3.5.3	Вязкость как структурное сужение	42
3.5.4	Форма уравнений Навье–Стокса	42
3.5.5	Диссипация и турбулентность	42
3.6	Электродинамический режим	43
3.6.1	Каналы переноса и заряд	43
3.6.2	Поля как параметризация направленности	43
3.6.3	Интервальная форма уравнений Максвелла	43
3.7	Заключение	43
4	Конструктивные примеры	45
4.1	Роль конструктивных моделей	45
4.2	Тоу example: локальное уточнение по структуре в Y без вероятностей	45
4.2.1	Постановка	45
4.2.2	Модель и критерии	46
4.2.3	Шаг 1: вычисление исходов на сценариях	46
4.2.4	Шаг 2: детекторы структуры в Y и пометка “подозрительных” областей	46
4.2.5	Шаг 3: локальное уточнение (refinement)	47
4.2.6	Шаг 4: критерий остановки	47
4.2.7	Итог интерпретации	47

Введение

Настоящая работа продолжает и разворачивает онтологию динамики, в которой физическая эволюция понимается не как движение точечных состояний под действием сил или полей, а как структурная эволюция множества допустимых состояний, возникающая из согласования локальностей, перераспределения ресурса и направленности допустимых переходов.

В рамках этой онтологии первичным объектом динамики является не траектория $x(t)$, а множество допустимых продолжений $D(x)$, определяющее, какие будущие состояния совместимы с текущей структурой согласования. Направленность, необратимость и диссипация интерпретируются как свойства геометрии этого множества, а не как действие фундаментальных сил.

Цель настоящего тома состоит в том, чтобы показать, каким образом из этой онтологической структуры возникают привычные формы физических уравнений. Классическая механика, трение, гравитация, гидродинамика и электродинамика рассматриваются здесь как феноменологические режимы интервальной динамики — эволюции областей допустимых состояний под действием операторов перехода, замыкания и фиксации.

Для этого в первой главе вводится интервальный язык физики, в котором элементарным объектом физического утверждения является не числовое значение, а интервал допустимости. Числа, параметры и константы трактуются как вторичные следы стабилизации этих интервалов и зависят от структуры измерительных и вычислительных процедур.

Во второй главе формализуется интервальная динамика и показывается, что дифференциальные уравнения движения возникают как предельный точечный след областной эволюции при сжатии интервалов и подавлении структурных эффектов. Ускорение интерпретируется как результат перераспределения ресурса и направленности допустимых переходов, а закон $m\dot{v} = F$ — как частный феноменологический режим этой более общей структуры.

В третьей главе рассматриваются основные физические режимы направленности. Показано, как трение возникает из сужения допустимых переходов, гравитация — из глобальной направленности, гидродинамика — из распределённой интервальной эволюции, а электродинамика — из направленности каналов переноса между локальностями.

Заключительная глава содержит конструктивные примеры, в которых направленность и необратимость возникают в конечных системах локальностей без обращения к вероятностям, континуальным полям или классическим силовым законам.

Таким образом, настоящий том демонстрирует, что классическая физика может быть понята как согласованная проекция более глубокой интервально-направленной онтологии, в которой первичны не силы, поля и траектории, а структура допустимых эволюций и способы её стабилизации.

Глава 1

Интервальный язык физики

1.1. Введение

В настоящей главе предлагается онтологический сдвиг в языке физического описания, касающийся не конкретных теорий, уравнений или моделей, а самого типа физических утверждений. Речь идёт не о пересмотре эмпирических результатов и не о замене существующих формализмов, а о переопределении того, что считается элементарным фактом физического языка.

В традиционном синтаксисе физики таким фактом выступает числовое значение величины. Интервалы, допуски и области допустимости при этом трактуются как вторичные эпистемические добавления — следствия ограничений измерения, шумов или несовершенства приборов. Число, напротив, наделяется онтологическим статусом и интерпретируется как непосредственное выражение физической реальности.

В данной главе предлагается альтернативная онтология синтаксиса, в которой первичным объектом физического утверждения является не число, а *интервал допустимости*. Числовые значения рассматриваются как производные следы операций замыкания и фиксации, осуществляемых в рамках конкретных измерительных, вычислительных и режимных процедур.

Важно подчеркнуть, что предлагаемый подход не отрицает корректность классических уравнений, численных предсказаний и вычислительных методов. Он не вводит новых физических сущностей и не требует модификации экспериментальной практики. Изменяется лишь статус числа: из онтологического факта оно переходит в эпистемический след стабилизации допустимой области.

Мотивация такого сдвига носит прагматический характер. Современная физика и инженерная практика всё чаще сталкиваются с задачами, в которых

- параметры заданы диапазонами, а не точками;
- режимы важнее средних значений;
- корректность вывода определяется устойчивостью последствий, а не точностью отдельных чисел;
- полная дискретизация параметрического пространства приводит к вычислительной неразрешимости.

В этих условиях точечный синтаксис оказывается не столько неверным, сколько недостаточно выразительным. Он скрывает операции замыкания и стабилизации, которые фактически выполняются в каждой реальной задаче, и тем самым порождает псевдопроблемы, свя-

занные с онтологизацией чисел, дискретности и точечных состояний.

Цель данной главы состоит в том, чтобы сделать эти операции явными и сформулировать минимальный формализм, в котором физические утверждения изначально выражаются через допустимые области, а числа возникают как вторичный и контекстно-зависимый результат.

Дальнейшее изложение построено следующим образом. Сначала фиксируется базовый принцип интервального языка и анализируется традиционный точечный синтаксис. Затем вводится новый тип утверждений, минимальный набор формальных примитивов и алгоритмическая схема анализа последствий. Отдельное внимание уделяется вычислительным аспектам, матричному представлению конечных множеств условий и ограничениям точечного отображения. В заключительной части обсуждается роль замыкания в возникновении чисел и квантования, а также переопределяются ключевые понятия физического языка.

1.2. Базовый принцип

Физические величины не задаются точками. Они задаются интервалами допустимости, а числа возникают как эффекты замыкания интервалов.

Речь идёт не об “учёте погрешностей” и не о статистическом сопровождении точечных значений, а о смене базового синтаксиса: интервал выступает первичным носителем физического утверждения, тогда как точка—производным следом процедуры фиксации.

1.3. Традиционный синтаксис физических утверждений

В стандартной практике физического описания (далее — *точечный синтаксис*) физические величины формулируются в виде точечных численных равенств, например:

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}, \quad e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2.$$

Результаты измерений и вычислений при этом, как правило, сопровождаются указанием погрешности или статистического доверительного интервала, выражающего надёжность полученного численного значения и условия его воспроизводимости.

Важно отметить, что в рамках данного синтаксиса интервальные оценки не рассматриваются как первичная форма физического утверждения. Напротив, они интерпретируются как вторичные характеристики, отражающие:

- ограничения измерительных приборов;
- стохастические флуктуации и шум;
- несовершенство методик измерения и обработки данных.

В результате точечное численное значение приобретает онтологический статус, тогда как интервал допустимости рассматривается как эпистемическое сопровождение, не принадлежащее самому физическому факту. Физическая величина отождествляется с числом, а интервальная структура допускается лишь как внешняя мера неопределённости, подлежащая минимизации.

1.4. Новый базовый тип утверждения

В предлагаемом языке (далее: *интервальный язык*) базовое утверждение имеет вид:

$$x \in \mathcal{I}(x),$$

где $\mathcal{I}(x)$ —интервал (или, в общем случае, допустимая область) реализаций величины x в заданном контексте.

Определение 1 (Интервал допустимости). *Интервалом допустимости величины x называется множество $\mathcal{I}(x) \subseteq \mathbb{R}$ значений, совместимых с условиями реализации, наблюдения и фиксации в данном контексте.*

Замечание 1. Слово “интервал” здесь следует понимать широко: в простейшем случае это отрезок $[x^-, x^+]$, но в более общем виде—любой допустимый “коридор” значений (включая многомерные области для векторных величин).

1.4.1. Правила формирования дискретных параметров

В рамках рассматриваемого подхода физические параметры не предполагаются априори непрерывными. Вместо этого каждый параметр задаётся как конечное множество допустимых значений, определяемое через операционально различимую шкалу.

Определение. Параметр g определяется как отображение

$$g : \{k_{\min}, \dots, k_{\max}\} \subset \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R},$$

где $\Delta > 0$ — фиксированный шаг параметра, соответствующий минимальной различимой единице шкалы. В дальнейшем для определённости полагается $\Delta = 0.01$.

Множество допустимых значений параметра g имеет вид

$$G := \{g(k) \mid k = k_{\min}, \dots, k_{\max}\},$$

и является конечным и полностью заданным.

Замечание. Множество G не рассматривается как дискретизация непрерывного интервала $[g(k_{\min}), g(k_{\max})]$. Напротив, именно множество G и задаёт полное пространство допустимых значений параметра в рамках модели. Значения, не принадлежащие G , не являются физически различимыми и не входят в область определения параметра.

Такое задание параметра исключает неявные предположения о непрерывности, гладкости или существовании значений “между” соседними элементами множества G . Любые уточнения шкалы параметра допускаются только как локальная аналитическая процедура, обусловленная структурой отображения в пространстве критериев, и не изменяют исходного определения параметра.

Пример. В качестве иллюстрации рассмотрим параметр g , интерпретируемый как ускорение свободного падения. В рамках принятой шкалы различимости с шагом $\Delta = 0.01$ параметр g задаётся конечным множеством

$$G = \{9.78, 9.79, 9.80, 9.81, 9.82\}.$$

Данное множество G полностью определяет область допустимых значений параметра g в модели. Числовые значения, не принадлежащие G , такие как 9.782 или 9.805, не рассматриваются как физически различимые и не входят в область определения параметра. Соответственно, любые вычисления критериев или режимов, зависящих от g , выполняются исключительно для элементов множества G .

Такое задание параметра исключает необходимость апелляции к непрерывному интервалу и позволяет формулировать гарантии и оценки непосредственно на конечном пространстве условий.

1.4.2. Минимальный набор примитивов

В данном разделе фиксируется минимальный набор формальных примитивов, необходимых для работы с моделями, в которых аргументом является не отдельное значение, а множество допустимых условий. Набор намеренно удерживается минимальным: не эстетически завершённым, а достаточным для корректного анализа.

1. Множество условий как первичный объект

Аксиома 1 (Онтологическая). *Базовым объектом анализа является не точка x , а множество допустимых условий*

$$X \subseteq \mathcal{U},$$

где \mathcal{U} — универсальное пространство условий. Точка $x \in \mathcal{U}$ рассматривается как частный случай множества.

Данное положение фиксирует приоритет множеств условий над их точечными представлениями и является необходимым для дальнейших построений.

2. Отображение множеств

Примитив P1 (образ множества). Пусть задано отображение

$$f : \mathcal{U} \rightarrow \mathcal{Y}.$$

Ему сопоставляется оператор образа множества

$$F(X) := \{f(x) \mid x \in X\}.$$

Оператор F рассматривается как первичный объект, а не как формальное расширение отображения f с точек на множества.

3. Аппроксимации образа

Поскольку точное вычисление $F(X)$ в общем случае недостижимо, вводится пара сопряжённых операторов аппроксимации.

Примитив P2 (верхняя аппроксимация).

$$\overline{F}(X) \supseteq F(X).$$

Примитив P3 (нижняя аппроксимация).

$$\underline{F}(X) \subseteq F(X).$$

Наличие обеих аппроксимаций является принципиальным: отсутствие верхней аппроксимации ведёт к недоопределённости, отсутствие нижней — к неконтролируемому вычислительному уточнению.

