



# ТЕОРИЯ МАГИИ

ТОМ 2

Алексей Айдас

# Алексей Айдаc

## Теория Магии. Том 2

*<https://litres.ru/74394977>*

*SelfPub; 2026*

### Аннотация

Интерпретация термина «магия» как системы взаимодействий

В предыдущих разделах курса мы рассмотрели магию как исторический и феноменологический феномен — проследили её эволюцию от анимистических культов до сложных жреческих практик, дали классификацию по источникам энергии, методам воздействия и областям применения. Теперь мы переходим к центральной, наиболее сложной и амбициозной части курса — построению строгой физико-математической модели, которая превращает магию из предмета веры и интуиции в объект точного научного исследования.

# Содержание

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Раздел 3. Физико-математическое описание магии.                           | 5   |
| Введение. От теории к описанию процессов                                  | 5   |
| § 1.3. Геометрическая интерпретация: многомерное пространство-время       | 31  |
| § 1.4. Алгебраическая структура: симметрии и калибровочная инвариантность | 38  |
| § 1.5. Частоты поля, резонансы, когеренция и декогеренция (введение)      | 49  |
| Глава 2. Уравнения движения и квант очарования                            | 57  |
| § 2.1. Принцип наименьшего действия для магической системы                | 58  |
| § 2.2. Вывод уравнений движения (уравнения Эйлера–Лагранжа)               | 65  |
| § 2.3. Квант очарования как фундаментальный медиатор                      | 76  |
| § 2.4. Пример применения: техника «Сингулярность очарования»              | 84  |
| Глава 3. Баланс сил и законы сохранения                                   | 90  |
| § 3.1. Симметрии магической системы                                       | 92  |
| 3.2. Законы сохранения и сохраняющиеся величины                           | 102 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3. Динамика баланса: два режима —<br>конфайнмент и деконфайнмент | 110 |
| Конец ознакомительного фрагмента.                                  | 112 |

# **Теория Магии. Том 2**

## **Раздел 3. Физико-математическое описание магии.**

### **Введение. От теории к описанию процессов**

Интерпретация термина «магия» как системы взаимодействий

В предыдущих разделах курса мы рассмотрели магию как исторический и феноменологический феномен — проследили её эволюцию от анимистических культов до сложных жреческих практик, дали классификацию по источникам энергии, методам воздействия и областям применения. Теперь мы переходим к центральной, наиболее сложной и амбициозной части курса — построению строгой физико-математической модели, которая превращает магию из предмета веры и интуиции в объект точного научного исследования.

С самого начала необходимо зафиксировать, что в данном разделе термин «магия» используется не в мистическом или оккультном смысле, а как условное обозначение класса физических взаимодействий и полевых конфигураций, ко-

которые не охватываются стандартными научными парадигмами — Стандартной моделью физики частиц и Общей теорией относительности. Это определение позволяет рассматривать «магические» явления в рамках стандартных физических теорий, не апеллируя к сверхъестественному. Мы не постулируем магию как нечто, нарушающее законы природы; напротив, мы показываем, что она может быть понята как управляемое перераспределение энергии, импульса и квантовых вероятностей в рамках расширенной квантовой теории поля.

Необходимый уровень подготовки

Изучение данного раздела требует от читателя определённой интеллектуальной базы. Это не «лёгкое чтение», а полноценный научный текст, оперирующий понятиями современной теоретической физики. Для комфортного восприятия материала желательно владение следующими дисциплинами:

•

Классическая механика и теория поля: принцип наименьшего действия, лагранжевы и гамильтоновы формализм, уравнения Эйлера–Лагранжа, основы теории относительности — всё это составляет язык, на котором говорит наша модель.

•

Квантовая механика: понимание волновой функции, принципа суперпозиции, уравнения Шрёдингера, матрицы плотности, квантовой запутанности.

Без этих концепций невозможно освоить Главу 6 (Квантовая магия).

•

Основы квантовой теории поля (КТП): каноническое квантование, понятие о лагранжианах взаимодействия, калибровочная инвариантность, механизм Хиггса. Именно КТП является фундаментом, на котором построена вся физическая модель магии. Как отмечается в учебных программах ведущих университетов, для освоения КТП необходимо знать квантовую механику, классическую механику, основы теории групп, математический анализ, линейную алгебру, а также иметь представление о тензорах, гильбертовых пространствах и распределениях.

•

Элементы теории групп: группы Ли, алгебры Ли, генераторы симметрий — эти математические структуры лежат в основе описания симметрий и законов сохранения (Глава 3).

•

Общая теория относительности: метрика, тензор энергии-импульса, уравнения Эйнштейна — необходимы для понимания того, как магические поля могут влиять на гравитацию.

Если читатель не владеет этими инструментами в полной мере, не следует отчаиваться. Курс построен таким образом, что основные идеи и выводы могут быть поняты и без детального воспроизведения всех математических выкладок.

Ключевые уравнения сопровождаются развёрнутыми словесными пояснениями (вербальными моделями), а физический смысл каждого понятия раскрывается через аналогии и примеры. Тем не менее, именно математика придаёт теории строгость, однозначность и, что немаловажно, проверяемость — возможность делать количественные предсказания, которые можно сопоставить с экспериментом.

Современный научный контекст: магия как часть «новой физики»

Важно подчеркнуть, что предлагаемая модель не является произвольной фантазией, оторванной от магистрального пути развития науки. Напротив, она опирается на глубокие и активно разрабатываемые направления современной теоретической физики. Проблемы, которые мы обсуждаем в данном разделе, находятся на переднем крае фундаментальных исследований.

Тёмная материя и скрытые сектора. Сегодня мы знаем, что около 85% всей материи во Вселенной приходится на так называемую тёмную материю — субстанцию, которая не излучает, не поглощает и не отражает свет, но проявляет себя через гравитационное воздействие. Природа тёмной материи остаётся одной из величайших загадок физики. Одно из наиболее перспективных направлений поиска — концепция «скрытых секторов» (hidden sectors): параллельных наборов частиц и полей, которые крайне слабо взаимодействуют с частицами Стандартной модели. Эти скрытые сектора

могут содержать свои калибровочные поля, свои «хиггсовские» механизмы, свои силы — и именно они в нашей модели отождествляются с магическими полями  $M_k$ . Взаимодействие между скрытым и видимым секторами осуществляется через специальные «порталы» — например, через кинетическое смешивание «тёмного фотона» с обычным фотоном, или через поле-посредник, которым в нашей модели выступает поле очарования  $M_c$ .

Гравитационные волны как новый инструмент. В 2015 году были впервые зарегистрированы гравитационные волны, и с тех пор они стали новым окном в неизведанное. Фазовые переходы первого рода в скрытых секторах, происходившие в ранней Вселенной, должны были породить стохастический фон гравитационных волн. Современные эксперименты — наземные интерферометры LIGO, Virgo, KAGRA и сети пульсарного тайминга — активно ищут такие сигналы, и их обнаружение может стать прямым подтверждением существования скрытых секторов и, как следствие, магических полей в нашей модели. Уже сейчас появляются предсказания для конкретных диапазонов частот и амплитуд, связывающие параметры скрытого сектора (константы связи, массы частиц) с сигналами, которые могут быть зафиксированы в ближайшие годы.

Тёмная энергия и эволюция вакуума. Ещё более загадочный компонент космоса — тёмная энергия, ответственная за ускоренное расширение Вселенной. Последние данные про-

екта DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) указывают на то, что плотность тёмной энергии, возможно, не является постоянной во времени, а эволюционирует. Это прекрасно согласуется с нашей моделью, где роль тёмной энергии играет динамическое скалярное поле  $M_0$ , способное менять своё значение по мере остывания Вселенной.

Теории Великого объединения и суперсимметрия. Многие расширения Стандартной модели, такие как теории Великого объединения (ТВО) и суперсимметрия (SUSY), естественным образом предсказывают существование дополнительных калибровочных полей и частиц. Наша «магическая группа»  $G_M$  как раз и может быть реализацией одной из таких симметрий, а магические поля  $M_k$  — соответствующими калибровочными бозонами. Таким образом, поиск магических частиц на Большом адронном коллайдере — это, по сути, поиск «новой физики», который уже ведётся.

Каждый, кто намерен углубиться в изучение магии как точной науки, найдёт в этом разделе единый язык, систему понятий и концептуальный каркас, на который впоследствии будут нанизываться конкретные техники, ритуалы и инструменты.

### §1.1. Определение единого многокомпонентного поля $\Psi$

В основе нашей модели лежит постулат, который можно назвать принципом полевого единства: материя и все формы взаимодействий не являются отдельными сущностями, а

представляют собой различные проявления единого, многокомпонентного поля  $\Psi$ . Это поле существует в каждой точке пространства-времени и содержит в себе как хорошо изученные физические поля, так и «магические» поля. Частицы — электроны, кварки, фотоны и даже кванты магического поля — это лишь локализованные возбуждения соответствующих компонент  $\Psi$ , подобно тому, как волны на поверхности океана являются возбуждениями водной среды.

Такой подход не является чем-то совершенно новым для физики. В квантовой теории поля все фундаментальные частицы описываются именно как кванты соответствующих полей. Наша инновация заключается в том, что мы расширяем этот список полей, добавляя в него «магические» компоненты, которые в стандартных моделях отсутствуют.

#### 1.1.1. Компоненты поля $\Psi$

Полевая конфигурация в каждой точке пространства-времени  $x = (t, x)$  задаётся упорядоченным набором (вектором) всех полевых функций. Это можно представить как строку таблицы, в которой каждая ячейка соответствует определённому типу поля:

$$\Psi(x) = (g_{\mu\nu}(x), A_{\mu}(x), G_{\mu}^a(x), W_{\mu}^i(x), \psi(x), \phi(x), M_k(x)).$$

Разберём подробно каждую «ячейку» этого набора, чтобы

понять, из каких «кирпичиков» строится реальность в нашей модели.

1. Поля, описывающие пространство-время и гравитацию

•

$g_{\mu\nu}$

(

$x$

) — метрический тензор.

Это, пожалуй, самая фундаментальная компонента. Она описывает геометрию пространства-времени — его кривизну, расстояния между точками, промежутки времени. В Общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна именно метрический тензор является потенциалом гравитационного поля. Его возмущения — это гравитационные волны, а в квантовом пределе — гравитоны. Включение

$g_{\mu\nu}$

в состав

$\Psi$

означает, что пространство-время не является пассивной «сценой», на которой разыгрываются физические события. Оно само является динамическим полем, которое взаимодействует со всеми остальными компонентами

$\Psi$

, в том числе и с магическими полями. Это открывает принципиальную возможность для магии влиять на гравита-

цию — например, для левитации или создания искусственных гравитационных аномалий.

## 2. Поля Стандартной модели

Это «зоопарк» хорошо изученных полей, из которых состоит вся известная нам материя и переносчики всех известных негравитационных взаимодействий.

•

$A_\mu$

(

х

) — 4-потенциал электромагнитного поля.

Соответствует калибровочной группе

U

(1)

ЭМ

. Его возбуждения — это фотоны, переносчики электромагнитного взаимодействия. Именно это поле отвечает за свет, радиоволны, электричество, магнетизм и химические связи. В нашей модели оно также служит посредником, через который магические поля могут влиять на обычную материю (например, через рождение виртуальных пар или модификацию эффективной напряжённости, как в технике «Огненный шар»).

•

$G_\mu^a$

(  
 $x$   
 $)$  (  
 $a$   
 $= 1, \dots, 8)$  — глюонные поля.

Переносчики сильного взаимодействия, соответствующего калибровочной группе

$SU(3)_c$

. Глюоны «склеивают» кварки в протоны, нейтроны и другие адроны, а также удерживают протоны и нейтроны в атомных ядрах. Сильное взаимодействие — самое мощное из известных, но действует на очень малых расстояниях. Индекс  $a$  нумерует восемь типов («цветов») глюонов. В нашей модели магические поля могут модифицировать глюонные взаимодействия, потенциально влияя на стабильность ядерной материи.

•  $W_\mu^i(x)$  ( $i= 1,2,3$ ) — поля слабого взаимодействия.

Соответствуют калибровочной группе

$SU(2)_L$

. Вместе с электромагнитным полем они образуют единое электрослабое взаимодействие. После спонтанного нарушения симметрии (механизм Хиггса) их комбинации дают массивные физические частицы

$W^\pm$  - и  $Z$ -бозоны, а также безмассовый фотон. Слабое

взаимодействие отвечает за радиоактивный бета-распад и играет ключевую роль в термоядерных реакциях в звёздах.

- $\psi(x)$  — спинорные поля фермионов.

Это поля частиц материи. Сюда входят все кварки (в том числе и очарованные  $\psi_c$ ) и лептоны (электроны, мюоны, тау-лептоны и соответствующие нейтрино).  $\psi$  — собирательное обозначение для всех этих полей. Фермионы обладают полуцелым спином и подчиняются принципу Паули (две одинаковые частицы не могут находиться в одном квантовом состоянии).

Именно фермионы образуют «вещество», которое мы можем потрогать.

- $\varphi(x)$  — скалярное поле Хиггса.

Это поле отвечает за спонтанное нарушение электрослабой симметрии. Его ненулевое вакуумное среднее «наделяет» массами

$W$   
 $\pm$

- и

$Z$

-бозоны, а также фермионы (через юкавские взаимодействия). Квант этого поля — знаменитый бозон Хиггса, открытый в 2012 году на Большом адронном коллайдере. В на-

шей модели аналогичный механизм работает и в магическом секторе, порождая магический бозон Хиггса

$\varphi_c$

и давая массу квантам поля

$M_c$

.

