

ИВАН КАРПЕНКО\*

## ИНФОРМАЦИОННО-СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД В НАУЧНОМ РЕАЛИЗМЕ\*\*

ОБСУЖДЕНИЕ И АРГУМЕНТЫ

Получено: 16.01.2025. Рецензировано: 11.11.2025. Принято: 13.01.2026.

**Аннотация:** В этой статье представлены аргументы в пользу модифицированной версии информационного структурного реализма. Основная идея подхода заключается в отказе от концепции материальной реальности как онтологически первичной, вместо этого предлагается рассматривать в качестве фундаментальных информационные представления, которые реализуются в виде моделей (научных представлений). Ключевое отличие от существующих структурных подходов состоит в том, что допускается множество эквивалентных описаний реальности как первичных структур, которые имеют информационную природу. В поддержку новой версии приводятся аргументы из философии науки и физики (из общей теории относительности, квантовой механики, теории квантовой гравитации, цифровой философии), на примере которых показывается, что возможны дуальные описания реальности, имеющие в основе принципиально различные онтологии (физические картины мира). На основе приведенных аргументов показывается, что физические представления о реальности и исторически главных ее атрибутах, таких как пространство и время, фигурирующие в различных моделях, не согласуясь между собой, тем не менее оказываются эквивалентными. В результате предлагается информационная онтология, в которой фундаментальными объявляются различные, в том числе конкурирующие теоретические описания, что приводит к эпистемологическому и онтологическому релятивизму, но не в антиреалистическом смысле, а скорее в реалистическом.

**Ключевые слова:** научный реализм, антиреализм, структурный реализм, информационный реализм, информационная онтология, квантовая механика, теория относительности, квантовая теория гравитации, дуальность, философия науки.

DOI: 10.17323/2587-8719-2026-1-298-334.

### ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ

Дискуссиям вокруг различных версий реализма и антиреализма посвящено множество работ. Это вызвано не только различными философскими установками, но и отчасти неоднозначным пониманием

\*Карпенко Иван Александрович, к. филос. н., доцент, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Москва), gobzev@hse.ru, ORCID: 0000-0003-3768-0049.

\*\*© Карпенко, И. А. © Философия. Журнал Высшей школы экономики.

того, что составляет сам предмет спора (что есть реальность, сущность, существование, структура, объект, что есть научное познание и каковы его критерии, каковы должны быть требования к научной теории и т. д.). Эти споры обусловлены в основном естественным желанием философии науки объяснить то, что делает наука, и, возможно, дать ей необходимые основания для дальнейшего развития.

Говоря в научном смысле о реальности, в качестве фундаментальных ее признаков часто называют пространство и время<sup>1</sup>; вероятно, справедливо будет указать, что пространство и время (или пространство-время) часто и представляются той первичной реальностью, которая становится ареной для любых событий. Но общепринятого понимания пространства и времени в науке нет, это метафизически нагруженные абстрактные категории, не имеющие однозначных референтов. Это уже может показаться решительным аргументом в пользу антиреализма, однако здесь будет отстаиваться реалистический подход, показывающий, что, возможно, эта неоднозначность не является серьезной проблемой. Будут приведены аргументы (из области философии науки и физики) в пользу того, что различные подходы к описанию реальности могут быть совмещены в том смысле, что они нередко представляют собой разные способы говорить об одном и том же и потому являются эквивалентными описаниями реальности. С помощью этих аргументов будет обоснована гипотеза, что фундаментально не то, что стоит за разными способами описаний, а сами эти способы; таким образом, они и есть то, что принято называть реальностью (а пространство, время и другие базовые категории, вероятно, являются эмерджентными свойствами, также допускающими различные способы выражения). Иначе говоря, реальностью можно признать не некие первичные сущности или материальные структуры, в той или иной степени доступные для различных альтернативных или даже противоречивых описаний, а сами эти описания (теоретические структуры), которые могут быть дуальными по отношению друг к другу. Будет показано, что такая гипотеза в наибольшей степени оправданна тогда, когда допускается подход, основанный на информационной онтологии, согласно которой фундаментальной реальностью является информация. В настоящей работе предлагаются аргументы его в пользу.

<sup>1</sup>А также причинность, движение, материю, энергию и информацию, но эти два традиционно рассматривались как более фундаментальные.

## НАУЧНЫЙ РЕАЛИЗМ

Научный реализм исторически представлен в различных версиях, здесь будут кратко рассмотрены некоторые современные его варианты<sup>2</sup>. Исторически научный реализм утверждал объективное существование физических объектов, которые могут быть познаны. С развитием квантовой механики это представление распространилось и на не наблюдаемые непосредственно объекты (например, элементарные частицы). Хотя они и ненаблюдаемы, в пользу их существования говорит то, что мы можем ими манипулировать в различных экспериментах и проверять наши представления о них, получая те следствия, которые ожидали, и делать проверяемые предсказания, показывая, что «вещи, изучаемые наукой, реальны» (Егопен, 2015: 3961). Это не дает полного описания этих сущностей — чем же они являются «на самом деле» (например, частицей или волной), утверждается лишь, что они фундаментальны и им присущи внутренние свойства (экспериментальный реализм)<sup>3</sup>.