4. Неразличимость условий

Примитив Р4 (отношение неразличимости). Для заданного порога $\tau > 0$ условия X_1 и X_2 считаются неразличимыми, если

$$X_1 \sim_\tau X_2 \iff \text{dist}(\overline{F}(X_1), \overline{F}(X_2)) \leq \tau.$$

Отношение неразличимости определяется по последствиям в пространстве исходов и является более фундаментальным, чем любая метрика в пространстве условий \mathcal{U} . Разбиение пространства условий производится по различимости образов, а не по параметрическим расстояниям.

5. Разбиение множества условий

Примитив Р5 (декомпозиция). Множество условий может быть разложено в дизъюнктное объединение

$$X = \bigcup_i X_i, \quad X_i \cap X_j = \emptyset, \quad i \neq j.$$

Разбиение считается допустимым только в том случае, если оно приводит к изменению структуры образа, то есть если $\overline{F}(X_i)$ различимы в смысле отношения \sim_τ . Данное требование принципиально отличает предлагаемый подход от равномерных параметрических сеток.

6. Порядок на исходах

Примитив Р6 (частичный порядок). В пространстве исходов \mathcal{Y} задаётся частичный порядок

$$y_1 \preceq y_2,$$

интерпретируемый в соответствии с контекстом задачи (например, хуже/лучше, допустимо/недопустимо, доминирует/недоминирует).

Использование частичного порядка позволяет формулировать выводы без обращения к усреднённым или “репрезентативным” значениям.

7. Критерий останова

Примитив Р7 (стабилизация образа). Процесс разбиения множества условий X прекращается, если выполняется приближённое равенство

$$\bigcup_i \overline{F}(X_i) \approx \overline{F}(X),$$

и дальнейшее уточнение не приводит к появлению новых структур в пространстве исходов \mathcal{Y} .

Данный критерий обеспечивает конечность процедуры анализа и исключает неограниченное уточнение без изменения содержательных выводов.

1.4.3. Детекторы структуры в пространстве исходов

Формализуем детекторы структуры для дискретного набора наблюдений

$$(g_i, y_i), \quad i = 1, \dots, N,$$

где

$$g_1 < \dots < g_N, \quad y_i \in \mathbb{R}^m.$$

Рассматриваемый набор интерпретируется как полный набор допустимых реализаций параметра g в рамках выбранной шкалы различимости. Анализ проводится без привлечения вероятностных предположений и без использования усреднённых значений в качестве репрезентативных.

Целью детекторов является выявление интервалов, в которых локальное уточнение шкалы параметра является содержательно оправданным.

Обозначения. Для соседних значений параметра вводятся приращения

$$\Delta g_i := g_{i+1} - g_i.$$

В скалярном случае ($m = 1$) определим дискретный наклон

$$s_i := \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta g_i}.$$

В случае $m > 1$ величина s_i является вектором, и анализ проводится покомпонентно либо с использованием частичного порядка.

Вводятся численные допуски:

$$\varepsilon_s \quad (\text{для наклонов}), \quad \varepsilon_c \quad (\text{для кривизны}).$$

Эти параметры характеризуют численную различимость в рамках модели и не связаны с погрешностями измерения.

1. Детекторы монотонности ($m = 1$).

Строгая дискретная монотонность. Функция $y(g)$ дискретно неубывает, если

$$y_{i+1} - y_i \geq 0 \quad \forall i,$$

и невозрастает, если

$$y_{i+1} - y_i \leq 0 \quad \forall i.$$

Практический детектор. С учётом численного допуска монотонность считается выполненной, если

$$y_{i+1} - y_i \geq -\varepsilon_s \quad \forall i$$

(аналогично для невозрастающей зависимости).

Нарушение монотонности. Интервал $[g_i, g_{i+1}]$ помечается как подозрительный, если

$$(y_{i+1} - y_i) \sigma < -\varepsilon_s,$$

где $\sigma = +1$ соответствует ожиданию неубывания, $\sigma = -1$ — невозрастания. При отсутствии априорного тренда анализируется смена знака приращений.

Критерий локального уточнения. Если существуют $i < j$ такие, что

$$y_{i+1} - y_i > \varepsilon_s, \quad y_{j+1} - y_j < -\varepsilon_s,$$

то фиксируется смена тренда и допускается наличие экстремума между соответствующими узлами, что служит основанием для локального уточнения шкалы параметра.

2. Детекторы выпуклости ($m = 1$).

На неравномерной сетке анализ проводится через наклоны s_i .

Дискретная выпуклость. Функция $y(g)$ выпукла, если

$$s_{i+1} - s_i \geq 0 \quad \forall i,$$

и вогнута, если

$$s_{i+1} - s_i \leq 0 \quad \forall i.$$

С учётом допуска:

$$s_{i+1} - s_i \geq -\varepsilon_c.$$

Смена выпуклости (инфлексия). Тройка узлов $(i, i + 1, i + 2)$ считается подозрительной, если

$$(s_{i+1} - s_i)(s_{i+2} - s_{i+1}) < -\varepsilon_c^2.$$

Параболический экстремум. Экстремум между g_i и g_{i+1} возможен, если

$$s_i > \varepsilon_s, \quad s_{i+1} < -\varepsilon_s,$$

или наоборот, что соответствует наличию левой и правой ветвей.

3. Векторный выход ($m > 1$).

Покомпонентный детектор. Скалярные детекторы применяются к каждой компоненте $y^{(k)}$.

Интервал считается подозрительным, если

$$\exists k : \text{Flag}_k(i) = \text{true}.$$

Детектор по частичному порядку (Pareto). Вводится порядок

$$y \preceq y' \iff \forall k : y^{(k)} \leq y'^{(k)}.$$

Дискретная монотонность соответствует условию

$$y_i \preceq y_{i+1} \quad \forall i.$$

Несравнимость

$$\neg(y_i \preceq y_{i+1}) \wedge \neg(y_{i+1} \preceq y_i)$$

рассматривается как индикатор структурного или режимного перелома.

4. Детекторы режимов.

Пусть задан режимный предикат

$$P : \mathbb{R}^m \rightarrow \{0, 1\}.$$

Смена режима. Интервал $[g_i, g_{i+1}]$ является кандидатом на границу режима, если

$$P(y_i) \neq P(y_{i+1}).$$

Множественные режимы. Для набора предикатов $\{P_1, \dots, P_K\}$ вводится режимное состояние

$$R(y) := (P_1(y), \dots, P_K(y)) \in \{0, 1\}^K.$$

Смена режима фиксируется при

$$R(y_i) \neq R(y_{i+1}).$$

5. Подозрительные интервалы и правило уточнения.

Для каждого интервала $[g_i, g_{i+1}]$ вводятся флаги:

- $\text{Flag}_{\text{mode}}(i)$: $R(y_i) \neq R(y_{i+1})$;
- $\text{Flag}_{\text{mono}}(i)$: нарушение монотонности или смена знака приращений;
- $\text{Flag}_{\text{curv}}(i)$: нарушение или смена выпуклости;
- $\text{Flag}_{\text{pareto}}(i)$: несравнимость y_i и y_{i+1} ($m > 1$).

Правило уточнения формулируется следующим образом:

1. если $\text{Flag}_{\text{mode}}(i)$ — уточнение обязательно;
2. иначе, если $\text{Flag}_{\text{mono}}$, $\text{Flag}_{\text{curv}}$ или $\text{Flag}_{\text{pareto}}$ — уточнение допустимо локально;
3. иначе — уточнение не производится.

Замечание. Предложенные детекторы не доказывают отсутствия структуры между узлами сетки. Их назначение состоит в выявлении обоснованных поводов для локального уточнения. Уточнение производится исключительно в ответ на проявленную структуру в пространстве исходов \mathcal{Y} .

Алгоритм (псевдокод). Пусть задан дискретный набор узлов $\{g_i\}_{i=1}^N$ и соответствующие значения $y_i = f(g_i)$. Тогда процедура выявления интервалов для локального уточнения может быть записана в следующем виде:

```
for i = 1..N-1:
  compute flags: Flag_mode(i), Flag_mono(i), Flag_curv(i), Flag_pareto(i)
  if Flag_mode(i):      mark interval [g_i, g_{i+1}] for refinement (mandatory)
  else if Flag_mono(i) or Flag_curv(i) or Flag_pareto(i):
    mark interval [g_i, g_{i+1}] for refinement (optional)
  return list of marked intervals
```

Сравнение с интервальным анализом. Интервальный анализ рассматривает параметр как непрерывный отрезок и распространяет операции на интервалы, получая гарантированную, но зачастую грубую верхнюю оболочку результата за счёт накопления консервативности (в частности, из-за зависимости переменных и раздувания оценок при композиции отображений). Предлагаемый подход не требует априорного предположения о непрерывности и работает с конечным пространством допустимых реализаций, выделяя локальные области для уточнения исключительно в ответ на проявленную структуру в пространстве исходов (смену режима, нарушение монотонности, смену выпуклости или несравнимость по частичному порядку). В этом смысле интервал используется как допустимая область, но не как универсальная форма представления неопределённости.

1.5. Отображение параметрического пространства в критериальное

Рассмотрим задачу отображения параметрического множества допустимых условий в пространство критериев. Пусть задано отображение

$$f : X \rightarrow Y,$$

где X — множество допустимых значений параметров, а Y — пространство исходов (критериев, режимов или их комбинаций).

Замечание (ограниченность линейного случая). В случае линейного и монотонного отображения интервального параметрического пространства в скалярный критерий границы критериального интервала вычисляются как значения функции на минимальной и максимальной вершинах параметрического гиперкуба. Вне этого узкого класса процедура вырождается в аппроксимацию worst-case / best-case и, в общем случае, не определяет точные границы критериального пространства.

Данное наблюдение фиксирует принципиальное ограничение всех методов, опирающихся на экстремальные значения параметров: вне линейно-монотонного класса они дают лишь гарантированную, но потенциально грубую оболочку образа.

1.5.1. Почему именно гиперкуб

В качестве базовой формы параметрического множества используется гиперкуб

$$X = \prod_{i=1}^n [a_i, b_i].$$

Его выбор обусловлен не геометрической простотой, а совокупностью структурных и алгоритмических свойств.

Факторизация неопределённости. Гиперкуб естественным образом представляется в виде декартова произведения

$$X = X_1 \times X_2 \times \cdots \times X_n, \quad X_i = [a_i, b_i].$$

Это позволяет:

- дробить пространство по одному измерению;
- временно фиксировать слабочувствительные параметры;
- анализировать чувствительность по отдельным осям.

Каноническая иерархия разбиений. Для гиперкуба существует естественная и детерминированная схема уточнения: бинарные разбиения, структуры типа *kd-tree* или *octree*. Это обеспечивает алгоритмическую конечность процедуры без эвристического выбора формы ячеек.

Устойчивость к анизотропным отображениям. Практически все реальные отображения f обладают анизотропией: по одним направлениям пространство растягивается, по другим — сжимается. Гиперкуб сохраняет интерпретируемость при таких искажениях, в то время как изотропные формы (например, шары) быстро теряют информативность.

Совместимость с worst/best-case. Экстремальные значения критерия либо достигаются на вершинах гиперкуба, либо локализуются в процессе разбиения. Это не является строгой гарантией, но представляет собой осознанную и управляемую стратегию анализа.

1.5.2. Гиперкуб в логике диапазонного анализа

Важно подчеркнуть, что гиперкуб не является утверждением о структуре физического мира. Он используется как эпистемический инструмент.

Не предполагается, что:

- параметры ортогональны по своей природе;
- неопределённость изначально независима по координатам.

Предполагается лишь выбор базиса различимости, в котором параметры считаются независимыми до появления содержательных оснований утверждать обратное. Это минимальное и честное допущение.

1.5.3. Алгоритм построения образа множества

Пусть задано параметрическое множество

$$X = \prod_{i=1}^n [a_i, b_i],$$

и отображение $f : X \rightarrow Y$. Рассмотрим следующую схему построения покрытия образа.