3. «Магические» поля

•

$M_k$

(

x

) — набор магических полей.

Это ключевое нововведение нашей модели. Индекс  $k$

нумерует различные типы таких полей. Они не входят в Стандартную модель, не регистрируются современными приборами напрямую (на данном этапе развития технологий), но, согласно нашей гипотезе, являются полноценными физическими полями, подчиняющимися общим законам квантовой теории поля.

Подробно их природа и классификация обсуждаются в разделе 1.2.

1.1.2. Принцип суперпозиции и связанности

Крайне важно понимать, что  $\Psi$  — это не просто «список» независимых полей, существующих параллельно друг

другу. Все его компоненты тесно связаны и могут влиять друг на друга. Эта связь осуществляется через члены взаимодействия в лагранжиане (которые будут подробно описаны в Главе 2).

Например:

•

Фермионы

$\psi$

взаимодействуют с электромагнитным полем

$A_\mu$

(это описывает квантовая электродинамика) и с полем Хиггса

$\varphi$

(что даёт им массу).

•

Метрика

$g_{\mu\nu}$

взаимодействует со всеми полями, имеющими энергию и импульс, через тензор энергии-импульса (уравнения Эйнштейна).

•

Магическое поле

$M_c$

взаимодействует с очарованными кварками

$\psi_c$

через юкавский член

$\lambda_c$  $\psi$  $-$  $bar_c$  $M_c$  $\psi_c$  $\cdot$ 

В результате, состояние всей системы в любой точке  $x$  описывается именно этим полным набором значений. Изменение одной компоненты, например, локальное увеличение интенсивности магического поля  $M_c$  оператором, неизбежно ведёт к изменению других компонент. Возбуждённое поле  $M_c$  через взаимодействие повлияет на движение очарованных кварков, те, в свою очередь, через электромагнитное и сильное взаимодействия повлияют на обычную материю, а через тензор энергии-импульса — даже на гравитационное поле.

Эта взаимозависимость является краеугольным камнем нашей модели. Она объясняет, как «тонкое» магическое воздействие, напрямую не регистрируемое обычными приборами, может приводить к макроскопическим наблюдаемым эффектам в материальном мире. Магия не «обходит» законы физики; она действует через них, используя дополнительные, скрытые степени свободы единого поля  $\Psi$ .

Таким образом, определение единого многокомпонентно-

го поля  $\Psi$  задаёт онтологический фундамент всей теории: реальность едина, многослойна, и все её аспекты — от привычной материи до самых экзотических магических феноменов — суть проявления одного и того же всеобъемлющего поля.

## § 1.2. Структура и классификация магических полей $M_k$

После того как мы ввели понятие единого многокомпонентного поля  $\Psi$ , необходимо подробно разобраться с его самой загадочной и важной для нашей теории частью — магическими полями  $M_k$ . Индекс  $k$  здесь играет роль «номера» или «типа» поля, указывая на его конкретную физическую природу и способ взаимодействия с остальным миром. Поскольку эти поля не входят в Стандартную модель, их свойства требуют особенно тщательного описания. Мы должны ответить на три ключевых вопроса: откуда они могли взяться с точки зрения фундаментальной физики? (раздел 1.2.1), как именно они «подключаются» к известным полям и материи? (раздел 1.2.2) и как они могут влиять на хорошо изученные объекты, например, на кварки? (раздел 1.2.3).

### 1.2.1. Физическая интерпретация магических полей

Когда физики-теоретики говорят о «новой физике» за пределами Стандартной модели, они часто приходят к предсказанию существования дополнительных полей. Эти поля могут возникать в различных, но хорошо мотивированных теоретических сценариях. Мы можем классифицировать на-

ши магические поля  $M_k$  именно по их возможному происхождению в рамках этих сценариев.

Поля дополнительных измерений ( $k = \text{extra-dim}$ )

Одна из самых элегантных идей современной теоретической физики, выросшая из теории струн и теорий Калуцы–Клейна, заключается в том, что наше пространство-время может иметь больше четырёх измерений. Помимо привычных длины, ширины, высоты и времени, существуют дополнительные пространственные измерения, которые «свёрнуты» (компактифицированы) до микроскопических размеров, порядка планковской длины ( $\sim 10^{-35}$  м), и поэтому недоступны нашему непосредственному восприятию.

В такой картине все поля, включая известные нам, на самом деле «живут» в полном многомерном пространстве. Однако поля Стандартной модели (фотоны, электроны, кварки) могут быть «привязаны» к нашей четырёхмерной «бране» — поверхности внутри этого многомерного мира. А вот гравитация, и, возможно, некоторые другие поля, способны распространяться во всём объёме дополнительных измерений («балке»).

Для нас, существ, запертых на бране, колебания этих «объёмных» полей в дополнительных измерениях будут проявляться как бесконечная башня новых частиц с разными массами — так называемые моды Калуцы–Клейна. Массы этих частиц-мод определяются геометрией свёрнутых измерений. Самые лёгкие из них могли бы быть кандидатами

на роль наших магических полей  $M_k$ . Их слабое взаимодействие с обычной материей объяснялось бы тем, что их волновые функции лишь незначительно «перекрываются» с нашей браной. Это очень естественный и геометрически наглядный способ ввести в теорию «скрытые» поля.

Поля скрытых секторов ( $k = \text{hidden}$ )

Другой, не менее популярный подход, предполагает, что помимо нашего «видимого» сектора, состоящего из частиц Стандартной модели, существует один или несколько «скрытых» (или «тёмных») секторов. Это своего рода «параллельные миры», состоящие из своих собственных частиц и полей, которые крайне слабо взаимодействуют с частицами нашего мира. Связь между секторами может осуществляться только через очень тяжёлые частицы-посредники, через гравитацию, или через очень слабое «смешивание» полей (например, «тёмный фотон» может слегка смешиваться с нашим обычным фотоном).

Частицы скрытого сектора — идеальные кандидаты на роль тёмной материи, а поля, из которых они состоят — на роль наших магических полей  $M_k$ . Представьте себе, что существует «тёмная электродинамика» со своими «тёмными фотонами» и «тёмными электронами». Эти «тёмные фотоны» и были бы одним из типов поля  $M_k$ . Они невидимы для наших приборов, но могут влиять на гравитацию и, через специальные «порталы», оказывать сверхслабое воздействие на нашу материю. Это объясняет, почему магические эф-

фекты так трудно зарегистрировать и почему они часто ассоциируются с «тонкими энергиями».

Поля, связанные с расширением группы симметрий ( $k = \text{gauge}$ )

Стандартная модель построена на калибровочной группе симметрий  $SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ . Есть веские теоретические основания полагать, что при высоких энергиях (например, вскоре после Большого взрыва) все эти взаимодействия были объединены в рамках одной, более крупной и простой калибровочной группы, такой как  $SU(5)$  или  $SO(10)$ . Это называется Теорией Великого объединения (ТВО).

Когда Вселенная остыла, эта большая группа симметрии спонтанно нарушилась до группы Стандартной модели. В процессе такого нарушения, подобно механизму Хиггса, «лишние» генераторы большой группы порождают новые калибровочные поля. Эти поля соответствуют новым, очень тяжёлым частицам — например,  $X$ - и  $Y$ -бозонам в  $SU(5)$ . Однако в некоторых, более экзотических сценариях нарушения симметрии, могут возникать и лёгкие калибровочные бозоны, которые очень слабо взаимодействуют с обычной материей. Например, расширение группы до  $SU(5) \rightarrow SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y \times U(1)_M$  предсказывает существование дополнительного поля, соответствующего группе  $U(1)_M$ . Это поле и его кванты (назовём их  $Z'_c$ -бозонами) являются прекрасными кандидатами на роль нашего ключевого магиче-

ского поля — поля очарования  $M_c$ .

Таким образом, в зависимости от теоретического контекста, индекс  $k$  может обозначать поля совершенно разного происхождения, но всех их объединяет одно: они являются частью единого поля  $\Psi$ , но остаются «невидимыми» для большинства наших стандартных экспериментов.

### 1.2.2. Типы взаимодействия магических полей

Недостаточно просто сказать, что магические поля существуют. Нужно понять, как именно они «подключаются» к известным полям и материи. Тип этого «подключения» зависит от того, каким математическим объектом является поле  $M_k$  — скаляром (числом), вектором, тензором или спинором. Этот математический тип определяет канал взаимодействия. В нашей модели мы выделяем три основных канала, аналогичных тем, что уже известны в физике.

#### 1. Тензорный канал

•

Тип поля: Тензорное поле второго ранга

$$M_{\mu\nu}$$

. Оно может быть симметричным (как метрика

$$g_{\mu\nu}$$

) или антисимметричным (как тензор электромагнитного поля

$$F_{\mu\nu}$$

).

•

Механизм взаимодействия: Это самый прямой способ повлиять на гравитацию. Поле

$$M_{\mu\nu}$$

напрямую модифицирует метрику пространства-времени. Представьте, что фундаментальная метрика

$$g_{\mu\nu}$$

— это «невозмущённая» геометрия пространства, а поле  $M_{\mu\nu}$

создаёт на ней небольшую «рябь». Эффективная метрика, которую «чувствуют» все остальные поля и частицы, будет суммой:

$$g_{\mu\nu}^{\text{эфф}} = g_{\mu\nu} + \alpha M_{\mu\nu},$$

•

где

$\alpha$

— малая константа связи. Это означает, что, возбуждая поле

$$M_{\mu\nu}$$

, оператор может локально изменять кривизну пространства, создавая эффекты притяжения или отталкивания, которые мы воспринимаем как левитацию, изменение веса предметов или даже искажение хода времени.

Это чисто геометрический способ магического воздействия.

## 2. Спинорный канал

•

Тип поля: Поле, имеющее спинорную природу

$M_\psi$

, или поле, взаимодействующее со спинорными токами (как векторное поле

$M_c$

).

•

Механизм взаимодействия: Этот канал описывает прямое влияние на фермионы — частицы материи, такие как электроны и кварки. Взаимодействие в лагранжиане имеет вид, аналогичный тому, как поле Хиггса даёт массу частицам (юкавское взаимодействие):

$$\mathcal{L}_{\text{взаим}} \supset \lambda \bar{\psi} M_\psi \psi.$$

•

Здесь

$\psi$

— поле обычной материи (например, очарованного кварка), а

$\lambda$

— константа связи. Что означает эта формула? Она говорит, что магическое поле

$M_\psi$

напрямую «смешивается» с фермионным полем

$\psi$

. В результате эффективная масса частицы или её спиновое состояние могут временно изменяться под действием

$M_\psi$

. Это канал для «ментального» или «биополевого» воздействия, позволяющий влиять на свойства вещества на самом фундаментальном уровне.

### 3. Скалярный канал

•

Тип поля: Скалярное поле

$M$

$0$

(

$x$

) (одно число в каждой точке пространства).

•

Механизм взаимодействия: Скалярное поле создаёт потенциальную энергию, которая напрямую влияет на кривизну пространства-времени. В уравнениях Эйнштейна это проявляется как добавка к скалярной кривизне

$R$

:

$$R \rightarrow R + \beta M_0^2,$$

•

где

$\beta$

— константа. По сути, поле

$M$

$0$

локально изменяет «энергию вакуума». Если

$M$

$0$

имеет ненулевое значение, это эквивалентно появлению локальной космологической постоянной (тёмной энергии). Это позволяет оператору создавать области с гравитационным отталкиванием (антигравитация) или, наоборот, усиливать притяжение. В глобальном масштабе поле

$M$

$0$

является нашим кандидатом на роль тёмной энергии, ответственной за ускоренное расширение Вселенной.

1.2.3. Пример: кварки и магическое поле

Чтобы сделать эти абстрактные каналы более конкретны-

ми, рассмотрим, как магическое поле может влиять на один из самых фундаментальных объектов в физике — кварки. В стандартной физике кварки  $q$  (например,  $u$ - и  $d$ -кварки, из которых состоят протоны и нейтроны) никогда не наблюдаются в свободном виде. Они навсегда «заперты» внутри адронов (протонов, нейтронов, мезонов) силами конфайнмента.

Математически это можно выразить так: свободное кварковое поле  $\psi(x)$  — это не то, что мы наблюдаем. Наблюдаемый кварк — это возбуждение, «одетое» в облако глюонов. Формально это записывается с помощью упорядоченной экспоненты (оператора Вильсона):

$$q(x) = \mathcal{P} \exp \left( i \int_{\gamma} G_{\mu}^a(z) t_a dz^{\mu} \right) \psi(x).$$

Не пугайтесь этой формулы! Её суть в том, что кварк в точке  $x$  неразрывно связан с глюонными полями  $G_{\mu}^a$  вдоль некоторого пути  $\gamma$ , соединяющего его с другими кварками. Генераторы  $t_a$  группы  $SU(3)_c$  описывают «цветовые» заряды глюонов.

Как же магическое поле  $M_k$  может вмешаться в эту картину? Оно может модифицировать глюонные взаимодействия. Например, если магическое поле является вектором в «цвете»

товом» пространстве (обозначим его  $M_b$ ), оно может добавочно взаимодействовать с глюонами по закону:

$$G_{\mu}^a \rightarrow G_{\mu}^a + \epsilon^{abc} M_b G_{\mu c}.$$

Здесь  $\epsilon^{abc}$  — это структурные константы группы SU(3), которые определяют, как глюоны взаимодействуют друг с другом. Эта добавка означает, что магическое поле «вклинивается» в самодействие глюонов, изменяя силы, которые удерживают кварки вместе.

Физический смысл этого чрезвычайно важен для магии. Если оператор может локально возбудить такое поле  $M_b$ , он способен модулировать сильное взаимодействие — самую мощную силу в природе. Это может привести к изменению стабильности ядерной материи, к ускорению или замедлению ядерных реакций, и даже к временному «освобождению» кварков (деконфайнменту) в микроскопических масштабах. Именно этот механизм лежит в основе таких техник, как «Щит очарования», где поле  $M_c$  восстанавливает удержание очарованных кварков в горячей плазме.

Таким образом, классификация магических полей по их происхождению и каналам взаимодействия даёт нам не просто «список» загадочных существ, а конкретный набор инструментов, с помощью которых оператор может взаимо-

действовать с реальностью на самом фундаментальном уровне. От выбора типа поля и канала зависит, какой аспект физического мира — гравитацию, материю или энергию вакуума — он сможет изменить.

## § 1.3. Геометрическая интерпретация: многомерное пространство-время

До сих пор мы обсуждали поля и их взаимодействия в привычном четырёхмерном пространстве-времени. Однако, чтобы дать естественное объяснение слабости и редкости магических эффектов, а также понять, почему магические поля «спрятаны» от нашего повседневного восприятия, нам необходимо расширить наше представление о геометрии мира. Мы должны перейти от четырёх измерений к многомерному пространству-времени.

Идея о том, что у пространства может быть больше трёх измерений, не нова. Она восходит к работам Теодора Калуцы и Оскара Клейна в 1920-х годах, которые пытались объединить гравитацию и электромагнетизм, добавив пятое, свёрнутое измерение. Сегодня эта идея является краеугольным камнем теории струн и многих других моделей «новой физики». В нашей модели мы берём эту элегантную геометрическую концепцию на вооружение, чтобы объяснить природу магических полей  $M_k$  как проявлений дополнительных измерений.

### 1.3.1. Постулат о дополнительных измерениях

Мы постулируем, что истинное пространство-время не

является четырёхмерным. Оно представляет собой многомерное многообразие  $M^D$  с размерностью

$$D = 4 + N,$$

где  $N$  — число скрытых (компактифицированных) пространственных измерений. Эти измерения «свёрнуты» до чрезвычайно малых размеров, сравнимых с планковской длиной  $l_{\text{Pl}} \approx 1,6 \times 10^{-35}$  м. Именно поэтому мы не можем их непосредственно воспринимать: наши органы чувств и даже самые мощные современные приборы не способны «разглядеть» структуру такого масштаба.

Наглядная аналогия. Представьте себе длинный и очень тонкий садовый шланг. Издалека он кажется одномерной линией. Но если подойти ближе или, тем более, посмотреть на него «глазами» муравья, ползущего по его поверхности, то станет ясно, что у шланга есть второе измерение — его окружность, свёрнутая в крошечное кольцо. Так и наша Вселенная: мы привыкли к трём большим пространственным измерениям (длина, ширина, высота) и одному временному. Но в каждой точке этого привычного пространства могут быть свёрнуты ещё  $N$  крошечных дополнительных измерений, образующих компактное многообразие (например, крошечный  $N$ -мерный тор или сферу).

Почему это важно для магии? Потому что в такой геометрии поля могут «жить» не только в больших, но и в свёрнутых измерениях. Их поведение в этих скрытых измерениях и определяет их наблюдаемые свойства в нашем 4-мерном мире.

### 1.3.2. Зависимость полей от дополнительных координат

В многомерной картине все поля, включая и наши магические поля  $M_k$ , зависят не только от привычных координат  $x^\mu = (t, x, y, z)$ , где  $\mu = 0, 1, 2, 3$ , но и от координат в дополнительных измерениях, которые мы обозначим как  $y^m$ , где  $m = 1, 2, \dots, N$ .

$$M_k = M_k(x, y).$$

Поскольку дополнительные измерения компактны (свёрнуты в кольцо, сферу или другую замкнутую поверхность), зависимость поля от координат  $y$  не может быть произвольной. Она должна быть периодической. А любая периодическая функция, как учит математический анализ, может быть разложена в ряд Фурье — сумму гармоник с дискретными частотами. В нашем случае роль частот играют дискретные импульсы  $p_n$  в дополнительных измерениях. Разложение выглядит следующим образом:

$$M_k(x, y) = \sum_n e^{ip_n y} M_k^{(n)}(x).$$

Поясним эту ключевую формулу. - Индекс  $n$  нумерует «моды» или «гармоники» поля в дополнительных измерениях. Это квантовое число, подобное номеру колебания струны. -  $e^{ip_n y}$  — это волновая функция, описывающая «форму» колебания поля в свёрнутых измерениях. Импульс  $p_n$  квантован, то есть принимает только дискретный набор значений, определяемых геометрией свёрнутых измерений. Например, если измерение свёрнуто в кольцо радиуса  $R$ , то  $p_n = n/R$ , где  $n$  — целое число. -  $M_k^{(n)}(x)$  — это поле в нашем 4-мерном пространстве, соответствующее  $n$ -й моде Калуцы–Клейна. Это и есть то, что мы, жители 4-мерной браины, воспринимаем как отдельные физические поля или частицы!

Что это даёт? Одно-единственное многомерное поле  $M_k(x, y)$  в нашем 4-мерном мире проявляется как бесконечная башня полей  $M_k^{(n)}(x)$  с разными массами. Масса  $n$ -й моды определяется её импульсом в дополнительных измерениях:  $m_n \sim |p_n| = |n|/R$ . Самая лёгкая мода — это  $n = 0$  (нулевой импульс в дополнительных измерениях), и её масса может быть равна нулю или очень мала. Именно эти нулевые моды соответствуют обычным физическим полям, которые

мы хорошо знаем. А вот моды с  $n \neq 0$  будут иметь массы, обратно пропорциональные размеру дополнительных измерений. Поскольку  $R$  чрезвычайно мало, эти массы оказываются огромными — порядка  $1/R \sim 10^{19}$  ГэВ (планковская масса) и выше. Чтобы возбудить такую моду (то есть «родить» соответствующую частицу), нужна колоссальная энергия, недоступная в обычных условиях.

### 1.3.3. Объяснение редкости и слабости магических эффектов

Именно эта многомерная геометрия и квантование импульсов дают элегантное объяснение тому, почему магические эффекты так редки, слабы и трудноуловимы в повседневной жизни.

Низкоэнергетический мир: все поля «спят»

В обычных условиях, при низких энергиях, доступных в нашем макроскопическом мире (комнатная температура, химические реакции, даже большинство ядерных процессов), все поля находятся в своём основном, невозбуждённом состоянии. Это соответствует нулевым модам  $n = 0$ . Это — наши привычные физические поля: электромагнитное, гравитационное и поля частиц Стандартной модели. Вклад высших мод ( $n \neq 0$ ) экспоненциально подавлен, потому что их кванты слишком массивны, чтобы рождаться или оказывать заметное влияние на низкоэнергетические процессы. Магические поля «спят» в своих свёрнутых измерениях, не проявляя себя.

Возбуждение магии: «включение» высших мод

Магические манипуляции оператора — это, с геометрической точки зрения, не что иное, как локальное вложение энергии в систему с целью возбудить высшие моды ( $n \neq 0$ ) магических полей  $M_k$ . Как это происходит? Оператор, используя свой биологический резонансный индуктор (нервную систему), генерирует когерентное поле, которое резонансно взаимодействует с определённой модой Калуцы–Клейна. Это подобно тому, как певец может разбить бокал, если точно попадёт голосом в его резонансную частоту. Оператор «попадает» в резонанс с частотой, соответствующей массе  $m_n$  высшей моды.

Когда это происходит, энергия оператора «перекачивается» в эту моду, возбуждая её. В нашем 4-мерном мире это проявляется как внезапное появление поля  $M_k^{(n)}(x)$  с ненулевой интенсивностью. Это поле уже способно взаимодействовать с обычной материей через каналы, описанные в разделе 1.2, порождая те самые «необычные макроскопические эффекты», которые мы называем магией.

Иерархия эффектов и энергетическая цена

Чем выше номер моды  $n$ , тем больше её масса  $m_n$ , и тем больше энергии требуется для её возбуждения. Следовательно, и магический эффект, производимый этой модой, будет более «экзотическим» и мощным, но и энергетически более затратным.

- Возбуждение низших ненулевых мод (

$n$

$= 1, 2, \dots$ ) может соответствовать простым техникам: изменение вероятностей, слабые силовые воздействия, целительство на клеточном уровне.

- 

Возбуждение высоких мод требует колоссальных энергий, сопоставимых с энергиями, достижимыми только на ускорителях или в астрофизических катаклизмах. Именно поэтому такие техники, как «Щит очарования» или создание сингулярности, находятся за гранью возможностей одиночного оператора и требуют либо коллективных ритуалов, либо использования естественных резонаторов (мест силы, планет).

Таким образом, многомерная геометрическая интерпретация даёт нам не только красивую картину мира, но и количественное объяснение редкости и «энергоёмкости» магии. Магия — это не нарушение законов физики, а высокоэнергетическая физика дополнительных измерений, доступная лишь тем, кто способен «дотянуться» до свёрнутых степеней свободы реальности. В этом смысле оператор подобен физику-экспериментатору, который использует не ускоритель частиц, а собственную когерентную нервную систему для зондирования скрытых измерений нашего мира.

## **§ 1.4. Алгебраическая структура: симметрии и калибровочная инвариантность**

Любая фундаментальная физическая теория должна не только описывать, «из чего состоит» мир (кинематика), но и определять правила, по которым эти составляющие взаимодействуют и преобразуются. Эти правила диктуются симметриями. Симметрии — это преобразования, которые оставляют физические законы неизменными. Они играют роль «каркаса» или «скелета» теории, определяя, какие величины сохраняются, какие взаимодействия возможны, и даже какие частицы должны существовать.

В нашей расширенной модели симметрии не только включают известные калибровочные группы Стандартной модели, но и расширяются за счёт новой «магической» группы  $G_M$ . Кроме того, мы должны учитывать, что симметрии могут быть спонтанно нарушены, что приводит к появлению масс у частиц и возникновению новых скалярных полей. В этом разделе мы формализуем алгебраическую структуру симметрий нашей теории.

### **1.4.1. Расширенная группа симметрий**

Полная группа симметрий, которой подчиняется наша система, является прямым произведением нескольких незави-

симых групп, каждая из которых отвечает за определённый тип взаимодействий или преобразований:

$$G_{\text{полн}} = \text{Диффеоморфизмы}(\mathcal{M}^{4+N}) \times SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y \times G_M.$$

Разберём каждый «множитель» в этом произведении.

1. Диффеоморфизмы — общая ковариантность

Диффеоморфизмы — это группа всех гладких обратимых преобразований координат в нашем многомерном пространстве-времени  $M^4 + N$ . Это фундаментальная симметрия любой геометрической теории гравитации, включая Общую теорию относительности Эйнштейна. Она означает, что законы физики не зависят от выбора системы координат. Вы можете описывать движение планеты в сферических координатах или в декартовых — уравнения, предсказывающие её траекторию, будут иметь одинаковый физический смысл, хотя их математическая форма изменится.

Следствие для магии: Из этой симметрии вытекает ковариантное сохранение тензора энергии-импульса  $\nabla_\mu T^{\mu\nu} = 0$ . Это означает, что энергия и импульс не могут возникать из ничего или исчезать бесследно; они могут лишь перераспределяться между материей и гравитационным полем. Оператор не может «создать» энергию; он может только перена-

править её из одного резервуара в другой.

## 2. Калибровочные симметрии Стандартной модели

- SU

(3)

$c$

— группа сильного взаимодействия. Она описывает симметрию относительно вращений в трёхмерном «цветовом» пространстве кварков и глюонов. Эта симметрия не нарушена, и её генераторы соответствуют восьми типам глюонов.

- SU

(2)

$L$

$\times$

U

(1)

$Y$

— группа электрослабого взаимодействия. Она описывает симметрию относительно вращений в пространстве «слабого изоспина» (действует только на левые фермионы) и преобразований «гиперзаряда». Эта симметрия спонтанно нарушена до электромагнитной

U

(1)

ЭМ

механизмом Хиггса, что приводит к появлению масс у

W

$\pm$

- и

$Z$

-бозонов и оставляет фотон безмассовым.

Эти симметрии хорошо изучены и экспериментально подтверждены. В нашей модели они не нарушаются магическими процессами. Магия действует в дополнение к ним, через свой собственный канал  $G_M$ .

### 3. Магическая калибровочная группа $G_M$

Это ключевое нововведение.  $G_M$  — это новая группа симметрий, связанная исключительно с магическими полями. Её структура определяет типы магических зарядов и характер взаимодействий между магическими полями.

•

Простейший случай:

$U$

(1)

$M$

(абелева группа).

Это аналог электромагнитной симметрии. Она приводит к сохранению одного типа магического заряда (условно — «маны»). Преобразования этой группы коммутируют: результат двух последовательных преобразований не зависит от их порядка. Кванты соответствующего калибровочного

поля (назовём их

$Z$   
,

$c$

-бозонами) не взаимодействуют друг с другом напрямую (в отсутствие других полей).