Инициализация.

$$\mathcal{C} := \{X\}.$$

Итерация. Для каждого $C \in \mathcal{C}$:

- вычислить верхнюю оболочку образа \bar{Y}_C ;
- оценить её диаметр $\text{diam}(\bar{Y}_C)$.

Если

$$\text{diam}(\bar{Y}_C) \leq \tau,$$

то ячейка C сохраняется без дальнейшего разбиения. Иначе:

- выбирается координата i с наибольшей чувствительностью;
- ячейка C разрезается по координате i на два подгиперкуба;
- C заменяется полученными ячейками.

Процедура повторяется до стабилизации покрытия образа.

1.5.4. Принципиальные свойства подхода

В рамках данной схемы:

- не ищется *репрезентативная точка*;
- строится покрытие всего образа множества;
- критерий остановки формулируется в пространстве Y , а не в X .

Гиперкуб является минимальной структурой, позволяющей реализовать эти требования в явном алгоритмическом виде.

1.5.5. Ограничения и область применимости

Использование гиперкубов имеет известные ограничения:

- плохо выявляются узкие диагональные структуры;
- возможна избыточная ширина оболочки при сильных корреляциях параметров.

Однако такие ситуации диагностируются по росту ширины \bar{Y} . В ответ может быть применён поворот базиса или переход к более выразительным формам (например, зонтонам) после выявления соответствующей структуры. Ключевым является то, что искажение выявляется явно, а не маскируется усреднением.

Итог. Гиперкуб представляет собой минимальную параметрическую структуру, которая позволяет честно охватывать весь диапазон допустимых условий и при этом сохранять вычислительную управляемость процедуры анализа.

1.6. Обратное критериальное отображение и устойчивые области условий

До настоящего момента рассматривалось прямое отображение допустимых условий

$$F : X \rightarrow Y,$$

которое каждой области условий X сопоставляет множество возможных исходов $F(X) \subset Y$. Однако в реальных задачах анализа и идентификации существенным является обратный вопрос: какие условия в X совместимы с наблюдаемой или выявленной структурой в пространстве исходов Y .

Пусть $K \subset Y$ обозначает выделенную область в пространстве исходов, например:

- режимную зону;
- границу смены режима;
- Pareto-фронт;
- область немонотонности или структурного перелома.

Определение 2 (Обратный образ по критерию). Для отображения $f : X \rightarrow Y$ определим оператор обратной допустимости

$$B(K) := \{x \in X \mid f(x) \in K\}.$$

Множество $B(K)$ представляет собой область условий, совместимых с критериальной структурой K в пространстве исходов.

Оператор B не является обратной функцией в аналитическом смысле: в общем случае отношение между X и Y является многозначным (М:М), и множество $B(K)$ может быть несвязным, высокоразмерным и существенно недоопределённым.

Для выделения устойчивых интерпретаций вводится функционал устойчивости, определённый на областях условий.

Пусть $C \in B(K)$ — область условий, а $F(C) \subset Y$ — её образ. Определим

$$E(C) := \text{diam}(F(C)).$$

Область оптимально устойчивых условий задаётся как

$$C^*(K) := \text{Argmin}_{C \in B(K)} \text{diam}(F(C)).$$

Замечание. Стандартные лагранжевы и ККТ-методы оптимизации возникают как частный случай данной схемы, когда множество $B(K)$ задаётся системой ограничений, а функционал E выбирается скалярным. В интервальном языке они интерпретируются как частные формы оператора фиксации, а не как онтологическое восстановление “реальных” значений параметров.

Функционал устойчивости через диаметр образа. Поскольку в интервальном языке критерий останова и содержательная различимость формулируются в пространстве исходов Y , естественным выбором функционала устойчивости является ширина (диаметр) множества последствий.

Пусть $C \subset X$ — область условий (ячейка, область неразличимости, локальная зона), а $F(C) \subset Y$ — её образ в пространстве исходов. Определим функционал

$$E(C) := \text{diam}(F(C)),$$

где $\text{diam}(\cdot)$ вычисляется в выбранной метрике (или полу-норме) на Y , зафиксированной порогом различимости τ .

Тогда область оптимально устойчивых условий, согласованных с критериальной структурой $K \subset Y$, определяется как

$$C^*(K) := \text{Argmin}_{C \in B(K)} \text{diam}(F(C)).$$

Иными словами, оптимальными считаются те области условий, для которых множество достижимых исходов наиболее “узко” в Y , то есть последствия максимально устойчивы к вариациям условий внутри области.

Замечание. В частном случае, когда C параметризуется конечномерно (например, гиперкубом с переменными границами), постановка сводится к стандартной задаче оптимизации с ограничениями, где допустимы лагранжевы/ККТ-методы. В интервальном языке это интерпретируется как частная форма операции фиксации (выделения устойчивой области), а не как восстановление единственной “истинной” точки параметров.

1.7. Матричное представление конечных множеств условий

Для практической реализации предложенного диапазонного формализма удобно использовать матричное представление конечных множеств условий. При этом матрица рассматривается не как объект линейной алгебры, а как компактная форма кодирования конечного множества сценариев.

1.7.1. Объекты

Определение 3 (Сценарная матрица). Пусть \mathcal{U} — пространство условий (обычно \mathbb{R}^d). Сценарной матрицей называется матрица

$$S \in \mathcal{U}^{N \times d},$$

где каждая строка S_{i*} соответствует одному сценарию (одной допустимой реализации условий).

Сценарной матрице S сопоставляется конечное множество

$$\llbracket S \rrbracket := \{ S_{i*} \mid i = 1, \dots, N \} \subseteq \mathcal{U}.$$

Инвариант (семантика). Все операции над сценарными матрицами определяются через соответствующие множества $\llbracket S \rrbracket$, а не через линейную структуру матрицы S .

Определение 4 (Сценарный вектор). Для одномерного параметра ($d = 1$) сценарная матрица вырождается в столбец

$$g \in \mathbb{R}^{N \times 1},$$

который интерпретируется как конечное множество допустимых значений параметра.

1.7.2. Допустимые операции (алгебра сценариев)

Операции над сценарными матрицами интерпретируются как операции над конечными множествами условий.

Конструкции множеств условий

Объединение. Для сценарных матриц S и T операция объединения соответствует объединению множеств строк:

$$\llbracket \text{Union}(S, T) \rrbracket = \llbracket S \rrbracket \cup \llbracket T \rrbracket.$$

Пересечение.

$$\llbracket \text{Inter}(S, T) \rrbracket = \llbracket S \rrbracket \cap \llbracket T \rrbracket.$$

Разность.

$$\llbracket \text{Diff}(S, T) \rrbracket = \llbracket S \rrbracket \setminus \llbracket T \rrbracket.$$

Декартово произведение

Для независимых параметров, представленных сценарными матрицами $S \in \mathbb{R}^{N \times d_1}$ и $T \in \mathbb{R}^{M \times d_2}$, определяется операция произведения:

$$\llbracket \text{Prod}(S, T) \rrbracket = \llbracket S \rrbracket \times \llbracket T \rrbracket,$$

результатом которой является сценарная матрица размера $(NM) \times (d_1 + d_2)$. Данная операция обеспечивает полное покрытие комбинаций параметров без привлечения вероятностных предположений.

Отображение модели

Пусть задано отображение

$$f : \mathcal{U} \rightarrow \mathcal{Y}.$$

Отображение сценариев. Определяется операция

$$\text{Map}_f(S) := \begin{pmatrix} f(S_{1*}) \\ \vdots \\ f(S_{N*}) \end{pmatrix},$$

где каждая строка соответствует результату применения модели к одному сценарию. Семантически выполняется

$$\llbracket \text{Map}_f(S) \rrbracket = f(\llbracket S \rrbracket).$$

Сводки по множеству

Следующие операции разрешены, однако их результат не является новым сценарием, а представляет собой характеристику множества.

Экстремумы. Для $Y \in \mathbb{R}^{N \times m}$:

$$\text{Min}(Y), \text{Max}(Y) \in \mathbb{R}^{1 \times m}.$$

Прямоугольная оболочка.

$$\text{Hull}_{\square}(Y) := [\text{Min}(Y), \text{Max}(Y)],$$

что задаёт верхнюю аппроксимацию множества исходов.

Парето-множество. При частичном порядке “не хуже по всем координатам” определяется множество недоминируемых элементов

$$\text{Pareto}(Y) \subseteq \llbracket Y \rrbracket.$$

Режимы и предикаты

Пусть задан предикат

$$P : \mathcal{Y} \rightarrow \{\text{true}, \text{false}\}.$$

Фильтрация сценариев.

$$\llbracket \text{Filter}_P(S) \rrbracket = \{ x \in \llbracket S \rrbracket \mid P(f(x)) = \text{true} \}.$$

Кванторы.

$$\exists_P(S) := \exists x \in \llbracket S \rrbracket : P(f(x)), \quad \forall_P(S) := \forall x \in \llbracket S \rrbracket : P(f(x)).$$

Уточнение без случайности

Разбиение. Если сценарии получены из ячеек (гиперкубов), допускается их детерминированное разбиение с последующей генерацией новых сценариев.

Обогащение. Для детерминированного правила Φ :

$$\text{Enrich}(S, \Phi) := \text{Union}(S, \Phi(S)).$$

Правило Φ не является вероятностным и зависит только от выявленной структуры образа.

1.7.3. Запрещённые операции

Следующие операции запрещены семантически, поскольку они интерпретируют сценарную матрицу как элемент векторного пространства:

- линейные комбинации сценариев $\alpha S + \beta T$;
- усреднение как замена множества одной точкой;
- нормы, скалярные произведения и спектральные разложения матриц сценариев.

Такие операции допустимы только при явном переходе к иной семантике (например, анализ данных), но не в рамках алгебры множеств условий.

1.7.4. Связь с образом множества

Сценарная матрица S является конечным представлением множества условий X . Операция $\text{Map}_f(S)$ реализует конечное представление образа $F(X)$, а прямоугольная оболочка соответствует верхней аппроксимации $\bar{F}(X)$. Операции фильтрации и кванторов реализуют анализ в пространстве режимов, а процедуры Split и Enrich обеспечивают управляемую детализацию без полного перебора континуума.

Минимальный замкнутый набор. Для практического применения достаточно следующих операций:

$$\text{Union}, \text{Prod}, \text{Map}_f, \text{Filter}_P, \exists/\forall, \text{Hull}_{\square}, \text{Min/Max}, \text{Enrich}.$$

Этого набора достаточно для реализации полной алгебры сценариев.

1.7.5. Ограничения точечного отображения и переход к областям

В завершение рассмотрим два принципиальных ограничения точечного отображения сценарных матриц, которые требуют явного исправления в рамках честного диапазонного анализа.

1. Проблема фиксации параметров по строкам.

Формула

$$\text{Map}_f(S) := \begin{pmatrix} f(S_{1*}) \\ \vdots \\ f(S_{N*}) \end{pmatrix}$$

молча предполагает, что каждая строка S_{i*} представляет собой физически осмысленную фиксацию параметров.

Однако в диапазонной постановке задачи это предположение не обосновано. Параметры не являются фиксированными величинами, а каждая строка сценарной матрицы представляет собой лишь одну из возможных выборов из множества допустимых условий. Без дополнительной структуры такая строка не обладает привилегированным статусом по сравнению с любой другой.

В этом виде оператор Mar_f корректен лишь в частных случаях:

- для крайних значений параметров (min/max);
- для заранее выделенных режимных или пороговых точек.

В общем случае точечное отображение представляет собой необоснованную дискретизацию диапазона.

Исправление. Для устранения данного ограничения необходимо изменить базовый объект отображения. Вместо интерпретации строки как точки вводится *ячейка условий*

$$C_i \subseteq \mathcal{U},$$

представляющая область допустимых значений параметров. Тогда корректным оператором является не точечное отображение, а отображение области:

$$\text{Eval}_f(C_i) := \overline{f(C_i)},$$

где результатом является гарантированная оболочка образа области.