•

Более сложный случай: неабелева группа (например,

$SU$

(2)

$M$

или

$SU$

(3)

$M$

).

В этом случае преобразования не коммутируют (как повороты в трёхмерном пространстве: повернуть сначала вокруг оси

$X$

, потом вокруг

$Y$

— не то же самое, что в обратном порядке). Это приводит к тому, что кванты магического поля взаимодействуют друг с другом, подобно глюонам. Они могут образовывать

связанные состояния («маглюболы») и участвовать в сложных нелинейных процессах, что открывает богатые возможности для магических техник, основанных на самодействии поля

$M_c$

#### 1.4.2. Калибровочные преобразования для магических полей

Требование инвариантности лагранжиана относительно локальных преобразований группы  $G_M$  диктует, как именно должны преобразовываться магические поля  $M_k$  при калибровочных преобразованиях. В случае неабелевой группы закон преобразования становится нелинейным:

$$M_k \rightarrow M_k + \partial_\mu \theta + [M_k, \theta].$$

Здесь: -  $\theta = \theta(x)$  — параметр преобразования, который является функцией координат и принимает значения в алгебре Ли группы  $G_M$ . -  $\partial_\mu \theta$  — стандартный член, аналогичный градиентному преобразованию в электродинамике. -  $[M_k, \theta]$  — коммутатор в алгебре Ли. Этот член появляется только для неабелевых групп и отражает тот факт, что поля  $M_k$  сами несут магический заряд и взаимодействуют друг с другом.

Наличие коммутатора означает, что калибровочные бозо-

ны поля  $M_c$  могут испускать и поглощать другие такие же бозоны. Это самодействие является источником нелинейностей в уравнениях поля и делает возможным существование солитонов, вихрей и других топологических структур, столь важных для магии.

### 1.4.3. Механизм генерации масс (Магический механизм Хиггса)

Симметрия  $G_M$ , как и электрослабая симметрия в Стандартной модели, может быть спонтанно нарушена. Это происходит, если некоторое скалярное магическое поле (аналог поля Хиггса) приобретает ненулевое вакуумное среднее. Рассмотрим, к чему это приводит.

Пусть существует комплексное скалярное поле  $\Phi$  (или набор полей), преобразующееся по некоторому представлению группы  $G_M$ . Его потенциал имеет типичную «хиггсовскую» форму:

$$V(\Phi) = \mu^2 |\Phi|^2 + \lambda |\Phi|^4.$$

•

Если

$$\frac{\mu}{2}$$

$> 0$ , потенциал имеет единственный минимум в точке

$\Phi$

$= 0$ . Поле в вакууме равно нулю, симметрия

$G_M$

не нарушена. Кванты калибровочного поля

$M_c$

безмассовы.

•

Если

$\mu$

$2$

$< 0$ , точка

$\Phi$

$= 0$  становится неустойчивой (локальный максимум), а

минимумы потенциала образуют «окружность» ненулевых значений: |

$\Phi$

| =

$v_c$

$= \sqrt{(-$

$\mu$

$2$

$/(2$

$\lambda$

)). Поле

$\Phi$

«скатывается» в один из этих минимумов, приобретая ненулевое вакуумное среднее

$$v_c$$

.

Это и есть спонтанное нарушение симметрии.

Последствия нарушения симметрии  $G_M$ :

Масса калибровочных бозонов. Кванты полей  $M_c$ , соответствующие нарушенным генераторам группы  $G_M$ , приобретают массу. В случае  $U(1)_M$  масса единственного калибровочного бозона  $Z'_c$  равна  $M_{Z'_c} = g_c v_c$ , где  $g_c$  — калибровочная константа связи. Чем больше  $v_c$ , тем тяжелее частица.

Появление магического бозона Хиггса. В спектре частиц появляется массивная скалярная частица — магический бозон Хиггса  $\varphi_c$ . Его масса  $M_{\varphi_c} = \sqrt{(2\lambda)}v_c$ . Эта частица может быть как легче, так и тяжелее калибровочного бозона.

Эффективные потенциалы и топологические дефекты. Нарушение симметрии создаёт условия для возникновения топологических дефектов (вихрей, струн, монополей), которые представляют собой устойчивые полевые конфигурации, «замороженные» в состоянии с нарушенной симметрией. Эти дефекты играют ключевую роль в магии как долгоживущие резервуары энергии и каналы её передачи.

Почему это важно для магии? Спонтанное нарушение  $G_M$  объясняет, почему магические поля обычно не проявляют себя на макроуровне: их кванты массивны, и для их рож-

дения требуется значительная энергия. Оператор, по сути, должен локально «восстановить» симметрию или возбудить кванты над вакуумом, что и требует специальных техник и резонансных условий. С другой стороны, существование топологических дефектов, возникших при нарушении симметрии в ранней Вселенной или в местах силы, даёт оператору готовые «инструменты» для работы с магической энергией.

### Резюме §1.4

В этом разделе мы заложили алгебраический фундамент нашей теории. Мы показали, что:

Полная группа симметрий включает общекоординатные преобразования (диффеоморфизмы), калибровочные группы Стандартной модели и новую магическую группу  $G_M$ .

Структура  $G_M$  (абелева или неабелева) определяет, будут ли кванты поля  $M_c$  взаимодействовать друг с другом, и какие законы сохранения магического заряда действуют.

Калибровочная инвариантность относительно  $G_M$  диктует вид преобразований полей и форму их взаимодействий.

Спонтанное нарушение симметрии  $G_M$  (магический механизм Хиггса) приводит к появлению масс у калибровочных бозонов  $Z'_c$ , рождению магического бозона Хиггса  $\varphi_c$  и возникновению топологических дефектов.

Таким образом, симметрии не только придают теории внутреннюю согласованность и красоту, но и определяют ключевые свойства магических полей, которые будут ис-

пользоваться в динамике (Глава 2) и при описании конкретных техник (Глава 5).

## § 1.5. Частоты поля, резонансы, когеренция и декогеренция (введение)

До сих пор мы занимались «статикой» магических полей: определили, из чего они состоят (§1.1), как классифицируются (§1.2), в каком геометрическом пространстве существуют (§1.3) и каким симметриям подчиняются (§1.4). Однако магия — это прежде всего динамика: поля меняются во времени, взаимодействуют, переносят энергию. Чтобы подготовить почву для последующих глав, где эти процессы будут рассмотрены во всей полноте, мы введём здесь четыре фундаментальных понятия, без которых невозможно понять, как работает магия: частота, резонанс, когеренция и декогеренция.

### 1.5.1. Частоты магических полей

Любое поле  $\Phi(x,t)$  (будь то  $M_c$ ,  $A_\mu$  или даже  $g_{\mu\nu}$ ) можно представить как совокупность колебаний с разными частотами  $\omega$  и волновыми векторами  $k$ . В квантовой теории каждой такой моде соответствует частица с энергией  $E = \hbar\omega$  и импульсом  $p = \hbar k$ . Соотношение между  $\omega$  и  $k$  называется законом дисперсии.

Для свободного массивного поля  $M_c$  (после нарушения

симметрии) закон дисперсии имеет релятивистский вид:

$$\omega^2 = c^2 |\mathbf{k}|^2 + \frac{m_c^2 c^4}{\hbar^2},$$

где  $m_c$  — масса кванта очарования ( $Z'_c$ -бозона). Эта формула говорит нам, что даже в состоянии покоя ( $k = 0$ ) поле  $M_c$  осциллирует с минимальной (комптоновской) частотой  $\omega_0 = m_c c^2 / \hbar$ . Для массы  $m_c \sim 100$  ГэВ эта частота колоссальна — порядка  $10^{26}$  Гц, что на много порядков выше частот видимого света. Именно поэтому возбудить поле  $M_c$  «напрямую», без резонансных ухищрений, крайне трудно.

Однако, как мы видели в §1.3.3, в многомерной картине существуют высшие моды Калуцы–Клейна  $M_k^{(n)}(x)$ , массы которых  $m_n \sim n/R$  могут быть значительно меньше планковских, а соответствующие частоты — попадать в более доступные диапазоны. Оператор, настраиваясь на эти частоты, может взаимодействовать с магическим сектором при гораздо меньших энергозатратах.

### 1.5.2. Резонанс

Резонанс — это явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, когда частота внешнего воздействия совпадает с одной из собственных частот системы. В магии резонанс является основным механизмом уси-

ления слабых воздействий оператора до макроскопических масштабов.

В линейном приближении отклик поля  $M_c$  на внешний источник  $Q_c(t, x)$  можно представить как интеграл по всем возможным модам:

$$M_c(x) \sim \int \frac{d^4 k}{(2\pi)^4} \frac{\tilde{Q}_c(k)}{k^2 - m_c^2 + i\epsilon} e^{-ikx}.$$

Здесь  $k^2 = \omega^2 - |\mathbf{k}|^2$  (в единицах  $c = 1$ ), а знаменатель  $k^2 - m_c^2$  обращается в ноль, когда частота и волновой вектор источника совпадают с законом дисперсии свободного кванта. В этот момент амплитуда поля  $M_c$  стремится к бесконечности (в идеальной линейной модели), а в реальности — многократно возрастает, ограниченная лишь диссипативными процессами (шириной резонанса  $\Gamma$ ):

$$M_c(x) \sim e^{-\Gamma t} \cos(\omega_{\text{рез}} t).$$

Практическое значение. Резонанс позволяет оператору даже очень слабым, но точно настроенным воздействием (например, ритмической активностью нейронов на частоте  $\sim$

7,8 Гц — резонанс Шумана) вызвать мощный отклик в поле  $M_c$ . Именно поэтому ритуалы, мантры, музыкальные инструменты и геометрические резонаторы играют столь важную роль в магии: они служат инструментами точной настройки частоты.

Детально резонансные явления, включая нелинейные эффекты и примеры конкретных техник («Сингулярность очарования», «Колесо Баланса»), будут рассмотрены в Главе 2 и Главе 3.

### 1.5.3. Когеренция

Когерентность — это согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процессов. Два источника когерентны, если разность их фаз постоянна. В квантовой механике когерентность тесно связана с понятием суперпозиции состояний и является необходимым условием для проявления интерференционных эффектов.

В контексте магии когерентность проявляется на двух уровнях:

Классическая (фазовая) когерентность поля  $M_c$ . Когда миллиарды нейронов оператора синхронизируют свою активность (например, в гамма-ритме), излучаемые ими поля  $M_c$  складываются в фазе, создавая макроскопическое когерентное поле. Это аналогично тому, как множество маленьких антенн, работающих согласованно, формируют мощный направленный луч (фазированная антенная решётка).

Без когерентности излучения отдельных нейронов просто «усреднились» бы до нуля.

Квантовая когерентность. На уровне микротрубочек и других субклеточных структур нейроны оператора могут поддерживать квантовые суперпозиции состояний поля  $M_c$  и очарованных кварков. Это позволяет выполнять квантовые вычисления и реализовывать техники, основанные на запутанности и квантовой интерференции.

Математически когерентность характеризуется наличием ненулевых недиагональных элементов матрицы плотности  $\rho_{ij}$  ( $i \neq j$ ). Для чистого квантового состояния  $|\Psi\rangle$  матрица плотности  $\rho = |\Psi\rangle\langle\Psi|$ , и когерентность максимальна.

Подробно квантовая когерентность, её роль в магии и биологические механизмы её поддержания будут обсуждаться в Главе 6 Раздела 3.

#### 1.5.4. Декогеренция

Декогеренция — это процесс разрушения квантовой когерентности (и, как следствие, суперпозиции и запутанности) из-за взаимодействия системы с окружающей средой. Если когерентность — это «порядок», то декогеренция — это «хаос», вносимый тепловыми флуктуациями, столкновениями частиц, случайными электромагнитными полями.

В контексте магии декогеренция — главный враг оператора. Она накладывает фундаментальные ограничения на возможность квантовой магии и на стабильность любых магических структур.

Механизм декогеренции. Окружающая среда постоянно «измеряет» состояние квантовой системы. Каждое взаимодействие с фотоном, молекулой воздуха или фононом (тепловым колебанием решётки) приводит к «запутыванию» системы с окружением. Когда мы теряем информацию о состоянии окружения (а мы всегда её теряем), система из чистого квантового состояния переходит в смешанное, описываемое диагональной матрицей плотности. Суперпозиция исчезает, остаются только классические вероятности.

Время, за которое происходит этот процесс, называется временем декогеренции  $\tau_{\text{деког}}$ . Для макроскопических объектов оно исчезающе мало ( $\sim 10^{-23}$  с), но для микроскопических квантовых систем (например, микротрубочек) может быть значительно больше — до микросекунд и даже миллисекунд, особенно при низких температурах или в специально изолированных условиях.

Факторы, усиливающие декогеренцию в магии:

•

Высокая температура (

$T$

$>$

$T_c$

). В режиме деконфайнмента (Глава 3) очарованные кварки становятся свободными, интенсивно взаимодействуют с плазмой, и когерентность поля

$M_c$

разрушается практически мгновенно.

•

Электромагнитные помехи, стресс, боль. Всё это вносит дополнительный «шум» в нервную систему оператора, нарушая синхронизацию нейронов и разрушая когерентность излучаемого поля.

Методы борьбы с декогеренцией. Оператор использует несколько стратегий: - Коллективная когерентность. Синхронизация огромного числа нейронов создаёт мощный сигнал, который «пробивается» сквозь шум. - Изоляция. Использование резонансных камер, мест силы с пониженным шумовым фоном, а также внутренняя концентрация, снижающая «внутренний шум» организма. - Квантовая коррекция ошибок и топологическая защита. На высших уровнях мастерства оператор может использовать запутанные состояния и топологические кубиты (вихри  $M_C$ ), которые менее чувствительны к локальным шумам.