В этом подходе строки сценарной матрицы интерпретируются не как отдельные значения параметров, а как представления ячеек гиперкуба, областей неразличимости или режимных зон. Вопрос о «фиксации параметров» тем самым снимается: ничто не фиксируется, анализируется образ области.

2. Проблема декартового взрыва.

Наивное построение сценарной матрицы в виде полного декартова произведения

$$S = G_1 \times G_2 \times \cdots \times G_n$$

и последующее построчное применение Mar_f приводит к экспоненциальному росту числа вычислений. Данное поведение не является дефектом реализации, а отражает принципиальную несостоятельность наивной дискретизации многомерных диапазонов.

Исправление. Ключевой сдвиг состоит в переходе от перебора комбинаций параметров к анализу режимов и границ последствий. Это достигается следующими приёмами.

(a) *Подъём уровня анализа.* Вместо вычисления $f(x)$ для отдельных точек x рассматривается образ целой области:

$$\overline{f([a_1, b_1] \times \cdots \times [a_n, b_n])}.$$

Это один акт анализа вместо экспоненциального числа вызовов. Если полученная оболочка режимно однородна, уточнение не требуется; в противном случае разбиение выполняется только по критичным координатам.

(b) *Декомпозиция по режимам.* Разбиение пространства условий производится не по координатам как таковым, а по сменам режимов или предикатов в пространстве исходов. Внутри режимно однородных областей дальнейшее дробление запрещено.

(с) *Адаптивное уточнение с жёстким критерием останова.* Процесс уточнения прекращается, когда стабилизируются:

- режимы;
- границы worst/best-case;
- множество достижимых исходов.

Остановка определяется в пространстве Y , а не по «мелкости» разбиения в X .

3. Исправленная формулировка отображения.

В минимальной корректной форме алгебра отображений должна быть переформулирована следующим образом:

не $\text{Map}_f : \text{точки} \rightarrow \text{точки}$, а $\text{Eval}_f : \text{области} \rightarrow \text{оболочки исходов}$.

Здесь областью является ячейка диапазона, а результатом — гарантированный коридор возможных исходов. Уточнение допускается исключительно в ответ на изменение режима или расширение границ последствий.

Итог. Точечная фиксация параметров и полный декартов перебор не являются реализацией диапазонного анализа, а представляют собой его вырождение. Корректный подход требует:

- замены точек областями;
- анализа образов областей, а не отдельных значений;
- адаптивного уточнения по структуре в пространстве исходов.

Эти условия не ослабляют формализм, а задают границы его корректного применения.

1.8. Замыкания: как возникают числа

Интервальный язык утверждает: “число” появляется не как первичная данность, а как след операции замыкания (и/или стабилизации) над интервалом допустимости.

Определение 5 (Оператор замыкания). *Оператором замыкания называется отображение*

$$\text{cl} : \mathcal{P}(\mathbb{R}) \rightarrow \mathcal{P}(\mathbb{R}),$$

которое каждой области допустимости сопоставляет “замкнутую” область, удовлетворяющую выбранному критерию устойчивости/совместимости/фиксации.

Интуитивно: замыкание—это процедура, которая превращает “сырую” допустимость в “устойчивую” допустимость. В конкретных физических практиках роль cl может играть:

- процедура калибровки и эталонирования;
- фиксированный протокол измерения и обработки;
- ограничение на разрешение и стабильность прибора;
- структурные ограничения (например, периодичности фаз, топология).

Определение 6 (Число как след замыкания). *Числом фиксации величины x назовём любую выделенную точку $\hat{x} \in \text{cl}(\mathcal{I}(x))$, выбранную функционалом фиксации ϕ :*

$$\hat{x} = \phi(\text{cl}(\mathcal{I}(x))).$$

Замечание 2. Функционал ϕ может быть “центром” (midpoint), медианой, минимизатором функционала ошибки, точкой максимальной правдоподобности и т.п. Важен не выбор ϕ , а вторичность числа относительно $\mathcal{I}(x)$.

Следствие 1 (Числа не являются базовым типом физического факта). В интервальном языке физический факт фиксируется как $\mathcal{I}(x)$; любые точечные значения \hat{x} являются производными следами выбранных операторов cl и ϕ .

1.9. Замыкание как источник квантования

В традиционном языке физики квантование трактуется как первичный факт: величина “принимает дискретные значения”. Такая формулировка делает дискретность онтологической данностью и требует специальных постулатов для её объяснения.

В интервальном языке квантование переопределяется как следствие замыкания допустимости.

1.9.1. Квантование как эффект замыкания

Пусть физическая величина x характеризуется интервалом допустимости $\mathcal{I}(x)$, который определяется условиями реализации и совместимости. Предположим, что для x существует оператор замыкания cl такой, что:

$$\text{cl}(\mathcal{I}(x)) = \bigsqcup_{k \in K} \mathcal{I}(x)_k,$$

где $\{\mathcal{I}(x)_k\}$ — конечное или счётное семейство устойчивых компонент допустимости, не допускающих непрерывного перехода друг в друга без нарушения условий совместимости.

Определение 7 (Квант замыкания). Компонента $\mathcal{I}(x)_k$ называется квантом замыкания, если:

1. она устойчива относительно повторного применения cl ;
2. переход между $\mathcal{I}(x)_k$ и $\mathcal{I}(x)_{k'}$ невозможен без выхода за пределы $\mathcal{I}(x)$.

В этом случае численные “квантованные значения” возникают как следы функционала фиксации ϕ ,

$$\hat{x}_k = \phi(\mathcal{I}(x)_k),$$

а дискретность индекса k отражает не дискретность “вещи самой по себе”, а структуру замыкания допустимости.

Следствие 2 (Дискретность как вторичный эффект). Если интервалы допустимости величины распадаются на устойчивые компоненты при замыкании, то любые процедуры фиксации порождают дискретный спектр значений. Обратное неверно: наличие дискретных чисел не требует дискретной онтологии величины.

1.9.2. Минимальные циклы и фазовые замыкания

Особый класс замыканий возникает, когда допустимость задаётся циклическими условиями совместимости. Пусть параметр θ принадлежит интервалу фазовой допустимости $\mathcal{I}(\theta)$, а условие совместимости требует замыкания при кратности некоторого минимального цикла:

$$\theta \sim \theta + n \Theta_0.$$

Тогда допустимость замыкается не точкой, а классом эквивалентности, и дискретный индекс n возникает как счётчик замыканий.

Замечание 3. В этом смысле числовые “квантовые числа” являются следами топологии замыкания допустимости, а не первичными метками состояний.

1.9.3. Отрицание онтологической дискретности

Интервальный язык позволяет сформулировать жёсткое отрицание распространённой онтологической ошибки:

Квантование не означает, что величина принимает дискретные значения; оно означает, что допустимость реализации замыкается на устойчивые компоненты.

Дискретность относится к *структуре замыкания*, а не к *природе величины*. Между компонентами допустимости отсутствует непрерывная совместимость, но внутри каждой компоненты реализация остаётся интервальной.

Следствие 3 (Квантование без постулатов). *Квантование может быть получено без введения специальных дискретных постулатов, если допустимость величины обладает нетривиальной структурой замыкания.*

1.9.4. Число как след, а не причина

Таким образом, числа, возникающие в квантованных спектрах, не являются причиной устойчивости или различимости состояний. Они являются следами:

- замыкания допустимости;
- выбранной процедуры фиксации;
- устойчивости компонент совместимости.

Попытка онтологизировать числа приводит к ложным вопросам о “происхождении дискретности”. В интервальном языке эти вопросы снимаются на синтаксическом уровне: дискретность возникает не *в мире*, а *в результате замыкания языка допустимости*.

1.9.5. Итог

Квантование есть не свойство величины, а свойство замыкания допустимости.

Это утверждение не отменяет существующих формализмов и численных спектров, но меняет их онтологический статус: числа перестают быть фундаментом и становятся следами структурной стабилизации.

1.9.6. Обратное замыкание по критерию устойчивости

Введённый в настоящей работе язык позволяет формализовать не только прямое отображение допустимых условий в пространство исходов,

$$F : X \rightarrow Y,$$

но и обратный эпистемический ход: переход от наблюдаемой или выявленной структуры в Y к области условий, совместимых с ней.

Пусть $K \subset Y$ обозначает критериальную структуру (режим, границу режима, Pareto-фронт или иную устойчивую область в пространстве исходов). Тогда область условий, согласованных с K , определяется как

$$B(K) := \{x \in X \mid f(x) \in K\}.$$

В общем случае $B(K)$ является множеством высокой размерности и не определяет единственного “набора параметров”. Это отражает принципиальную недоопределённость обратного хода от последствий к условиям.

Для выделения устойчивых интерпретаций вводится функционал замыкания по последствиям. Пусть $C \subset B(K)$ — область условий (ячейка, зона неразличимости или локальная область допустимости), и $F(C) \subset Y$ — её образ. Определим функционал устойчивости

$$E(C) := \text{diam}(F(C)),$$

где диаметр вычисляется в метрике или полу-норме, индуцированной порогом различимости в пространстве исходов.

Тогда область оптимально устойчивых условий, согласованных с K , задаётся как

$$C^*(K) = \text{Argmin}_{C \subset B(K)} \text{diam}(F(C)).$$

Иными словами, “обратное решение” в интервальном языке представляет собой не выбор единственного вектора параметров, а выделение области условий, для которой множество возможных последствий в Y максимально стабилизировано.

В этом смысле оптимальность интерпретируется как форма замыкания: из всех допустимых причин выбирается не точка, а класс условий, наименее чувствительный к вариациям и уточнениям. Численные методы оптимизации (включая лагранжевы и ККТ-процедуры) возникают здесь лишь как частные реализации этого замыкания при конкретной параметризации областей.

1.10. Переопределение ключевых понятий

1.10.1. Параметр

Было: параметр = число.

Становится: параметр = интервал допустимых реализаций.

Число становится:

- либо точкой фиксации внутри $\text{cl}(\mathcal{I}(x))$;
- либо маркером стабилизации (фиксированной процедуры);
- либо следом замыкания в конкретном контексте.

1.10.2. Закон природы

Было: $F = ta$.

Становится: соотношение совместимости интервалов.

Если $m \in \mathcal{I}(m)$ и $a \in \mathcal{I}(a)$, то допустимые значения F задаются оператором композиции допустимостей:

$$F \in \mathcal{I}(F) = \mathcal{I}(m) \circ \mathcal{I}(a),$$

где \circ —оператор согласования (в простейшем случае: интервальное произведение).

Следствие 4 (Законы как операторы допустимости). *В интервальном языке закон природы задаёт не равенство чисел, а оператор, который переводит совместимые интервалы входных величин в интервал допустимости выходной величины.*

1.10.3. Квантование

Было: величина принимает дискретные значения.

Становится: интервал допустимости замыкается минимальным циклом/условием совместимости, а “дискретность” является следом этого замыкания.

Замечание 4. *В этой статье квантование рассматривается как синтаксический факт: дискретность возникает как устойчивый класс совместимых реализаций при замыкании допустимости, а не как первичная “таблица чисел”.*

1.10.4. Константа

Было: константа = фиксированное число.

Становится: константа = устойчивый интервал, инвариантный при изменении контекста в пределах класса применимости.

Иными словами, константа—это “коридор”, переживающий смену реализаций и приборов; точечное значение—частный след фиксации.

1.11. Электрон в новом языке (коротко)

Не: “точечная частица с массой m_e ”.

А: локальность, реализующая:

- минимальный интервал электромагнитного участия;
- устойчивый интервал массы;
- замыкаемые режимы когерентности (как условия совместимости).

Точечность здесь означает: отсутствие разрешаемой внутренней структуры в данном контексте измерения, а не отсутствие онтологической “толщины”.

1.12. Пространство и время

1.12.1. Пространство

Не: множество точек.

А: сеть перекрывающихся интервалов локальности.

Точка есть пересечение (и/или предел замыкания) интервалов локальности.

1.12.2. Время

Не: параметр t как “точка времени”.

А: интервал между фиксациями (границами допустимости).

Момент времени есть фиксация границы интервала.

1.13. Измерение

Было: измерение определяет значение.

Становится: измерение выбирает точку внутри интервала.

Формально: прибор реализует функционал фиксации ϕ над $\text{cl}(\mathcal{I}(x))$:

$$\hat{x} = \phi(\text{cl}(\mathcal{I}(x))) .$$

Разные приборы и протоколы дают разные ϕ и/или разные cl , тем самым выбирая различные точки (или различные замыкания) *одного и того же* интервала допустимости.

Следствие 5 (Различие измерений как различие функционалов фиксации). *Если две измерительные практики задают различные пары (cl_1, ϕ_1) и (cl_2, ϕ_2) , то их численные результаты не обязаны совпадать, оставаясь совместимыми с одной и той же онтологической допустимостью $\mathcal{I}(x)$.*

1.14. Влияние на стандартную физику

В интервальном языке:

- уравнения остаются (как частные формы операторов совместимости);
- числа остаются (как следы фиксации и замыкания);
- вычислительная практика сохраняется.

Меняется только статус числа: из “онтологического факта” оно переходит в эпистемический след замыкания допустимости.

1.15. Влияние на типичные проблемы физики

Интервальный синтаксис убирает (или радикально пересобирает) такие узлы, как:

- “тождественность частиц” (как вопрос о точечном совпадении параметров);
- “почему константы такие точные” (как вопрос о точке вместо коридора);
- “точечность vs поле” (как спор о первичности формы представления);
- “дискретное vs непрерывное” (как спор о числах вместо замыканий).

1.16. Минимальный словарь

- интервал допустимости $\mathcal{I}(x)$
- замыкание cl
- фиксация ϕ
- реализация
- локальность (как интервал участия)
- граница интервала
- совместимость/оператор допустимости

1.17. Финальная формула

Физика описывает не значения, а допустимые области. Значения возникают тогда, когда области замыкаются.

Данная формула выражает не метафору, а структурный факт, который неявно присутствует в большинстве физических теорий и вычислительных практик.

1.17.1. Область как первичный объект физического описания

В реальных физических задачах параметры и величины редко заданы в виде точных числовых значений. На практике они всегда определяются через:

- диапазоны допустимости;
- допуски измерения;
- интервалы существования;
- области устойчивости или реализуемости.

Даже в тех случаях, когда используется точечная нотация, она, как правило, выступает лишь как удобная запись для представления области, сжатой до одного значения в результате дополнительных допущений (идеализации, симметрии, калибровки, выбора режима).

Таким образом, базовым объектом физического описания является не число, а множество допустимых реализаций величины.

1.17.2. Что означает “замыкание” в физическом смысле

Под замыканием области понимается не формальный предельный переход, а операция, в результате которой множество допустимых состояний перестаёт различаться в рамках выбранного языка описания.

Замыкание может происходить по разным причинам:

- из-за ограниченной разрешающей способности измерений;
- вследствие устойчивости режима (внутри которого различия несущественны);
- в результате симметрий или законов сохранения;
- при достижении критерия остановки в анализе последствий.

В этом смысле числовое значение не является первичным фактом, а возникает как *инвариант замкнутой области*, то есть как характеристика множества, которое больше не требует дальнейшего уточнения для рассматриваемых целей.

1.17.3. Связь с классическим формализмом

Классическая физика традиционно использует точечные значения величин, однако эта точечность является результатом молчаливого замыкания допустимых областей.

Например:

- константы считаются точными, поскольку их допустимые диапазоны лежат ниже порога различимости;
- траектории описываются как функции времени, поскольку отклонения внутри устойчивого режима игнорируются;

- параметры среды фиксируются, когда вариации не влияют на качественное поведение системы.

Предлагаемый язык не отрицает классический формализм, а делает явным тот шаг, который в нём обычно выполняется неявно.

1.17.4. Следствие для вычислений и моделирования

В вычислительных моделях числовые значения возникают не как фундаментальные элементы, а как результат:

- анализа образа области условий;
- выявления режимной однородности;
- стабилизации границ последствий.

До момента такого замыкания корректным объектом анализа является не отдельная точка, а диапазон допустимых значений и его образ в пространстве исходов. Попытка преждевременно заменить область одной точкой приводит либо к потере режимов, либо к неконтролируемой чувствительности результатов.

1.17.5. Интерпретация

Финальная формула может быть прочитана следующим образом:

- физический закон задаёт пространство допустимых реализаций;
- измерение, расчёт или режим приводят к замыканию этого пространства;
- числовое значение является вторичным и контекстно-зависимым.

В этом смысле физика оперирует не “истинными значениями”, а устойчивыми областями, а числа выступают как компактные обозначения для замкнутых допустимых диапазонов.

Итог. Число в физике — это не исходная сущность, а результат замыкания допустимой области в выбранном языке описания.

Глава 2

Интервальная динамика

2.1. Области допустимости как первичный объект

В классической механике фундаментальным объектом считается точечное состояние $x(t)$, принадлежащее фазовому пространству. Все уравнения движения формулируются как эволюция таких точек. Однако в онтологии динамики первичным является не точка, а структура допустимых состояний, отражающая ограничения согласования локальностей, доступные ресурсы и направленность эволюции.

Пусть S — пространство возможных состояний системы. Под *интервалом допустимости* будем понимать подмножество

$$I \subseteq S,$$

которое представляет совокупность состояний, совместимых с текущей структурой согласования и наблюдаемости.

Точечное состояние $x \in S$ интерпретируется как предельный случай интервала допустимости, возникающий после операций замыкания и фиксации. Таким образом, интервалы являются онтологически более фундаментальными, чем точки.

2.2. Оператор интервальной эволюции

Динамика системы в интервальном формализме задаётся не уравнением для точек, а оператором образа на множествах:

$$F_{\Delta t} : \mathcal{P}(S) \rightarrow \mathcal{P}(S), \quad I_{t+\Delta t} = F_{\Delta t}(I_t),$$

где $\Delta t > 0$ — фиксированный шаг эволюции.

Оператор $F_{\Delta t}$ отображает интервал допустимых состояний в интервал допустимых состояний на следующем шаге и тем самым кодирует всю динамическую структуру системы.

В отличие от классических отображений фазового пространства, $F_{\Delta t}$ может быть не обратим и не однозначен, что отражает структурную направленность и возможность сужения или расширения множества допустимых эволюций.

2.3. Аппроксимации и связь с допустимыми переходами

В общем случае точное вычисление образа $F_{\Delta t}(I_t)$ недостижимо. Вместо этого используются сопряжённые аппроксимации

$$F_{\Delta t}^-(I_t) \subseteq F_{\Delta t}(I_t) \subseteq F_{\Delta t}^+(I_t),$$

где $F_{\Delta t}^-$ и $F_{\Delta t}^+$ представляют соответственно гарантированно допустимую и максимально возможную области эволюции.

Эти аппроксимации являются не численными приближениями, а отражением структурной неопределённости, порождённой архитектурой каналов согласования и перераспределения ресурса.

Связь с онтологией динамики устанавливается следующим образом. Пусть x_t — фиксированное состояние, полученное из интервала I_t процедурой фиксации. Тогда множество допустимых переходов $D(x_t)$ совпадает, с точностью до операций замыкания и фиксации, с образом соответствующего интервала:

$$D(x_t) \approx F_{\Delta t}(I_t).$$

Таким образом, интервальная динамика и структура допустимых эволюций являются двумя представлениями одной и той же онтологической конструкции: первое — эпистемическое, второе — онтологическое.

2.4. Фазовая структура и дискретная интервальная эволюция

Пусть состояние системы имеет фазовую структуру

$$x = (q, v),$$

где $q \in \mathbb{R}^d$ — координаты, а $v \in \mathbb{R}^d$ — скорости. Тогда интервал допустимости $I_t \subset S$ можно рассматривать как подмножество фазового пространства координат и скоростей.

Дискретная интервальная эволюция за шаг Δt задаётся соотношениями

$$\begin{aligned} q_{t+\Delta t} &\in q_t + v_t \Delta t + I_q^{(\text{res})}, \\ v_{t+\Delta t} &\in v_t + a_t \Delta t + I_v^{(\text{res})}, \end{aligned} \tag{2.1}$$

где $I_q^{(\text{res})}$ и $I_v^{(\text{res})}$ представляют интервалы, возникающие вследствие структурных эффектов согласования локальностей, ограничений каналов и перераспределения ресурса, а a_t является эффективным ускорением, определяемым глобальной и локальной направленностью системы.

Соотношения (2.1) не являются уравнениями движения в классическом смысле. Они описывают допустимую область фазовых состояний после одного шага эволюции и тем самым фиксируют структуру возможных будущих, а не единственную траекторию.

2.5. Замыкание и фиксация

Интервальная динамика описывает эволюцию областей допустимых состояний, а не конкретных траекторий. Для получения наблюдаемой точечной динамики вводятся две операции: замыкание и фиксация.

Пусть cl — оператор замыкания, который устраняет структурные разрывы и обеспечивает топологическую целостность интервала допустимости. Пусть также φ — процедура фиксации, выбирающая репрезентативное состояние из замкнутой области допустимости.

Определение 8 (Точечный след интервальной динамики). *Точечная динамика определяется как*

$$x_{t+\Delta t} = \varphi(cl(F_{\Delta t}(I_t))).$$

Если интервалы $I_q^{(res)}$ и $I_v^{(res)}$ малы по сравнению с основными членами в (2.1), то после замыкания и фиксации получаем приближённые соотношения

$$q_{t+\Delta t} \approx q_t + v_t \Delta t, \quad v_{t+\Delta t} \approx v_t + a_t \Delta t.$$

Таким образом, стандартные дискретные уравнения движения возникают как приближённый точечный след интервальной эволюции.

2.6. Предел малых шагов и восстановление дифференциальных уравнений

Рассмотрим точечный след интервальной динамики в пределе малых шагов. Пусть после операций замыкания и фиксации дискретная эволюция удовлетворяет оценкам

$$q_{t+\Delta t} = q_t + v_t \Delta t + o(\Delta t), \quad v_{t+\Delta t} = v_t + a_t \Delta t + o(\Delta t),$$

где $o(\Delta t)$ обозначает члены более высокого порядка малости.

Тогда

$$\frac{q_{t+\Delta t} - q_t}{\Delta t} = v_t + \frac{o(\Delta t)}{\Delta t}, \quad \frac{v_{t+\Delta t} - v_t}{\Delta t} = a_t + \frac{o(\Delta t)}{\Delta t}.$$

В пределе $\Delta t \rightarrow 0$ (при существовании соответствующих пределов) получаем классические кинематические соотношения

$$\dot{q}(t) = v(t), \quad \dot{v}(t) = a(q(t), v(t), t).$$

Теорема 1 (Классический предел интервальной динамики). *Если точечный след интервальной динамики допускает разложение вида*

$$(q_{t+\Delta t}, v_{t+\Delta t}) = (q_t + v_t \Delta t + o(\Delta t), v_t + a_t \Delta t + o(\Delta t)),$$

то в пределе $\Delta t \rightarrow 0$ получаем систему

$$\dot{q}(t) = v(t), \quad \dot{v}(t) = a(q(t), v(t), t). \quad (2.2)$$

Доказательство. Следует непосредственно из определения производной и приведённых оценок. \square

Формулы (2.2) показывают, что дифференциальные уравнения механики являются не первичными законами, а предельным феноменологическим описанием, возникающим при сжатии интервальных областей допустимости и подавлении структурных эффектов согласования локальностей.