Детальный анализ декогеренции и её влияния на магические техники будет проведён в Главе 6 Раздела 3, § 6.2 и § 6.5, а также в контексте рисков Главы 5 Раздела 3.

## Резюме §1.5

В этом вводном разделе мы обозначили четыре ключевых динамических понятия, которые образуют мост между статической формализацией полей (Глава 1) и их динамикой (Главы 2–6). Частота и резонанс объясняют, *как* оператор может эффективно возбуждать магические поля; коге-

ренция — *почему* согласованная работа нервной системы и квантовых состояний приводит к макроскопическим эффектам; декогеренция — *почему* магия так трудна и требует специальных условий. В следующих главах эти понятия будут наполнены конкретным математическим и физическим содержанием.

## Глава 2. Уравнения движения и квант очарования

После того как в Главе 1 была построена кинематика — определено полевое содержание реальности  $\Psi$ , геометрия пространства-времени и алгебра симметрий, — необходимо перейти к динамике. Как эта система полей эволюционирует во времени? Как она реагирует на внешнее воздействие? Ответ на эти вопросы даёт принцип наименьшего действия, который является фундаментом любой современной физической теории.

В этой главе мы сформулируем расширенное действие для системы  $\Psi$ , включающее специальный лагранжиан очарования. Из него будут выведены уравнения движения для всех ключевых полей, и особое внимание будет уделено новому объекту — кванту очарования как универсальному медиатору между оператором и реальностью. Мы покажем, как точечные возмущения превращаются в макроскопические эффекты через нелинейные взаимодействия, резонансы и топологическую стабилизацию.

## § 2.1. Принцип наименьшего действия для магической системы

Динамика системы полей  $\Psi$  полностью определяется функционалом действия  $S[\Psi]$ . Эволюция системы происходит таким образом, чтобы действие было экстремальным (обычно минимальным). Для нашей расширенной теории действие принимает следующий вид:

$$S[\Psi] = \int (\mathcal{L}_{\text{своб}}(\Psi, \partial\Psi) + \mathcal{L}_{\text{взаим}}(\Psi) + \mathcal{L}_{\text{очарование}}(M_c, \psi_c)) \sqrt{-g} d^4x.$$

Здесь  $\sqrt{-g} d^4x$  — инвариантный элемент 4-объёма в искривлённом пространстве-времени с метрикой  $g_{\mu\nu}$ . Рассмотрим каждое из трёх слагаемых лагранжиана подробно.

### 2.1.1. Лагранжиан свободных полей $L_{\text{своб}}$

Этот лагранжиан описывает кинетическую энергию и массовые члены для каждого поля по отдельности, без учёта их взаимодействия друг с другом. Он представляет собой сумму стандартных лагранжианов для каждого типа поля:

$$\mathcal{L}_{\text{своб}} = \mathcal{L}_{\text{Эйнштейна-Гильберта}} + \mathcal{L}_{\text{СМ}} + \mathcal{L}_{M_k}.$$

Гравитация (лагранжиан Эйнштейна–Гильберта):

$$\mathcal{L}_{\text{Э-Г}} = \frac{1}{16\pi G} R,$$

где  $R$  — скалярная кривизна, полученная свёрткой тензора Риччи  $R_{\mu\nu}$ , который, в свою очередь, зависит от метрики  $g_{\mu\nu}$  и её производных.

Поля Стандартной модели ( $\mathcal{L}_{\text{СМ}}$ ): Сюда входят кинетические члены для калибровочных полей  $A_\mu$ ,  $G_\mu^a$ ,  $W_\mu^i$  (например,  $-1/4 F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$ ), дираковский лагранжиан для фермионов  $\psi\text{-bar}(i \gamma^\mu \partial_\mu - m)\psi$  и члены для поля Хиггса.

Магические поля ( $\mathcal{L}_{M_k}$ ): Для каждого магического поля  $M_k$  постулируется кинетический член, аналогичный членам для известных полей, но с возможными дополнительными параметрами. Например, для векторного магического поля  $M_{ci}$  (поля очарования) кинетический член имеет вид калибровочно-инвариантного тензора напряжённости:

$$\mathcal{L}_{M_c}^{\text{кин}} = -\frac{1}{4}F_{c\mu\nu}F_c^{\mu\nu},$$

где  $F_{c\mu\nu} = \partial_\mu M_{c\nu} - \partial_\nu M_{c\mu} + g_c f^{abc} M_{c\mu}^b M_{c\nu}^c$ . Нелинейный член с  $g_c f^{abc} M_{c\mu}^b M_{c\nu}^c$  возникает, если магическая группа  $G_M$  является неабелевой, и описывает самодействие квантов магического поля.

### 2.1.2. Лагранжиан взаимодействий $L_{\text{взаим}}$

Этот лагранжиан описывает кросс-взаимодействия между различными полями. В Стандартной модели он включает, например, взаимодействие фермионов с калибровочными полями через ковариантную производную. В нашей модели он расширяется за счёт членов, связывающих магические поля  $M_k$  с полями Стандартной модели. Эти члены были классифицированы в Главе 1 (тензорные, спинорные, скалярные каналы).

В общем виде  $L_{\text{взаим}}$  можно представить как сумму всевозможных произведений полей различных типов с соответствующими константами связи. Например, для взаимодействия поля  $M_c$  с гравитацией через тензорный канал:

$$\mathcal{L}_{\text{взаим}} \supset \alpha M_c^{\mu\nu} R_{\mu\nu},$$

где  $\alpha$  — константа связи.

### 2.1.3. Лагранжиан очарования $\mathcal{L}_{\text{очарование}}$

Это центральный элемент модели, вводящий специфическое взаимодействие, которое отвечает за передачу энергии и организацию связей в магических техниках. Он выделен в отдельное слагаемое из-за его особой роли.

Лагранжиан очарования построен по полной аналогии с квантовой хромодинамикой (КХД) или теорией электрослабых взаимодействий, но с ключевым отличием: он связывает магическое поле очарования  $M_c$  и очарованные кварки  $\psi_c$  (или их аналоги в магическом секторе). Выбор очарованных кварков (charm) не случаен — в Стандартной модели это достаточно тяжёлые кварки, которые служат «мостом» между обычной материей и малодоступным сектором.

$$\mathcal{L}_{\text{очарование}} = \lambda_c \bar{\psi}_c M_c \psi_c + \frac{1}{4} F_{c\mu\nu} F_c^{\mu\nu}.$$

•

Первый член (

$\lambda_c$

$\psi$

-

$\bar{\psi}_c$

$M_c$

$\psi_c$

): Это взаимодействие типа Юкавы. Оно означает, что очарованные кварки

$\psi_c$

могут испускать или поглощать кванты поля

$M_c$

.

Константа

$\lambda_c$

определяет «силу очарования» — насколько интенсивно это взаимодействие.

•

Второй член (1/4

$F_{c\mu\nu}$

$F_c^{\mu\nu}$

): Это кинетический член для поля

$M_c$

. Тензор напряжённости

$F_{c\mu\nu}$

строится стандартным образом.

Если поле

$M_c$

является абелевым (группа U(1)

$M$

), то

$$F_{c\mu\nu} = \partial_\mu M_{c\nu} - \partial_\nu M_{c\mu}.$$

•  
Если группа неабелева (например, SU  
(2)

$M$   
) , то добавляется нелинейный член:

$$F_{c\mu\nu}^a = \partial_\mu M_{c\nu}^a - \partial_\nu M_{c\mu}^a + g_c f^{abc} M_{c\mu}^b M_{c\nu}^c.$$

•  
Наличие нелинейного члена приводит к тому, что кванты поля

$M_c$   
взаимодействуют друг с другом, что может порождать богатую структуру связанных состояний («маглюболов») и топологических дефектов.

Этот параграф закладывает динамический фундамент всей теории. Далее, в §2.2, из сформулированного действия

будут выведены конкретные уравнения движения для полей  $M_c$ ,  $\psi_c$  и гравитации, а в §2.3 мы детально рассмотрим свойства кванта очарования.

## § 2.2. Вывод уравнений движения (уравнения Эйлера–Лагранжа)

Имея в руках функционал действия  $S[\Psi]$ , мы можем получить уравнения, управляющие эволюцией каждой компоненты единого поля. В полевой теории для этого используется вариационный принцип: реальные физические конфигурации полей соответствуют экстремумам действия, то есть  $\delta S = 0$ . Применяя стандартную технику вариационного исчисления, мы приходим к уравнениям Эйлера–Лагранжа. Для произвольного поля  $\Phi$  (которое может обозначать любую компоненту  $\Psi$ ) это уравнение имеет вид:

$$\partial_\mu \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial (\partial_\mu \Phi)} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Phi} = 0.$$

Физически оно означает, что скорость изменения «канонического импульса» поля определяется «силой», действующей на поле со стороны потенциала и взаимодействий. Теперь мы применим этот рецепт к ключевым полям нашей системы.

### 2.2.1. Уравнения для магического поля очарования $M_{cv}$

Варьируя действие по векторному магическому полю  $M_{c\nu}$ , мы получаем уравнение, которое по структуре идентично уравнениям Максвелла для электродинамики или уравнениям Янга–Миллса для неабелевых калибровочных полей, но с двумя принципиально важными источниками в правой части:

$$\partial_\mu F_c^{\mu\nu} = g_c \bar{\psi}_c \gamma^\nu \psi_c + \kappa_c M_c^\nu \cdot \Psi_{\text{mag}}.$$

Разберём каждый элемент этого фундаментального уравнения.

•

Левая часть

$\partial$

$\mu$

$F_c^{\mu\nu}$

— это 4-дивергенция тензора напряжённости поля

$M_c$

. В электродинамике подобный член описывает, как фотоны распространяются в пустоте. Здесь он показывает, как поле

$M_c$

меняется в пространстве-времени под действием сво-

их собственных внутренних «натяжений». Если бы правая часть равнялась нулю, мы имели бы просто свободное магическое поле, распространяющееся без источников.

•

Первое слагаемое правой части

$g_c$

$\psi$

-

$\bar{\psi}_c$

$\gamma^\nu$

$\psi_c$

— это очарованный ток

$J_c^\nu$

. Он является аналогом электрического тока в электродинамике, но создаётся не электрическими зарядами, а движущимися или осциллирующими очарованными кварками

$\psi_c$

. Вектор

$\gamma^\nu$

— это матрицы Дирака, а комбинация

$\psi$

-

$\bar{\psi}_c$

$\gamma^\nu$

$\psi_c$

имеет смысл 4-вектора плотности тока. Этот член говорит нам: очарованные кварки служат источниками и стоками поля

$$M_c$$

. Если кварки ускоряются, они излучают кванты очарования; если поле

$$M_c$$

воздействует на кварки, оно меняет их движение.

Константа

$$g_c$$

— калибровочная константа связи, определяющая силу этого взаимодействия.

•

Второе слагаемое

$$\kappa_c$$

$$M_c^\nu$$

.

$$\psi$$

маг

— это кросс-полярный член. Здесь

$$\psi$$

маг

обозначает некоторую комбинацию других магических полей (или их средних значений, или производных), а

$$\kappa_c$$

— соответствующая константа связи. Этот член описывает важнейшее свойство: поле очарования

$M_c$

не изолировано; оно может обмениваться энергией и импульсом с остальным магическим сектором. Благодаря этому члену возможны сложные многоступенчатые техники, в которых энергия перетекает из одного магического канала в другой, а также взаимодействие с полями

$M$

$0$

и

$M$

info

.

Таким образом, уравнение для  $M_c$  даёт нам полную картину того, как магическое поле возбуждается очарованными кварками и как оно взаимодействует со своими «собратями» по магическому сектору.

### 2.2.2. Уравнение для очарованных кварков $\psi_c$

Теперь проварьируем действие по фермионному полю очарованных кварков  $\psi_c$ . Результатом будет модифицированное уравнение Дирака, описывающее движение этих частиц под влиянием поля  $M_c$ :

$$(i\gamma^\mu D_\mu - m_c)\psi_c = \lambda_c M_c \psi_c.$$

Поясним структуру этого уравнения.

•

Левая часть — это стандартное уравнение Дирака для свободной частицы с массой

$m_c$

(массой очарованного кварка), но с важным дополнением: производная

$\partial$

$\mu$

заменена на ковариантную производную

$D_\mu$

=

$\partial$

$\mu$

-

$i$

$g_c$

$M_{c\mu}$

. Это минимальная замена, диктуемая калибровочной инвариантностью: она вводит взаимодействие кварка с полем

$M_c$

точно так же, как в квантовой электродинамике вводится

взаимодействие электрона с фотоном через замену

$$\partial$$

$$\mu$$

$$\rightarrow$$

$$\partial$$

$$\mu$$

$$-$$

$$i$$

$$e$$

$$A_\mu$$

. Этот член описывает, как поле

$$M_c$$

«толкает» кварки, меняя их импульс.