2.7. Ресурсный слой и происхождение ускорения

В онтологии динамики локальности обладают ресурсом, обеспечивающим возможность поддержания согласованных режимов эволюции. Ресурс не является энергией в классическом смысле; он представляет собой структурную способность системы сохранять и изменять конфигурации допустимых переходов.

Пусть каждой локальности сопоставлена функция ресурса

$$R : S \rightarrow \mathbb{R}_{>0},$$

которая количественно характеризует степень инерционности и устойчивости соответствующего состояния.

Изменение структуры допустимых переходов, вызванное перераспределением ресурса по каналам согласования, порождает эффективную направленность эволюции. Именно эта направленность проявляется в интервальной динамике как ускорение.

Определение 9 (Эффективное ускорение). *Эффективным ускорением называется функционал*

$$a_t = \Phi(D(x_t), \nabla D(x_t), R(x_t), \text{каналы}),$$

зависящий от локальной структуры допустимых переходов, её градиентов и ресурсных характеристик системы.

В классических режимах, где ресурсные и структурные параметры допускают редукцию к числам, функционал Φ может быть параметризован в виде

$$a_t = \frac{1}{m(x_t)} F(x_t),$$

где m интерпретируется как инерционная мера локальности, а F — как феноменологическая сила, кодирующая структурный поток ресурса.

Таким образом, закон $m\dot{v} = F$ не является фундаментальным, а представляет собой частный режим, в котором сложная структура допустимых переходов и ресурсных потоков свернута в скалярные параметры.

2.8. Феноменологические режимы направленности

Интервальная динамика задаёт общий вид эволюции (2.2) через эффективное ускорение $a(q, v, t)$, определяемое ресурсным слоем и структурой допустимых переходов. В феноменологических режимах это ускорение может быть представлено как сумма вкладов, соответствующих различным типам направленности:

$$\dot{v} = a_{\text{str}}(q, v, t) + a_{\text{glob}}(q) + a_{\text{diss}}(q, v). \quad (2.3)$$

Здесь a_{str} соответствует локальным структурным эффектам согласования, a_{glob} — глобальной направленности, неустранимой локализацией, а a_{diss} — диссипативным эффектам, связанным с сужением множества допустимых переходов.

Глава 3

Физические режимы направленности

3.1. Направленность как источник феноменологических сил

Как из структуры допустимых переходов $D(x)$ возникают ускорения, силы и потоки в классических уравнениях.

3.2. Фрикционный режим

3.2.1. Сужение допустимых переходов по скорости

Фрикционный режим определяется тем, что при эволюции система теряет часть допустимых продолжений, согласованных с текущим направлением движения. На уровне онтологии допустимости это выражается в структурном сужении множества допустимых переходов:

$$D(x_{t+\Delta t}) \subset D(x_t)$$

(в соответствующей проекции на скоростные компоненты).

В интервальном представлении это означает, что при фиксированном q область допустимых скоростей $I_v(t)$ сужается по мере эволюции:

$$I_v(t + \Delta t) \subset I_v(t).$$

Данное сужение является не статистическим эффектом усреднения, а следствием деградации каналов согласования и утечек ресурсной поддержки движения.

3.2.2. Интервальная модель диссипативного вклада

Рассмотрим точечный след интервальной эволюции

$$v_{t+\Delta t} \in v_t + a_t \Delta t + I_v^{(\text{res})}.$$

В фрикционном режиме интервал $I_v^{(\text{res})}$ содержит вклад, направленный против скорости, который отражает структурное сужение допустимых продолжений по скоростной компоненте. На феноменологическом уровне это приводит к записи

$$v_{t+\Delta t} \approx v_t + a_{\text{str}}(q_t) \Delta t - \gamma(q_t, v_t) v_t \Delta t,$$

откуда в пределе $\Delta t \rightarrow 0$ получаем

$$\dot{v}(t) = a_{\text{str}}(q(t)) - \gamma(q(t), v(t)) v(t). \quad (3.1)$$

Коэффициент γ в (3.1) не является фундаментальной константой. Он параметризует скорость сужения множества допустимых переходов в скоростной проекции и зависит от структуры каналов, ресурса и состояния контактных связей.

3.2.3. Связи, разрыв и формула трения как стоимость перестройки

В фрикционном режиме между взаимодействующими локальностями формируется множество устойчивых каналов согласования — электронных, поляризационных и адгезионных связей. При относительном сдвиге эти связи непрерывно деформируются, разрываются и перестраиваются. Диссипация в этом режиме интерпретируется как энергетическая стоимость такой перестройки.

Локальные силы сцепления. Каждая элементарная связь между двумя участками поверхностей обусловлена электростатическими и квантово-обменными взаимодействиями электронных оболочек и поляризационных конфигураций. На характерных расстояниях порядка нескольких ангстрем сила такой связи имеет кулоновский характер

$$F_i(r) \sim \frac{1}{r^2},$$

где r — характерная дистанция между элементами сцепления.

Энергия разрыва. Энергия, необходимая для разрушения или перестройки одной такой связи, оценивается как работа силы при изменении расстояния:

$$E_i \sim \int F_i(r) dr \sim \int \frac{dr}{r^2} \sim \frac{1}{r}.$$

Следовательно, чем сильнее прижаты поверхности (меньше r), тем выше энергетическая стоимость разрыва одной связи.

Макроскопическая сила трения. Пусть в области контакта одновременно активно множество типов связей i , каждый из которых характеризуется:

- числом активных связей n_i ,
- энергией разрыва одной связи E_i ,
- характерной длиной перестройки δ_i , на которой связь обновляется.

Тогда при малом относительном смещении dx суммарная диссипируемая энергия оценивается как

$$dE_{\text{diss}} \approx \sum_i n_i E_i \frac{dx}{\delta_i},$$

и сила трения, определяемая как энергия, теряемая на единицу пути, равна

$$F_{\text{fr}} = \frac{dE_{\text{diss}}}{dx} \approx \sum_i n_i \frac{E_i}{\delta_i}. \quad (3.2)$$

Связь с законом Кулона. Нормальная нагрузка N уменьшает характерное расстояние r между поверхностями, увеличивает плотность связей n_i и повышает их жёсткость, то есть величины E_i/δ_i . В широком классе режимов эти эффекты оказываются линейно пропорциональны N , что приводит к феноменологическому закону

$$F_{\text{fr}} = \mu N.$$

Таким образом, формула Кулона является не фундаментальным законом, а частным режимом более общей структурной формулы (3.2), в которой трение возникает как суммарная стоимость разрыва и перестройки каналов согласования между взаимодействующими локальностями.

3.2.4. От связевой формулы к виду $F = \mu N$

Пусть в рассматриваемом режиме суммарный связевой вклад пропорционален реальной области взаимодействия A_{eff} :

$$\sum_i n_i \frac{E_i}{\delta_i} \approx w A_{\text{eff}},$$

где w есть эффективная плотность диссипации, определяемая структурой связей.

Если область взаимодействия определяется нормальной нагрузкой N через структурный параметр H (жёсткость/твёрдость контактного режима):

$$A_{\text{eff}} \approx \frac{N}{H},$$

то получаем

$$F_{\text{fr}} \approx \frac{w}{H} N \equiv \mu N, \quad \mu := \frac{w}{H}.$$

Тем самым коэффициент μ интерпретируется как отношение эффективной плотности разрыва связей к структурной жёсткости режима, а не как фундаментальная константа материала.

3.2.5. Интервальная модель диссипации

Как интервалы $I_v^{(\text{res})}$ и утечки ресурса порождают термины вида $-\gamma v$.

3.2.6. Энергия разрыва и микросвязи

Связь с микроконтактами, разрывами каналов и твоей формулой $\sum (\text{сцепки}) \times (\text{энергия разрыва})$.

3.2.7. Линейный и кулоновский режимы трения

Форма диссипативного вклада в (3.1) определяется тем, как зависит структура связей от скорости относительного движения.

Линейный (вязкий) режим. При малых скоростях перестройка связей происходит в режиме, близком к квазистатическому. Число активных связей и их энергия разрыва слабо зависят от v , и скорость сужения допустимых переходов по скорости пропорциональна $|v|$. В этом случае

$$F_{\text{fr}} \propto v, \quad a_{\text{diss}} = -\gamma v,$$

что соответствует вязкому трению.

Кулоновский (сухой) режим. В режиме устойчивого скольжения структура связей достигает насыщения: за каждый элементарный путь dx разрывается и формируется примерно одно и то же количество связей, независимо от скорости. Это означает, что

$$\frac{dE_{\text{diss}}}{dx} \approx \text{const},$$

и сила трения становится практически независимой от v :

$$F_{\text{fr}} \approx \mu N.$$

В терминах интервальной динамики это соответствует режиму, в котором сужение множества допустимых переходов по скорости компенсируется скоростной зависимостью структуры каналов, так что эффективный коэффициент

$$\gamma(q, v) \sim \frac{1}{|v|}$$

в стационарном режиме даёт постоянную силу сопротивления.

Таким образом, различие между вязким и сухим трением отражает не разные фундаментальные силы, а различные структурные режимы перестройки связей и сужения множества допустимых эволюций.

3.3. Антифрикционный режим

3.3.1. Расширение множества допустимых переходов

Антифрикционный режим определяется не сужением, а расширением множества допустимых эволюций:

$$D(x_{t+\Delta t}) \supset D(x_t)$$

(в соответствующей проекции на фазовые компоненты).

В интервальном языке это означает, что область допустимых скоростей расширяется во времени:

$$I_v(t + \Delta t) \supset I_v(t),$$

что свидетельствует о формировании новых каналов согласования и притоке ресурсной поддержки движения.

Такое расширение не является нарушением законов сохранения; оно отражает перераспределение ресурса в системе, при котором локальная степень свободы получает дополнительную структурную поддержку за счёт окружающих локальностей.

3.3.2. Феноменологическая форма антифрикционного вклада

В точечном пределе антифрикционный режим проявляется как вклад в ускорение, сонаправленный с текущей скоростью:

$$a_{\text{diss}}(q, v) = +\alpha(q, v) v, \quad \alpha > 0,$$

что приводит к уравнению

$$\dot{v} = a_{\text{str}}(q) + \alpha(q, v) v.$$

Такой режим соответствует активным средам, автоколебательным системам, усилителям и процессам самоорганизации, где движение не затухает, а структурно поддерживается и усиливается.

3.3.3. Антифрикция и устойчивые режимы

В реальных системах антифрикционный вклад обычно уравнивается фрикционным сужением допустимых переходов, что приводит к установлению устойчивых режимов движения. Формально это соответствует существованию стационарных решений

$$(\alpha - \gamma) v = 0,$$

где активное расширение допустимых переходов компенсирует их диссипативное сужение.

В таких режимах система поддерживает ненулевую скорость или поток без внешней силы в классическом смысле, за счёт внутренней структуры каналов и перераспределения ресурса.

3.4. Гравитационный режим

3.4.1. Глобальная направленность

Гравитационный режим определяется существованием направленности, которая не устраняется локализацией и не может быть сведена к взаимодействию через непосредственные каналы между локальностями. В терминах допустимых переходов это означает, что для любой локализации системы сохраняется ненулевой вклад в ускорение:

$$a_{\text{glob}}(q) \neq 0.$$

Такой вклад отражает глобальную структуру согласования локальностей и не может быть устранён переходом к локальной системе отсчёта. В онтологии динамики это означает, что пространство допустимых эволюций имеет структурный наклон, который сохраняется при любом масштабировании описания.

3.4.2. Потенциальная параметризация

В феноменологическом режиме глобальная направленность допускает параметризацию через скалярную функцию $\Phi(q)$:

$$a_{\text{glob}}(q) = -\nabla\Phi(q).$$

Функция Φ не является онтологическим полем; она представляет собой удобную параметризацию структуры глобальной направленности в координатном представлении.

В этом приближении точечный след интервальной динамики принимает вид

$$\dot{v} = -\nabla\Phi(q) + a_{\text{loc}}(q, v),$$

где a_{loc} включает локальные структурные и диссипативные вклады.