•

Правая часть

$$\lambda_c$$

$$M_c$$

$$\psi_c$$

— это дополнительное взаимодействие типа Юкавы, которое не имеет аналога в КЭД (где фотон не взаимодействует с зарядом через подобный член). Оно показывает, что поле

$$M_c$$

действует на кварк не только как калибровочное поле, но и как эффективная добавка к массе или как внешний скалярный потенциал. Если поле

$M_c$ 

велико, эффективная масса кварка

 $m$ 

эфф

 $\approx$  $m_c$ 

-

 $\lambda_c$  $M_c$ 

может временно измениться, что кардинально влияет на его динамику. Именно этот механизм лежит в основе техники «Щит очарования», где сильное поле

 $M_c$ 

восстанавливает конфайнмент в горячей плазме.

Оба уравнения — для  $M_c$  и для  $\psi_c$  — образуют связанную нелинейную систему. Поле  $M_c$  создаётся токами кварков, а кварки, в свою очередь, движутся под действием поля  $M_c$ . Это самосогласованная динамика, аналогичная взаимодействию электромагнитного поля и заряженных частиц в плазме, но с дополнительным юкавским членом.

### 2.2.3. Уравнения для гравитационного поля (модифицированные уравнения Эйнштейна)

Поскольку все поля, включая магические, обладают энергией и импульсом, они должны влиять на геометрию пространства-времени. Уравнения гравитации получаются ва-

риацией действия по метрике  $g_{\mu\nu}$ . Хотя полный вывод здесь громоздок, результат можно представить в виде модифицированных уравнений Эйнштейна:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}^{(\text{полн})},$$

где полный тензор энергии-импульса теперь включает вклады от всех секторов:

$$T_{\mu\nu}^{(\text{полн})} = T_{\mu\nu}^{\text{СМ}} + T_{\mu\nu}^{M_c} + T_{\mu\nu}^{\text{взаим}}.$$

Особый интерес представляет вклад поля очарования  $M_c$  и его взаимодействия с кварками:

$$T_{\mu\nu}^{M_c} = F_{c\mu\alpha}F_{c\nu}^{\alpha} - \frac{1}{4}g_{\mu\nu}F_{c\alpha\beta}F_c^{\alpha\beta} + \lambda_c\bar{\psi}_c\gamma_{(\mu}M_{c\nu)}\psi_c.$$

Поясним структуру этого тензора: - Первые два слагаемых — это стандартный тензор энергии-импульса для калибровочного поля (точно такой же, как для электромагнитного поля в классической электродинамике). Они описыва-

ют энергию и давление самого поля  $M_c$ . - Третье слагаемое — вклад от юкавского взаимодействия между полем  $M_c$  и кварками. Круглые скобки в индексах  $\gamma_{(\mu} M_{c\nu)}$  означают симметризацию:  $\gamma_{(\mu} M_{c\nu)} = 1/2(\gamma_{\mu} M_{c\nu} + \gamma_{\nu} M_{c\mu})$ . Это обеспечивает симметричность тензора энергии-импульса, как того требует ОТО.

Физическое следствие. Это уравнение означает, что любое локальное возбуждение поля  $M_c$  или изменение тока очарованных кварков непосредственно искривляет пространство-время. В обычных условиях плотность магической энергии ничтожна по сравнению с плотностью массы обычного вещества, и гравитационные эффекты магии незаметны. Но в экстремальных случаях — при создании сингулярностей, при работе с огромными плотностями энергии в технике «Колесо Баланса» или вблизи магических чёрных дыр — магия может напрямую создавать ощутимые гравитационные аномалии, включая отталкивание (антигравитацию) или притяжение без видимой массы.

Таким образом, мы получили замкнутую систему уравнений, описывающих динамику ключевых компонент магической реальности: самого поля очарования  $M_c$ , его источника — очарованных кварков  $\psi_c$ , и геометрического фона — гравитационного поля  $g_{\mu\nu}$ . Эта система служит теоретической основой для моделирования любых магических техник и процессов, от микроскопических квантовых переходов до

макроскопических астрофизических явлений.

## § 2.3. Квант очарования как фундаментальный медиатор

Из уравнений движения, выведенных в предыдущем разделе, особенно из уравнения для поля  $M_c$  и уравнения Дирака для очарованных кварков, отчётливо видно, что поле  $M_c$  играет центральную роль в магических взаимодействиях. Его кванты — частицы, которые мы называем «квантами очарования» (или  $Z'_c$ -бозонами, в честь аналогии с  $Z$ -бозоном электрослабой теории), — являются универсальными переносчиками магического воздействия. Подобно тому как фотоны переносят электромагнитное взаимодействие, а глюоны — сильное, кванты очарования передают энергию, импульс и «магический заряд» от оператора к целевой системе и обратно.

### 2.3.1. Передача энергии и неабелевы взаимодействия

Кванты очарования переносят энергию точно так же, как фотоны: если оператор создаёт осциллирующий источник (например, синхронизированные нейронные ансамбли), то энергия этого источника излучается в виде потока квантов  $M_c$ . Однако, если магическая калибровочная группа  $G_M$  является неабелевой (например,  $SU(2)_M$ ), то кванты очарования обладают одним принципиально важным свойством, отличающим их от фотонов: они взаимодействуют друг с дру-

ГОМ.

В неабелевых калибровочных теориях, таких как квантовая хромодинамика (КХД), переносчики взаимодействия (глюоны) сами несут заряд и могут испускать и поглощать другие глюоны. Это приводит к тому, что силовые линии поля не расходятся равномерно, а стягиваются в узкие «трубки» или «струны». Аналогично, если группа  $G_M$  неабелева, кванты  $M_c$  могут образовывать связанные состояния — «клубки» силовых линий, называемые маглюболами. Энергия может запасаться не просто в виде свободно распространяющихся квантов, а в виде таких стабильных или метастабильных сгустков поля, что открывает путь для создания долгоживущих магических структур.

### 2.3.2. Резонансные явления

Одним из важнейших механизмов, делающих магию практически осуществимой, является резонанс. Поскольку квант очарования обладает массой  $m_c$ , его рождение требует затраты энергии, пропорциональной этой массе. Если оператор просто «толкает» поле  $M_c$  на произвольной частоте, эффективность передачи энергии будет низкой. Но если частота воздействия совпадает с собственной частотой кванта, возникает резкое усиление отклика.

В линейном приближении отклик поля  $M_c$  на внешний источник  $Q_{\sim c}(k)$  можно записать как интеграл по всем возможным 4-импульсам  $k$ :

$$M_c(x) \sim \int \frac{d^4 k}{(2\pi)^4} \frac{\tilde{Q}_c(k)}{k^2 - m_c^2 + i\epsilon} e^{-ikx}.$$

Здесь знаменатель  $k^2 - m_c^2$  (где  $k^2 = \omega^2 - |\mathbf{k}|^2$  в единицах  $c = 1$ ) обращается в ноль, когда источник колеблется с частотой и волновым вектором, удовлетворяющими закону дисперсии свободного кванта:  $\omega^2 - |\mathbf{k}|^2 = m_c^2$ . В этот момент амплитуда поля  $M_c$  в знаменателе стремилась бы к бесконечности, но физически она ограничивается потерями энергии из-за распадов и взаимодействий, что характеризуется шириной резонанса  $\Gamma$ . В результате амплитуда поля осциллирует по закону:

$$M_c(x) \sim e^{-\Gamma t} \cos(\omega_{\text{рез}} t),$$

где амплитуда в максимуме может быть на много порядков больше, чем далеко от резонанса. Именно этот механизм позволяет оператору даже слабым, но точно настроенным воздействием вызывать мощный отклик в магическом поле. Вот почему в магических практиках такое внимание уделяется точным частотам — мантрам, ритмам, геометрическим

резонаторам: всё это служит для того, чтобы «попасть в резонанс» с собственной частотой поля  $M_c$  или его высших мод.

### 2.3.3. Топологическая стабилизация

Одним из самых замечательных свойств поля  $M_c$  является его способность образовывать топологически стабильные структуры. Это возможно благодаря форме его потенциала, который может иметь несколько вырожденных минимумов (см. раздел 2.3.4). Такие структуры, называемые топологическими дефектами, не могут быть уничтожены непрерывной деформацией поля; для их разрушения требуется перестроить поле в бесконечном объёме, что энергетически невозможно.

Важнейшей характеристикой топологического дефекта является топологический заряд  $N$  — целое число, которое вычисляется как интеграл от напряжённости поля по замкнутой поверхности или пространственному сечению:

$$N = \frac{1}{8\pi} \int_{\Sigma} \text{Tr} (F_c \wedge F_c).$$

Этот заряд не может изменяться непрерывно; он квантован и сохраняется при любых гладких эволюциях поля. Поэтому дефект с ненулевым  $N$  оказывается «защищён» от распада. Подобно тому, как узел на верёвке нельзя развязать, не разорвав верёвку, топологический дефект нельзя «разгла-

дить» в вакуум.

Для магии топологические дефекты — вихри, струны, монополи — служат «каркасом» для удержания и транспортировки магической энергии. Например, вихрь поля  $M_c$  может десятилетиями удерживать в своём ядре огромную энергию, не рассеивая её в окружающее пространство. Именно на этом принципе основаны долгоживущие защитные поля, магические ловушки и «вечные» артефакты.

2.3.4. Потенциал Хиггса и спонтанное нарушение симметрии

Чтобы понять, почему поле  $M_c$  вообще может образовывать топологические дефекты и почему его кванты имеют массу, необходимо рассмотреть его потенциальную энергию. Предположим, что в лагранжиан добавлен скалярный потенциал, аналогичный потенциалу поля Хиггса в Стандартной модели:

$$V(M_c) = \mu^2 |M_c|^2 + \lambda |M_c|^4,$$

где  $\lambda > 0$  обеспечивает стабильность вакуума. В зависимости от знака параметра  $\mu^2$  система ведёт себя принципиально по-разному:

•

$\mu$

$> 0$  (симметричная фаза): Потенциал имеет единственный минимум в точке

$M_c$   
 $= 0$ . Поле в вакууме равно нулю, симметрия не нарушена.

Кванты поля

$M_c$   
 безмассовы (или имеют небольшую массу, задаваемую другими механизмами). В этой фазе поле легко возбуждается, и магические эффекты могли бы быть повсеместными. Однако, как мы знаем из наблюдений, магия трудна; следовательно, наш мир, скорее всего, находится в фазе с нарушенной симметрией.

•

$\mu$   
 2

$< 0$  (фаза спонтанного нарушения симметрии): Точка

$M_c$   
 $= 0$  становится локальным максимумом, а минимумы потенциала образуют «окружность» (в комплексном случае) ненулевых значений:

$$|M_c| = v_c = \sqrt{\frac{-\mu^2}{2\lambda}}.$$

•

Поле «скатывается» в одно из этих вакуумных состояний, приобретая ненулевое среднее значение

$v_c$

. При этом симметрия

$U$

(1)

$M$

(или более общая

$G_M$

) спонтанно нарушается.

Последствия для кванта очарования:

Приобретение массы. Кванты поля  $M_c$ , соответствующие флуктуациям над новым вакуумом, становятся массивными. Их масса  $m_c$  определяется кривизной потенциала в минимуме и пропорциональна  $v_c$ :  $m_c \sim g_c v_c$  (для калибровочного бозона). Это объясняет, почему для возбуждения магического поля требуется значительная энергия.

Появление магического бозона Хиггса  $\varphi_c$ . В спектре частиц возникает новая скалярная частица — магический бозон Хиггса, масса которого  $M_{\varphi_c} = \sqrt{(2\lambda)}v_c$ . Эта частица может служить дополнительным каналом для магических взаимодействий.

Топологические дефекты. Нарушение симметрии дела-

ет возможным существование топологических дефектов — вихрей, струн, монополей, — которые стабилизируются ненулевым топологическим зарядом  $N$ . Эти дефекты являются «замороженными» областями с ненарушенной симметрией, окружёнными вакуумом с  $M_c \neq 0$ .

Таким образом, квант очарования предстаёт перед нами как универсальный медиатор, через который оператор взаимодействия с магическим сектором. Он может переносить энергию (как в классических техниках), участвовать в резонансных усилениях, образовывать топологически стабильные структуры для долговременного хранения энергии, и даже проявлять свойства, аналогичные хиггсовскому бозону, формируя «вакуум» магического мира. Понимание этих ролей кванта очарования необходимо для освоения как простейших, так и самых продвинутых магических техник.

## § 2.4. Пример применения: техника «Сингулярность очарования»

Чтобы увидеть, как абстрактные уравнения, выведенные в предыдущих разделах, работают в реальной магической практике, рассмотрим конкретную технику, которая изучается в рамках курса «Оперирование техниками. Основы Практической магии». Её цель — создание локальной сингулярности — области пространства с экстремально высокой плотностью энергии, которая может действовать как миниатюрная «чёрная дыра» (поглощая энергию) или «белая дыра» (излучая энергию).

Эта техника демонстрирует, как точечное воздействие оператора ( $Q_0 \delta(r - R)$ ) через нелинейность поля  $M_c$  приводит к формированию макроскопической структуры — вихря, способного сконцентрировать колоссальную энергию в исчезающе малом объёме.

### 2.4.1. Фаза инициализации: создание источника

Всё начинается с того, что оператор формирует кольцевой источник магического заряда в пространстве. В цилиндрических координатах  $(r, \varphi, z)$  этот источник удобно описать через плотность заряда очарования  $Q_c(r)$ , который отличен от нуля только на окружности радиуса  $R$  в плоскости  $z = 0$ :

$$Q_c(r) = Q_0 \cdot \delta(r - R).$$

Здесь  $Q_0$  — это «заряд» оператора, мера силы его намерения и способности концентрировать магическую энергию, а дельта-функция  $\delta(r - R)$  математически означает, что весь заряд сосредоточен на бесконечно тонком кольце радиуса  $R$ . Этот источник подставляется в правую часть уравнения для поля  $M_c$  (раздел 2.2.1), становясь тем «мотором», который запускает всю последующую динамику.

#### 2.4.2. Формирование вихря: решение уравнений

После того как источник создан, поле  $M_c$  начинает эволюционировать. Для простоты предположим, что всё происходит в стационарном режиме (поле не меняется со временем) и что возбуждается только азимутальная компонента поля  $M_{c\phi}$ , которая зависит только от радиальной координаты  $r$ . Тогда общее уравнение движения (из раздела 2.2.1) сводится к нелинейному обыкновенному дифференциальному уравнению:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial M_\phi}{\partial r} \right) = \kappa_c |M_c|^2 M_\phi + Q_0 \delta(r - R).$$

Проанализируем это уравнение.

•

Левая часть — это радиальная часть оператора Лапласа в цилиндрических координатах, делённая на

$r$

. Она описывает «натяжение» поля, его стремление равномерно распределиться в пространстве.

•

Первое слагаемое правой части

$\kappa_c$

|

$M_c$

|

2

$M_{сф}$

— это нелинейный член, возникающий из-за самодействия поля

$M_c$

(через кросс-полярные взаимодействия или неабелеву природу группы

$G_M$

). Он описывает, как поле влияет само на себя: чем сильнее поле, тем сильнее оно себя «фокусирует».

•

Второе слагаемое

$Q$

$0$   
 $\delta$   
 $($   
 $r$   
 $-$   
 $R$

) — наш точечный кольцевой источник.

Решение этого уравнения имеет характер вихря: поле  $M_{сф}$  отлично от нуля и «закручено» вокруг оси  $z$ . Из-за нелинейного члена  $\kappa_c |M_c|^2 M_{сф}$  решение может стать сингулярным при  $r \rightarrow 0$ . Физически это означает, что поле «схлопывается» к центру кольца, концентрируя в этой области всё большую и большую плотность энергии.

### 2.4.3. Энергетический коллапс: роль очарованных кварков

Созданный вихрь  $M_{сф}$  не существует в вакууме. Он взаимодействует с очарованными кварками  $\psi_c$ , которые всегда присутствуют в виде виртуальных пар или могут рождаться в сильных полях. Это взаимодействие описывается юкавским членом  $\lambda_c \bar{\psi}_c M_c \psi_c$ . Вихревое поле начинает ускорять эти кварки, передавая им энергию. Выделяемая при этом энергия оценивается интегралом по объёму от плотности энергии взаимодействия:

$$E_{\text{выд}} = \int \lambda_c \bar{\psi}_c M_c \psi_c d^3r \sim \frac{Q_0^2}{R}.$$

Эта простая, но чрезвычайно важная формула показывает, что:

•

Чем меньше радиус кольца

$R$

, тем больше энергии выделяется в центральной области.

В пределе

$R$

$\rightarrow 0$  энергия

$E$

выд

стремится к бесконечности — формируется сингулярность.

•

Чем больше заряд оператора

$Q$

$0$

, тем мощнее эффект. Удвоение «силы намерения» приводит к учетверению выделяемой энергии.

Знак заряда  $Q_0$  определяет характер сингулярности: - Если  $Q_0 > 0$ , сингулярность действует как «чёрная дыра», по-

глощая энергию из окружающего пространства. - Если  $Q_0 < 0$ , сингулярность действует как «белая дыра», излучая энергию вовне.

Таким образом, техника «Сингулярность очарования» позволяет оператору создать в заданной точке пространства объект, способный либо втягивать в себя энергию (например, для защиты или поглощения вражеского заклинания), либо высвободить её в виде мощного взрыва. Этот пример наглядно демонстрирует, как математический аппарат теории поля — уравнения в частных производных с нелинейными источниками — приводит к конкретным, физически осмысленным и потенциально управляемым магическим эффектам.

## Глава 3. Баланс сил и законы сохранения

В предыдущих главах мы изучили кинематику (Глава 1) и динамику (Глава 2) магической системы. Мы ввели единое поле  $\Psi$ , магические поля  $M_k$ , и разобрали уравнения движения, которые ими управляют. Однако любая физическая теория должна не только описывать, как система движется, но и определять, что в ней сохраняется, какие величины остаются неизменными во времени. Эти законы сохранения являются прямым следствием симметрий пространства-времени и внутренних симметрий теории (теорема Нётер).

Важно! Магическое воздействие в рамках курса не отменяет законов сохранения: оно описывается как перераспределение энергии, импульса и информации внутри единой системы.

В этой главе мы подробно исследуем баланс сил в магической системе. Мы покажем, что несмотря на кажущуюся возможность «чудес», любое магическое воздействие подчиняется строгим ограничениям. Магия — это не нарушение законов физики, а управляемое перераспределение сохраняющихся величин в рамках единого поля  $\Psi$ . Особое внимание мы уделим понятию очарованного тока, тензору энергии-импульса для магических полей, а также тому, как фазовый пе-

реход деконфайнмента разрушает хрупкий баланс и ведёт к неустойчивостям.

Мы начнём с формального определения симметрий магической системы, включая расширенную группу калибровочных преобразований и топологическую инвариантность (§3.1). Затем, опираясь на теорему Нётер, выведем явные выражения для сохраняющегося очарованного тока и тензора энергии-импульса, а также проанализируем, как эти законы сохранения модифицируются в режиме деконфайнмента (§3.2). Ключевым для практики станет анализ двух режимов динамического баланса — конфайнмента и деконфайнмента — и их влияния на стабильность магических техник (§3.3). Завершит главу обсуждение конкретных примеров техник («Колесо Баланса») и катастрофических последствий нарушения баланса — магической радиации, топологического коллапса и кросс-полярных резонансов (§§3.4–3.5).

Понимание законов сохранения и механизмов потери равновесия необходимо каждому, кто стремится не просто применять магию, но и делать это осознанно, предсказуемо и, что не менее важно, безопасно.

## § 3.1. Симметрии магической системы

В физике существует фундаментальный принцип: каждой непрерывной симметрии соответствует свой закон сохранения. Этот факт, известный как теорема Эмми Нётер, связывает, например, однородность времени с сохранением энергии, а изотропность пространства — с сохранением импульса. Наша модель магической реальности не является исключением: именно симметрии диктуют, что может происходить в магическом взаимодействии, а что — категорически запрещено. Понимание этих правил — ключ к осознанному и безопасному оперированию.

3.1.1. Расширенная группа симметрий: «паспорт» магической реальности

В Главе 1 мы уже упоминали, что полная группа симметрий нашей теории является расширенной по сравнению со Стандартной моделью физики. Она выглядит как прямое произведение нескольких «независимых» симметричных групп:

$$G_{\text{полн}} = \text{Диффеоморфизмы} \times SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y \times G_M$$

Разберём каждый «множитель» в этом произведении, чтобы понять, за какие именно законы сохранения он отвечает и как это влияет на магию.

### 1. Диффеоморфизмы — свобода выбора координат

Представьте, что вы описываете траекторию брошенного камня. Вы можете использовать декартовы координаты ( $x$ ,  $y$ ), полярные координаты ( $r$ ,  $\varphi$ ) или любую другую криволинейную сетку — физический закон движения камня (уравнения Ньютона) от этого не изменится. Это и есть общая ковариантность, или инвариантность относительно диффеоморфизмов (гладких преобразований координат). В нашей модели пространство-время многомерно и искривлено, но принцип остаётся тем же: законы магии не должны зависеть от того, в какой системе координат их записывает оператор.

Физическое следствие: Из этой симметрии вытекает ковариантное сохранение тензора энергии-импульса:

$$\nabla_{\mu} T^{\mu\nu} = 0$$

Это уравнение — не просто «сумма энергий до равна сумме энергий после». Оно говорит, что энергия и импульс могут перетекать между материей и самим гравитационным полем (искривлением пространства). Однако полная вели-

чина, включающая вклад гравитации, остаётся неизменной. Для оператора это означает, что нельзя просто «взять энергию из ничего»; любые изменения в материальном мире должны компенсироваться изменениями в полевой структуре, включая гравитационную. Это фундаментальное ограничение, исключающее создание «вечных двигателей» на магии.

2. Калибровочные симметрии Стандартной модели — проверенный фундамент

Группа  $SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y$  — это хорошо изученный «зоопарк» симметрий обычной физики частиц. Каждая из них порождает свой сохраняющийся заряд: -  $SU(3)_c$  — цветовой заряд (сильное взаимодействие). Глюоны, склеивающие кварки, сами несут цвет и взаимодействуют друг с другом. -  $SU(2)_L \times U(1)_Y$  — слабый изоспин и гиперзаряд (электрослабое взаимодействие). Их комбинация после нарушения симметрии даёт привычные электрический заряд и слабые силы.

Для мага важно понимать, что эти законы сохранения не нарушаются в магических процессах. Электрический заряд не исчезает, цветовые заряды остаются сбалансированными. Магия не отменяет физику; она надстраивается над ней, добавляя новые степени свободы, но не ломая старые правила.

3. Магическая калибровочная группа  $G_M$  — новый игрок

Вот где начинается самое интересное. Группа  $G_M$  — это нововведение нашей модели, отвечающее именно за магиче-

ские взаимодействия. В простейшем случае она может быть абелевой —  $U(1)_M$ . Абелевость означает, что преобразования коммутируют: результат двух последовательных преобразований не зависит от их порядка. Это как поворот глобуса вокруг оси: сначала на  $10^\circ$ , потом на  $20^\circ$  — то же самое, что сразу на  $30^\circ$ .

Что даёт  $U(1)_M$ ? Она порождает сохранение очарованного тока  $J_M^\mu$  — потока «магического заряда», который мы условно называем «маной». Этот ток включает в себя как движение очарованных кварков, так и вклад самого поля  $M_c$ . Закон сохранения  $\partial_\mu J_M^\mu = 0$  означает, что полная «мана» в замкнутой системе не меняется. Оператор не может «сгенерировать ману» из пустоты; он может лишь перераспределить её в пространстве или перенести из одного объекта в другой. Это объясняет, почему длительные или мощные техники требуют либо собственных энергетических затрат оператора, либо использования внешних источников (например, мест силы).

Однако группа  $G_M$  может быть и неабелевой — например,  $SU(2)_M$  или  $SU(3)_M$ . В неабелевых группах преобразования не коммутируют (как повороты в трёхмерном пространстве: сначала вокруг оси  $X$ , потом вокруг  $Y$  — не то же самое, что в обратном порядке). Это приводит к тому, что кванты магического поля  $M_c$  начинают взаимодействовать друг с другом, подобно глюонам. Они могут образовывать «клубки»

силовых линий — маглюболы, а также участвовать в сложных нелинейных процессах. Именно это самодействие делает возможным формирование устойчивых полевых структур (вихрей, струн), которые используются в продвинутых техниках.

Экспериментальные ограничения (краткая справка). Современные поиски на Большом адронном коллайдере (ЛНС) новых тяжёлых нейтральных бозонов (обобщённо называемых  $Z'$ ) накладывают жёсткие пределы на возможные массы частиц — переносчиков новых взаимодействий. Если бы такой бозон взаимодействовал с электронами или мюонами так же, как  $Z$ -бозон, его масса должна была бы быть больше примерно 5–10 ТэВ (тераэлектронвольт), иначе его бы уже заметили. Однако в нашей модели поле  $M_c$  чармофильно — оно «предпочитает» взаимодействовать только с очарованными кварками. Это делает его «невидимым» для большинства стандартных поисков и допускает существование  $Z'_c$ -бозона с массами вплоть до сотен ГэВ, что оставляет надежду на его обнаружение в специализированных экспериментах на ЛНСb или будущих коллайдерах.

Квантовые аномалии: предохранитель от «бесплатной энергии». В квантовой теории поля некоторые классические симметрии могут «ломаться» на квантовом уровне — это называется аномалиями. Если теория содержит аномалии, то сохраняющийся на классическом уровне ток перестаёт сохраняться в квантовых процессах, что приводит к физиче-

ски бессмысленным результатам (например, к рождению частиц с отрицательной вероятностью). Поэтому любая жизнеспособная теория обязана быть безаномальной: сумма вкладов всех фермионов в так называемые «треугольные диаграммы» должна строго равняться нулю. Это условие накладывает мощные ограничения на допустимые магические заряды частиц и гарантирует, что магическая система остаётся внутренне согласованной. Для оператора это означает, что существуют фундаментальные, непреодолимые пределы: нельзя создать технику, которая нарушала бы сохранение энергии или заряда даже на микроскопическом уровне.

3.1.2. Топологическая инвариантность: «узлы» в поле, которые нельзя развязать

Помимо непрерывных симметрий, описываемых группами Ли, существуют и топологические инварианты. Представьте себе верёвку, завязанную в узел. Пока вы не разорвёте верёвку, вы не сможете превратить узел в гладкое кольцо — этому препятствует топология. Аналогично, в магических полях могут существовать конфигурации, которые нельзя непрерывно «разгладить» до состояния покоя (вакуума) — это и есть топологические дефекты.