3.4.3. Нарушение принципа эквивалентности

Поскольку глобальная направленность является структурным свойством пространства допустимых эволюций, она не может быть полностью устранена локальной заменой системы отсчёта. В локальном режиме вклад a_{glob} может быть операционально подавлен, но он остаётся присутствующим в структуре допустимых переходов.

Таким образом, эквивалентность ускорения и гравитации является не фундаментальным тождеством, а предельным режимом описания, возникающим при локализации и подавлении глобальной направленности ниже уровня операциональной различимости.

3.4.4. О геометрии связей и форме закона убывания

Настоящий том не постулирует фиксированную функциональную форму гравитационного вклада, такую как $1/r^2$ или $1/r$. В рамках онтологии динамики закон убывания определяется не геометрией пустого пространства и не сохранением изотропного потока, а топологией и структурой каналов согласования между локальностями.

Геометрия физического пространства и геометрия связей в данной онтологии не отождествляются. Пространство состояний может иметь произвольную эффективную размерность; наблюдаемая трёхмерность рассматривается как феноменологический режим, а не как фундаментальное онтологическое ограничение. Каналы согласования образуют собственную структуру смежности, определяющую направленность и перераспределение ресурса, и эта структура не обязана совпадать с метрической геометрией пространства.

В стандартной физике закон $1/r^2$ возникает как следствие изотропного распространения потока в трёхмерном евклидовом пространстве при сохранении потока. В онтологии динамики этот закон соответствует частному режиму, в котором геометрия каналов согласования локально эквивалентна геометрии пространства и структура передачи остаётся изотропной.

В более общем случае, когда каналы согласования обладают иерархической, канализированной или фрактальной структурой, эффективная геометрия связей отличается от геометрии пространства. Тогда закон убывания гравитационного вклада определяется топологией и пропускной способностью каналов, а не размерностью физического пространства, и может отклоняться от $1/r^2$ вплоть до законов вида $1/r$ или асимптотически постоянных режимов. Выбор конкретной формы относится к феноменологическому уровню и должен определяться эмпирической структурой каналов, а не постулироваться априорно.

3.4.5. Канализированная двухлокальная направленность

Базовым режимом гравитационной динамики в онтологии направленности является не сферически-изотропное поле и не многополюсная структура, а канализированная двухлокальная направленность между двумя массивными локальностями.

Каждая массивная локальность формирует усечённый конус допустимых каналов передачи направленности. Для двух взаимодействующих тел эти конусы, как правило, геометрически накладываются и образуют единый коридор согласования, соединяющий обе локальности. В таком режиме направленность от первого тела ко второму и от второго к первому распространяется по одним и тем же структурным каналам.

Этот самосовпадающий канал задаёт фундаментальную геометрию взаимодействия. Именно его топология и пропускная способность определяют эффективный закон убывания грави-

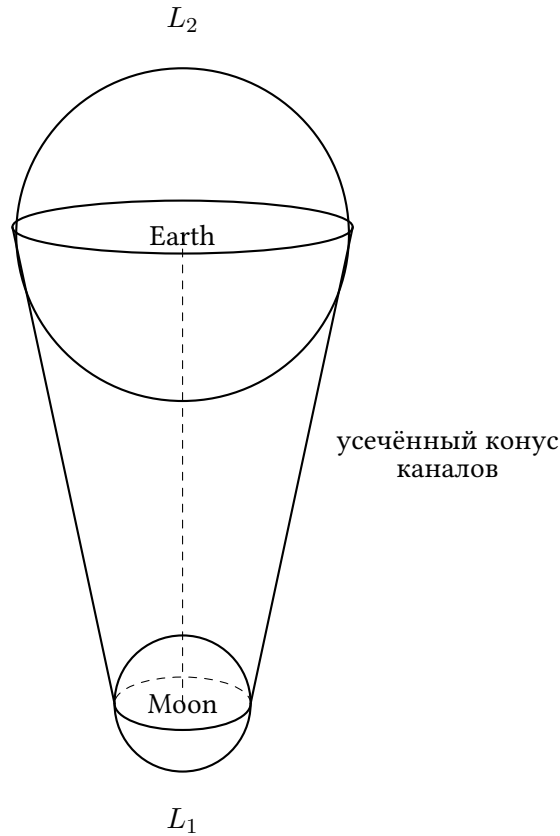


Рис. 3.1: Канализированная двухлокальная направленность: усечённый конус допустимых каналов между L_1 (Луна) и L_2 (Земля) демонстрирует не-сферическую геометрию связей.

тационного вклада. В зависимости от формы и ширины канала возможны различные режимы:

- изотропно расширяющийся канал даёт закон $1/r^2$,
- слабо канализированный режим приводит к закону $1/r$,
- насыщенный или почти цилиндрический канал даёт асимптотически постоянный вклад.

Таким образом, различные законы убывания возникают как геометрические режимы одного и того же двухлокального канала, а не как проявления разных фундаментальных сил.

Многополюсные конфигурации, такие как “песочные часы”, возникают лишь при наложении нескольких двухлокальных каналов в многотельных системах и представляют собой особые геометрические режимы, а не фундаментальную форму гравитационной направленности.

3.4.6. Канализированные структуры и галактическая динамика

В протяжённых многотельных системах, таких как галактики, фундаментальный двухлокальный канал направленности не существует в изоляции. Он накладывается на вклад распределённой массы и на глобальную структуру среды, в результате чего формируется сложная канализированная геометрия согласования между локальностями.

Одним из характерных примеров такой структуры является конфигурация типа “песочных часов”, возникающая как результат наложения направленных гравитационных вкладов от протяжённых распределений массы. Каждый массивный объект формирует не сферически-

изотропное поле каналов, а усечённый конус допустимых передач направленности, определяемый геометрией и структурой окружающих локальностей. Пересечение двух таких усечённых конусов, исходящих, например, от центральной массы и от распределённой периферии, образует двухполюсную канализованную структуру, геометрически эквивалентную “песочным часам”.

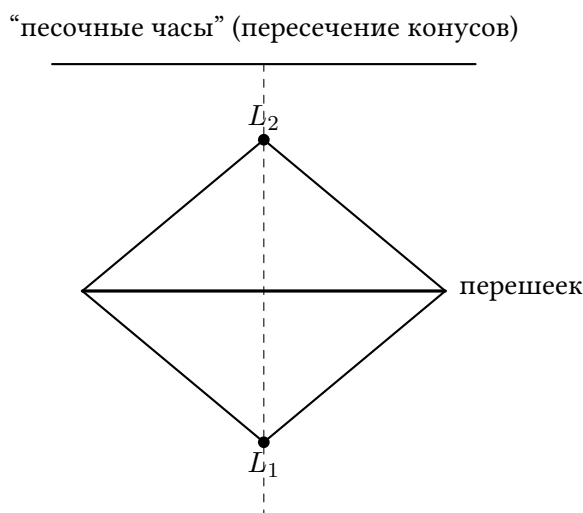


Рис. 3.2: Двухполюсная канализация: пересечение направленных усечённых конусов образует структуру типа “песочных часов”.

В такой конфигурации глобальная направленность фокусируется вдоль оси, соединяющей два конуса, тогда как в ортогональных направлениях передача ослабляется и растягивается. Это приводит к эффективной гравитационной геометрии, радикально отличной от сферически-симметричной, несмотря на квазисферическое распределение наблюдаемой массы.

В феноменологическом описании это приводит к тому, что эффективный гравитационный вклад в плоскости, ортогональной главным каналам, убывает медленнее, чем в изотропном трёхмерном режиме. В частности, в таких канализованных конфигурациях возможны режимы, в которых эффективное ускорение асимптотически приближается к закону вида $1/r$ или к почти постоянному значению на больших масштабах.

Это обеспечивает естественное объяснение плоских кривых вращения спиральных галактик и устойчивости сферических галактических систем без введения дополнительных невидимых источников массы. В предлагаемой онтологии наблюдаемые аномалии динамики обусловлены не присутствием “тёмной материи”, а структурой каналов согласования, определяющих глобальную направленность и перераспределение ресурса на галактических масштабах.

3.4.7. Геодезики как траектории каналов согласования.

В формализме общей теории относительности движение тел описывается геодезическими кривыми в искривлённом пространстве-времени. В онтологии динамики этим геодезическим соответствует центральные траектории каналов согласования между локальностями — пути максимальной пропускной способности направленности и перераспределения ресурса.

Пересечение усечённых конусов направленности двух массивных локальностей образует канализованную область, внутри которой допустимые эволюции фокусируются вдоль вы-

деленных траекторий. Эти траектории геометрически совпадают с геодезическими ОТО, однако в предлагаемой онтологии они не являются следствием искривления абстрактной метрики, а возникают как структурный эффект наложения каналов согласования.

Тем самым геодезики общей теории относительности могут быть интерпретированы как феноменологическое представление глубинной геометрии допустимых эволюций, задаваемой топологией и пропускной способностью каналов между локальностями.

3.4.8. Ньютоновский потенциал как параметризация каналов.

В классической гравитации ньютоновский потенциал $\Phi(q)$ вводится как скалярное поле, градиент которого определяет ускорение:

$$a(q) = -\nabla\Phi(q).$$

В онтологии динамики этот потенциал не является онтологическим объектом, а служит компактной параметризацией структуры каналов согласования между локальностями.

Геометрия и пропускная способность канализированного двухлокального коридора определяют, каким образом направленность и ресурс распределяются в пространстве. Ньютоновский потенциал $\Phi(q)$ кодирует именно эту структуру в виде скалярной функции, удобной для вычислений в точечном представлении.

В изотропном режиме, когда каналы эквивалентны во всех направлениях, такая параметризация приводит к стандартному закону $\Phi \propto 1/r$ и ускорению $\propto 1/r^2$. В канализированных режимах та же параметризация описывает иные формы убывания, отражающие геометрию и насыщенность каналов.

Тем самым ньютоновский потенциал является феноменологическим отображением топологии и пропускной способности каналов согласования, а не фундаментальным гравитационным полем.

3.5. Поточные режимы и уравнения Навье–Стокса

3.5.1. Распределённые локальности и поле допустимых скоростей

В непрерывных средах система состоит из множества локальностей, распределённых по пространству. Состояние такой системы описывается не одной фазовой точкой, а полем допустимых состояний

$$(q, v) \longrightarrow v(q, t),$$

где каждой пространственной позиции сопоставляется поле скоростей.

В онтологии динамики каждой такой локальности соответствует собственная структура допустимых переходов $D(q, t)$, а согласование между ними осуществляется через каналы переноса и перераспределения ресурса.

3.5.2. Интервальная динамика поля скоростей

Пусть $I_v(q, t)$ — интервал допустимых скоростей в точке q в момент t . Интервальная динамика распределённой среды задаётся отображением

$$I_v(q, t + \Delta t) = F_{\Delta t}(I_v(\cdot, t))(q),$$

которое учитывает перенос, диффузию и локальные перестройки структуры каналов.

В точечном пределе это приводит к уравнению эволюции поля скоростей

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = a_{\text{str}}(q, t) + a_{\text{diss}}(q, t),$$

где левый член отражает транспорт структуры допустимых скоростей, а правый — локальные структурные и диссипативные вклады.

3.5.3. Вязкость как структурное сужение

В фрикционном режиме локальные каналы переноса теряют согласованность, что приводит к диффузионному сужению интервалов допустимых скоростей. Это соответствует феноменологическому вкладу

$$a_{\text{diss}} = \nu \nabla^2 v,$$

где коэффициент ν параметризует скорость сужения допустимых переходов в распределённой среде.

3.5.4. Форма уравнений Навье–Стокса

В совокупности эти вклады приводят к классической форме уравнений Навье–Стокса:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = -\nabla\Phi(q) + \nu \nabla^2 v,$$

где $-\nabla\Phi$ представляет глобальную направленность, а $\nu \nabla^2 v$ — диссипативное сужение множества допустимых потоков.