В Главе 2 мы ввели для поля  $M_c$  величину, называемую топологическим зарядом  $N$ :

$$N = \frac{1}{8\pi} \int_{\Sigma} \text{Tr} (F_c \wedge F_c)$$

Не пугайтесь сложного вида: по сути, это интеграл от «напряжённости» поля по некоторой поверхности, который подсчитывает, сколько раз поле «закручено» вокруг особой точки или линии. Главное свойство этого интеграла — он целочисленный и не меняется при малых шевелениях поля. Вы можете попытаться «разрушить» такой дефект, но для этого потребуется либо разорвать само поле (что требует бесконечной энергии), либо аннигилировать его с анти-дефектом.

Типы дефектов и их магические проявления: - Вихри (струны): Возникают, если симметрия  $U(1)_M$  нарушена. Представьте водоворот в реке: вода вращается вокруг пустой сердцевины. Так же и поле  $M_c$  может образовывать закрученные линии, вдоль которых концентрируется энергия. Именно такие вихри лежат в основе техники «Колесо Баланса» и могут служить «ловушками» для магической энергии. - Монополи: Более экзотические объекты, похожие на магнитные заряды. Если они существуют, то должны быть очень массивными. - Доменные стенки: Плёнки, разделяющие области пространства с разными «вакуумами» поля  $M_c$ .

Значение для магии: Топологическая стабильность — это ответ на вопрос, почему некоторые магические структуры (например, «места силы») могут существовать веками, а заряженные артефакты не разряжаются мгновенно. Топологический заряд «защищает» их от распада, делая их долгожи-

вущими резервуарами энергии и информации.

### 3.1.3. Нарушение магической симметрии: Магический механизм Хиггса

В физике часто бывает так, что симметрия, существующая в уравнениях, не проявляется в наблюдаемом мире. Это явление называется спонтанным нарушением симметрии. Классический пример — карандаш, стоящий вертикально на острие. Уравнения, описывающие его, симметричны относительно поворота вокруг вертикальной оси, но устойчивое состояние — лежащее на столе — эту симметрию нарушает (карандаш указывает в какую-то одну сторону).

В нашей модели аналогичную роль играет потенциал скалярного магического поля  $\Phi$  (аналог поля Хиггса):

$$V(\Phi) = \mu^2 |\Phi|^2 + \lambda |\Phi|^4$$

•

Если параметр

$\mu$   
2

$> 0$ , то минимум энергии достигается при

$\Phi$

$= 0$ . Это симметричная фаза: кванты поля

$M_c$

не имеют массы и легко возбуждаются. Однако, как мы знаем, в обычных условиях магия слаба и труднодоступна.

•

Если же

$$\frac{\mu}{2}$$

$< 0$ , то состояние

$\Phi$

$= 0$  становится неустойчивым, и поле «скатывается» в один из минимумов, приобретая ненулевое вакуумное среднее

$$v_c$$

$$= \sqrt{(-$$

$$\frac{\mu}{2}$$

$$/(2$$

$$\lambda$$

$$)).$$

Это и есть спонтанное нарушение симметрии

$$G_M$$

•

Последствия нарушения симметрии для оператора: 1. Масса для кванта очарования: Калибровочный бозон поля  $M_c$  (назовём его  $Z'_c$ ) приобретает массу  $M_{Z'_c} = g_c v_c$ . Это делает его «тяжёлым» и короткодействующим. Именно поэтому

магические эффекты обычно проявляются на ограниченных расстояниях и требуют значительных усилий для возбуждения — нужно «добыть» энергию, чтобы родить массивную частицу. 2. Появление магического бозона Хиггса  $\varphi_c$ : Возникает новая скалярная частица с массой  $M_{\varphi c} = \sqrt{(2\lambda)}v_c$ . Она может быть легче  $Z'_c$  и служить дополнительным каналом взаимодействия. 3. Энергетические каналы: Разные минимумы потенциала соответствуют разным «фазам» магического поля. Переход между этими фазами, инициированный оператором, может высвобождать или поглощать энергию, создавая мощные, но потенциально опасные эффекты (например, «Огненный шар»).

Таким образом, механизм Хиггса в магическом секторе не только объясняет, почему магия не является повсеместной, но и даёт ключ к её «включению» через локальное восстановление симметрии или возбуждение массивных квантов. Понимание этих тонкостей — важный шаг от ремесленного колдовства к инженерной магии.

## 3.2. Законы сохранения и сохраняющиеся величины

Из каждой непрерывной симметрии, согласно теореме Нётер, следует закон сохранения некоторого тока  $j^\mu$ , то есть равенство нулю его 4-дивергенции:  $\partial_\mu j^\mu = 0$  в плоском пространстве, или  $\nabla_\mu j^\mu = 0$  в искривлённом. Это означает, что изменение количества сохраняющейся величины в некотором объёме полностью компенсируется её потоком через границу этого объёма. Для магической системы наиболее важны два закона сохранения: сохранение очарованного тока (магического заряда) и сохранение энергии-импульса.

### 3.2.1. Сохранение очарованного тока

Для простейшего случая абелевой магической группы  $U(1)_M$  теорема Нётер даёт сохраняющийся ток:

$$J_M^\mu = \bar{\psi}_c \gamma^\mu \psi_c + \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta (\partial_\mu M_c)} M_c$$

Разберём это выражение по частям, чтобы понять, что именно сохраняется.

Первый член:  $\psi\text{-}bar_c \gamma^\mu \psi_c$  — это стандартный векторный

ток очарованных кварков. В квантовой теории поля он описывает поток частиц, несущих магический заряд. Если вы представите очарованные кварки как «заряженные шарики», то этот ток говорит, сколько таких шариков и с какой скоростью протекает через единичную площадку. Это аналогично электрическому току, где электроны переносят электрический заряд.

Второй член:  $\delta L / \delta(\partial_\mu M_c) \cdot M_c$  — это вклад самого магического поля  $M_c$ . Величина  $\delta L / \delta(\partial_\mu M_c)$  называется каноническим импульсом, сопряжённым полю  $M_c$ . Для поля с кинетическим членом  $-1/4 F_{c\mu\nu} F_c^{\mu\nu}$  этот импульс равен  $-F_c^{\mu\nu}$ . Тогда второй член принимает вид  $-F_c^{\mu\nu} M_{c\nu}$ . Он описывает поток магического заряда, переносимый не частицами, а самим полем — подобно тому, как электромагнитное поле может переносить импульс и энергию (вспомните давление света).

Физический смысл: Закон сохранения  $\partial_\mu J_M^\mu = 0$  означает, что полный магический заряд в любом замкнутом объёме может измениться только за счёт потока заряда через границу этого объёма. Вы не можете создать «ману» из ничего или бесследно её уничтожить. Если вы хотите увеличить магический заряд в каком-то предмете (например, зарядить амулет), вы должны либо перенести его из другого места, либо преобразовать какую-то другую форму энергии в магический заряд — но этот процесс будет подчиняться строгим правилам, диктуемым уравнениями движения.

Нарушение сохранения в деконфайнменте. В Главе 3 мы подробно обсуждаем, что при высоких температурах ( $T > T_c$ ) константа связи  $\lambda_c(T)$  экспоненциально падает. Это означает, что очарованные кварки перестают «чувствовать» магическое поле и могут свободно покидать связанные состояния (чармоний). В такой горячей кварк-глюонной плазме поведение кварков становится диссипативным: их энергия рассеивается в тепло. Эффективно это можно описать добавочным членом в уравнение для тока:

$$\partial_\mu J_M^\mu \approx \Gamma(T) \cdot |\psi_c|^2$$

где  $\Gamma(T)$  — скорость диссипации, растущая с температурой. Это равенство говорит нам, что в плазме магический заряд больше не сохраняется — он «перетекает» в тепловые степени свободы, рассеивается в виде обычного тепла. Для оператора это катастрофа: любая техника, основанная на когерентном удержании магической энергии, в горячей среде становится неэффективной. Это естественный ограничитель, не позволяющий магии бесконтрольно влиять на звёзды или термоядерные реакторы.

### 3.2.2. Тензор энергии-импульса и его сохранение

Если очарованный ток отвечает за сохранение «маны», то тензор энергии-импульса  $T^{\mu\nu}$  описывает распределение и по-

токи энергии и импульса в системе. Он является источником гравитационного поля в уравнениях Эйнштейна и играет центральную роль в балансе сил.

Для нашей расширенной модели тензор энергии-импульса складывается из вкладов всех полей:

$$T^{\mu\nu} = T_{\text{стандарт}}^{\mu\nu} + T_{M_c}^{\mu\nu} + T_{\text{взаим}}^{\mu\nu}$$

Вклад от поля очарования  $M_c$  и его взаимодействия с кварками особенно важен:

$$T_{M_c}^{\mu\nu} = F_c^{\mu\alpha} F_{c\alpha}{}^\nu - \frac{1}{4} g^{\mu\nu} F_c^{\alpha\beta} F_{c\alpha\beta} + \underbrace{\lambda_c \bar{\psi}_c \gamma^{(\mu} M_c^{\nu)} \psi_c}_{\text{вклад взаимодействия}}$$

Поясним структуру этого выражения: - Первые два члена — стандартный тензор энергии-импульса для калибровочного поля (точно такой же, как для электромагнитного поля в классической электродинамике). Они описывают энергию и импульс, запасённые в самом поле  $M_c$ . - Третий член — вклад от взаимодействия поля  $M_c$  с очарованными кварками. Символ  $\gamma^{(\mu} M_c^{\nu)}$  означает симметризацию:  $1/2(\gamma^\mu M_c^\nu + \gamma^\nu M_c^\mu)$ , что обеспечивает симметричность тензора энер-

гии-импульса.

Уравнение баланса (закон сохранения энергии-импульса). В искривлённом пространстве-времени закон сохранения записывается через ковариантную дивергенцию:

$$\nabla_{\mu} T^{\mu\nu} = \kappa_c M_c^{\nu} \cdot \Psi_{\text{маг}} + Q_c \delta^{(4)}(x - x_0)$$

Это ключевое уравнение, объясняющее, как именно оператор взаимодействует с полевой системой. Проанализируем его по частям.

•

Левая часть

$\nabla$

$\mu$

$T^{\mu\nu}$

— это скорость изменения 4-импульса системы в данном объёме.

В отсутствие внешних сил она должна быть равна нулю.

•

Первое слагаемое правой части

$\kappa_c$

$M_c^{\nu}$

.

$\Psi$

маг

описывает обмен энергией и импульсом между полем очарования

$M_c$

и остальными магическими полями (обозначенными соответственно как

$\psi$

маг

). Это говорит о том, что энергия не теряется, а перераспределяется внутри магического сектора. Параметр

$\kappa_c$

определяет интенсивность этого перетока. Благодаря этому члену возможны сложные техники, где задействовано несколько магических полей одновременно.

•

Второе слагаемое

$Q_c$

$\delta$

(4)

(

$x$

-

$x$

$0$

) — это точечный источник, моделирующий воздействие

оператора. Здесь

$Q_c$

— 4-вектор, характеризующий переданный системе импульс и энергию в точке

$x$

$0$

. Дельта-функция

$\delta$

(4)

подчёркивает, что воздействие локализовано в пространстве и времени (например, мысленная команда или ритуальный жест).

Что это означает на практике? Оператор не нарушает закон сохранения энергии. Он сам является частью большей системы (оператор + поля) и подчиняется тем же законам. Его воздействие проявляется как локальное внесение энергии и импульса в полевую систему. Откуда берётся эта энергия? Из метаболизма оператора, из окружающей среды (через резонансные механизмы), а в идеале — из заранее накопленных магических резервуаров (артефактов, мест силы). Но общий баланс всегда соблюдается.

Таким образом, магия предстаёт не как «чудо», нарушающее физику, а как инженерная дисциплина управления потоками сохраняющихся величин в рамках расширенной полевой реальности. Понимание этих законов позволяет оператору не только эффективно действовать, но и избегать опас-

ных «утечек» и «перегрузок».

### 3.3. Динамика баланса: два режима — конфайнмент и деконфайнмент

Способность магической системы поддерживать стабильность или, наоборот, скатываться к хаосу критически зависит от фазового состояния материи. Ключевую роль здесь играет явление конфайнмента (от англ. *confinement* — удержание, пленение) — невылетания кварков из адронов. В нашей модели именно очарованные кварки и их связанные состояния (чармоний) служат «якорями», удерживающими магическое поле  $M_c$  в упорядоченном состоянии.

В зависимости от температуры окружающей среды система может находиться в одном из двух принципиально разных режимов: режим конфайнмента ( $T < T_c$ ) и режим деконфайнмента ( $T > T_c$ ), где  $T_c$  — критическая температура фазового перехода (для переходов в КХД она составляет около 150–200 МэВ, что соответствует примерно  $1,7 \times 10^{12}$  К).

3.3.1. Режим конфайнмента ( $T < T_c$ ): порядок и предсказуемость

При температурах ниже критической очарованные кварки с и с-барг прочно связаны в частицу, называемую чармонием. Потенциал взаимодействия между кварком и антикварком в этом режиме имеет вид:

$$V(r) = \sigma r - \frac{\alpha}{r}$$

•

Первое слагаемое

$\sigma$

$r$

— это линейно растущий потенциал, где

$\sigma$

$\approx 1$  ГэВ/ферми — коэффициент натяжения «струны»

глюонного поля. Его линейный рост означает, что чем дальше вы пытаетесь развести кварки, тем больше энергии требуется. Формально, чтобы разделить пару на бесконечное расстояние, понадобилась бы бесконечная энергия.

Поэтому кварки навсегда остаются «запертыми» внутри адрона.

•

Второе слагаемое -

$\alpha$

$r$

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.