В данной интерпретации уравнения Навье–Стокса описывают не движение материальных частиц в поле сил, а эволюцию структуры допустимых потоков в пространстве локальностей.

3.5.5. Диссипация и турбулентность

В интервальной интерпретации потока турбулентность возникает не как хаотическое движение материальных частиц, а как флуктуации структуры допустимых переходов между локальностями. В турбулентном режиме интервалы допустимых скоростей $I_v(q, t)$ непрерывно расширяются и сужаются в пространстве и времени, отражая неустойчивость каналов переноса и перераспределения ресурса.

Это означает, что сужение допустимых переходов, ответственное за вязкость, становится пространственно и временно неоднородным. Феноменологически это проявляется как флуктуации эффективного коэффициента вязкости $\nu(q, t)$, что приводит к каскадной передаче структуры между масштабами.

В таком представлении турбулентность не является нарушением уравнений Навье–Стокса, а режимом, в котором структура допустимых потоков непрерывно перестраивается, порождая многоуровневую динамику направленности и диссипации.

3.6. Электродинамический режим

3.6.1. Каналы переноса и заряд

В онтологии динамики электродинамические явления возникают как частный случай направленности каналов переноса между локальностями. Заряд интерпретируется не как субстанциональное свойство частиц, а как структурная асимметрия в системе каналов согласования, определяющая предпочтительные направления передачи ресурса и морфизмов.

Локальности с ненулевым зарядом формируют устойчивые конфигурации каналов, через которые возможен направленный перенос структурных изменений. Эти конфигурации и порождают электродинамические эффекты.

3.6.2. Поля как параметризация направленности

В феноменологическом описании направленность каналов переноса кодируется векторными полями \mathbf{E} и \mathbf{B} . Эти поля не являются онтологическими объектами; они представляют собой удобную параметризацию структуры допустимых переходов в пространственно-временном представлении.

Поле \mathbf{E} соответствует направленности, изменяющей локальные режимы движения и перераспределения ресурса, тогда как \mathbf{B} кодирует вихревую структуру каналов переноса.

3.6.3. Интервальная форма уравнений Максвелла

В интервальной интерпретации уравнения Максвелла выражают структурные соотношения между каналами переноса и их направленностью. Источники поля (заряды и токи) соответствуют локальностям, в которых структура допустимых переходов обладает ненулевой дивергенцией или вихревым характером.

Феноменологическая запись уравнений Максвелла

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho, \quad \nabla \times \mathbf{B} - \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mathbf{J},$$

описывает не динамику полей как субстанций, а баланс структурных потоков ресурса и направленности в сети локальностей.

3.7. Заключение

В данной главе показано, что основные физические режимы — механика, трение, гравитация, гидродинамика и электродинамика — могут быть поняты как различные параметризации одной и той же онтологической структуры: направленности допустимых эволюций.

В интервальной динамике фундаментальным объектом является не точечная траектория, а множество допустимых состояний $D(x)$, эволюционирующее под действием операторов перехода и перераспределения ресурса. Феноменологические величины, такие как силы, поля, потенциалы и коэффициенты вязкости, возникают как удобные параметры, кодирующие локальную и глобальную структуру этого множества.

Трение соответствует структурному сужению допустимых переходов и утечке ресурса, гравитация — глобальной направленности, неустранимой локализацией, потоковые уравнения — эволюции распределённых структур допустимости, а электродинамика — направленности каналов переноса и их вихревой организации.

Таким образом, классические уравнения физики не являются фундаментальными законами, а представляют собой согласованные проекции более глубокой интервально-направленной динамики, в которой первичны не силы и поля, а структура допустимых эволюций и их согласование между локальностями.

Глава 4

Конструктивные примеры

4.1. Роль конструктивных моделей

Абстрактная формулировка интервальной динамики и направленности задаёт общую архитектуру физического описания. Однако для демонстрации онтологической содержательности теории необходимы минимальные модели, в которых структура допустимых переходов может быть прослежена явно, без апелляции к вероятностям, континуальным полям или феноменологическим законам.

В настоящей главе рассматриваются простейшие конструктивные примеры, показывающие, как направленность, диссипация и глобальные режимы возникают из структуры допустимых переходов в конечных системах локальностей.

4.2. Тоу example: локальное уточнение по структуре в Y без вероятностей

Ниже приведён минимальный пример, демонстрирующий полный цикл “ X (диапазон) $\rightarrow Y$ (исходы) \rightarrow детекторы структуры \rightarrow уточнение \rightarrow остановка” без апелляции к вероятностям и без выбора “репрезентативной точки”.

4.2.1. Постановка

Рассматривается двумерное пространство условий $\mathcal{U} = \mathbb{R}^2$ с параметрами

$$x = (g, \mu),$$

где g и μ трактуются как независимые параметры в выбранном базисе различимости. Начальная допустимая область задаётся гиперкубом

$$X = [9.78, 9.82] \times [0.20, 0.24].$$

Для простоты берём дискретные шкалы (сценарные векторы)

$$G = \{9.78, 9.80, 9.82\}, \quad M = \{0.20, 0.22, 0.24\}.$$

Полное покрытие начальной области (в смысле независимых параметров) задаётся декартовым произведением:

$$\llbracket S \rrbracket = G \times M,$$

где S — сценарная матрица из $N = |G||M| = 9$ строк вида (g_i, μ_j) .

4.2.2. Модель и критерии

Пусть модель возвращает скалярный критерий (например, “запас устойчивости”)

$$y = f(g, \mu) \in \mathbb{R}.$$

Чтобы в примере было видно и режимную границу, и немонотонность, зададим простую (но показательную “плохую”) модель:

$$f(g, \mu) := (g - 9.80)^2 + (\mu - 0.22) - 0.0002.$$

Эта функция:

- имеет минимум по g вблизи $g = 9.80$ (“левая и правая ветви”);
- линейна по μ ;
- пересекает порог 0 внутри области X .

Режимный предикат (например, “допустимо/недопустимо”) определим как

$$P(y) := (y \leq 0).$$

4.2.3. Шаг 1: вычисление исходов на сценариях

Вычисляем

$$Y = \text{Map}_f(S) \in \mathbb{R}^{9 \times 1}, \quad y_{ij} = f(g_i, \mu_j).$$

Для ориентира (численно):

$$(g - 9.80)^2 = \begin{cases} 0.0004, & g = 9.78 \text{ или } 9.82, \\ 0, & g = 9.80, \end{cases} \quad (\mu - 0.22) \in \{-0.02, 0, 0.02\}.$$

Значит, например:

$$f(9.80, 0.20) = -0.0202 < 0 \Rightarrow P = \text{true}, \quad f(9.82, 0.24) = 0.0202 > 0 \Rightarrow P = \text{false}.$$

Уже на грубой сетке видна смена режима.

4.2.4. Шаг 2: детекторы структуры в Y и пометка “подозрительных” областей

(А) Детектор режимной границы. Сетка задаёт разбиение X на ячейки (клетки) между соседними узлами. Ячейка C помечается, если режим меняется на её углах:

$$\text{Flag}_{\text{mode}}(C) = \text{true} \iff \exists x, x' \in V(C) : P(f(x)) \neq P(f(x')),$$

где $V(C)$ — множество вершин ячейки. В данном примере такие ячейки существуют в окрестности $g \approx 9.80$ и $\mu \approx 0.22$.

(В) Детектор “двух ветвей” по g (немонотонность). Фиксируя $\mu = \mu_j$ и рассматривая сечение $g \mapsto f(g, \mu_j)$ на узлах G , можно проверить смену тренда. Например, при $\mu = 0.22$:

$$f(9.78, 0.22) = 0.0002, \quad f(9.80, 0.22) = -0.0002, \quad f(9.82, 0.22) = 0.0002,$$

то есть наблюдается “U-образная” структура (лево/право выше, середина ниже), что является поводом для локального уточнения по g в окрестности 9.80.

4.2.5. Шаг 3: локальное уточнение (refinement)

Уточнение выполняется *только* для тех ячеек C , где сработали флаги. Например, для ячейки

$$C = [9.78, 9.80] \times [0.20, 0.22]$$

можно выполнить разбиение по наиболее “чувствительной” координате. В данном toy-примере чувствительность по g проявляет кривизну, поэтому выбираем g и делим пополам:

$$C \mapsto C_1 \cup C_2, \quad C_1 = [9.78, 9.79] \times [0.20, 0.22], \quad C_2 = [9.79, 9.80] \times [0.20, 0.22].$$

Затем добавляем детерминированные новые узлы (например, середины) и пересчитываем f :

$$G \leftarrow G \cup \{9.79\}, \quad \text{или локально } S \leftarrow \text{Enrich}(S, \Phi),$$

где Φ добавляет midpoints только в помеченных ячейках.

4.2.6. Шаг 4: критерий остановки

Пусть для каждой помеченной ячейки C строится верхняя оболочка исходов (в простейшем варианте — по значениям на вершинах):

$$\bar{Y}_C := \text{Hull}_{\square}(\text{Map}_f(V(C))).$$

Остановка осуществляется по критерию стабилизации в Y :

$$\max_{C \in \mathcal{C}} \text{diam}(\bar{Y}_C) \leq \tau \quad \text{и} \quad \text{при уточнении не появляется новых смен режима } P.$$

Здесь τ задаёт требуемую разрешающую способность по критерию (а не по параметрам).

4.2.7. Итог интерпретации

В данном примере:

- грубая сетка уже выявляет *режимную границу* $P(y)$;
- детектор немонотонности по g указывает, где уточнение имеет смысл;
- уточнение выполняется локально (вокруг структуры в Y), а не глобально;
- остановка задаётся в пространстве исходов, а не по “мелкости” шага в X .

Тем самым toy-пример иллюстрирует основной тезис работы: *диапазонная постановка требует анализа образа областей и управляемого уточнения, порождаемого структурой в Y , а не априорной дискретизацией в X .*

Заключение

В настоящем томе показано, что физические уравнения, силы, поля и параметры могут быть поняты как феноменологические следы более глубокой онтологической структуры — структуры допустимых эволюций, возникающей из согласования локальностей, перераспределения ресурса и направленности допустимых переходов.

Интервальный язык физики позволил отказаться от онтологизации чисел и точечных состояний, рассматривая их как результат операций замыкания и фиксации областей допустимости. В этом представлении числа, параметры и константы перестают быть первичными объектами физической реальности и приобретают статус контекстных следов стабилизации динамических структур.

Интервальная динамика показала, что классические дифференциальные уравнения движения возникают как предельные формы эволюции областей допустимых состояний при сжатии интервалов и подавлении структурных эффектов. Ускорение, трение и гравитация интерпретируются как различные проявления направленности и перераспределения ресурса в пространстве допустимых переходов.

Рассмотренные физические режимы — механический, фрикционный, гравитационный, потоковый и электродинамический — демонстрируют, что разнообразие физических теорий может быть сведено к различным параметризациям одной и той же интервально-направленной онтологии. Силы и поля в этом подходе не являются фундаментальными сущностями, а служат удобными координатными представлениями структуры допустимых эволюций.

Тем самым классическая физика предстаёт не как система независимых законов, а как согласованный язык описания, возникающий из более глубокой онтологии динамики. Этот язык остаётся полностью пригодным для расчётов и экспериментов, но его онтологический статус радикально переосмысливается: первичны не числа и траектории, а структуры допустимости и способы их стабилизации.

Список литературы

- [1] А. А. Неклюдов, *Философия Дискретного Бытия. Манифест*, Zenodo, DOI: 10.5281/zenodo.17572909, 2025.
- [2] А. А. Неклюдов, *Онтология динамики: фундаментальные основания*, Zenodo, DOI: 10.5281/zenodo.18212572, 2026.