Существенное возражение против такого понимания реализма состоит в том, что вне отношений, в которых они себя проявляют, эти сущности не могут иметь внутренних свойств, это ноумены, о которых нельзя утверждать ничего конкретного. При замене одних научных теорий другими старые сущности (точнее, обозначающие их термины) заменяются новыми, значит, они были выдуманы. Кроме того, поскольку все прошлые теории были неверными (с их ошибочными представлениями в том числе о сущностях), то и современные теории, скорее всего, тоже ложны, а следовательно, реализм необоснован. Например, в ходе развития науки было показано, что кристаллических сфер, эфира, флогистона и т. д. не существует, а про то, в чем мы сегодня уверены, что это существует на уровне ненаблюдаемого, мы не в состоянии сказать, что это есть вне конкретных математических моделей: элементарные частицы, волны, возмущения полей или бесконечно малые точки. Таким образом, принимая реализм сущностей, мы не можем доказать, что есть хотя бы какое-то истинное содержание в научных теориях — в том смысле, что они описывают фундаментальную реальность и она такова, какой описывается.

<sup>2</sup>С опорой на работы: Votsis, 2011: 227–276; Rowbottom, 2019: 451–484; Chakravartty, 2017.

<sup>3</sup>Я. Хакинг считал, что они есть, так как мы можем манипулировать ими в экспериментах (Hacking, 1981: 305–322), однако все равно кванты — это не то, что можно было бы разглядеть, имея достаточно мощный телескоп, и узнать, каковы они «на самом деле».

Эта проблема привела к той системе взглядов, которая сегодня называется эпистемическим структурным реализмом (ЭСР). Одним из его основоположников является А. Пуанкаре (см. Poincaré, 1905: 415–423, а также: Poincaré, 1903: 667–671)<sup>4</sup>. Он считал, что когда одни теории сменяются другими, сохраняются отношения между величинами, которые выражены в виде математических уравнений в рамках этих теорий. Так, он показал возможность перехода от описаний на основе эфира к описаниям на основе электромагнитного поля, тем самым защищая преемственность теорий (обходясь без преемственности сущностей)<sup>5</sup>. Пуанкаре не отрицал сущностей; в духе неокантианства он полагал, что они есть, но непознаваемы, — познаваемы лишь отношения между ними. Правда, ноумены могут быть познаны частично — как раз через отношения, выраженные через математические законы<sup>6</sup>.

Д. Уоррал (и независимо от него — Г. Максвелл (Maxwell, 1970: 3–34)) в конце XX в. вернулся к идеям Пуанкаре (Worrall, 1989: 99–124) и развил идею структурной преемственности теорий, приводя аргументы о том, что при смене теорий сохраняется базовая структура — математическое содержание, которое правильно отражает структуру мира, что и объясняет успех предсказаний теории и ее верные эмпирические следствия (в этом ключевое отличие структурализма от инструментализма, который не «видит» реальной структуры мира). Таким образом, согласно ЭСР, сущности не отрицаются, но утверждается, что знать мы можем только структуру.

Однако постулирование ненаблюдаемых «ноуменальных» сущностей приводит к некоторым проблемам. Как мы можем в принципе знать и говорить о них, если о них ничего не известно? В теориях есть описывающие их термины, но, как уже отмечалось, при смене теорий они не сохраняются, в отличие от структурных отношений, значит, они (ненаблюдаемые) должны быть описаны на языке структур<sup>7</sup>. Для решения этих задач Максвелл рекомендовал использовать «предложение Рамсея» (Ramsey, 1931: 212–236), которое заключается в том, чтобы в высказываниях, которые содержат теоретические термины, ссылающиеся на

<sup>4</sup>Другое исторически важное развитие структурного реализма принадлежит Б. Расселу (Russell, 1927).

<sup>5</sup>Но можно говорить, что то, что ранее называли эфиром, теперь называется полем.

<sup>6</sup>О специфике эпистемического структурного реализма Пуанкаре см.: Brading & Crull, 2017: 108–129.

<sup>7</sup>К тому же ненаблюдаемое косвенно проявляет себя в экспериментах, следовательно, эти эмпирические следствия должны быть вписаны в теоретический контекст структур.

ненаблюдаемые сущности, заменить их на термины, ссылающиеся на наблюдаемое (эмпирические термины). Это позволяло отказаться от использования теоретических терминов (о ненаблюдаемом): информация о ненаблюдаемой области ограничивалась описанием структурных свойств (внешних). Фактически это означало переход к свойствам более высокого порядка, то есть структурным, но не сущностным, что позволяло сохранить связь между теоретическим содержанием теории и ее наблюдаемым поведением, и обойтись без объектов.

Однако еще в 1928 г. М. Ньюманом было выдвинуто возражение (против структурного реализма версии Рассела (Newman, 1928: 137–148)), состоящее в том, что любое множество сущностей может быть организовано так, что не только два, но и более множества будут иметь одинаковую структуру (если сущностей нужное количество), что приводит к тривиальности (Demopoulos & Friedman, 1985: 627). Предложение Рамсея превращает структурный реализм в эмпиризм, где любые теории с одинаковыми следствиями в экспериментах будут верны (*ibid.*: 635). Это породило обширную дискуссию, которая продолжается до сих пор<sup>8</sup>.

Онтический структурный реализм (ОСР), в отличие от ЭСР, придает структурам позитивный онтологический статус. Теперь они отражают не просто знание о реальности, но составляют саму реальность. Объекты, если они и есть, оказываются следствием отношений в структуре и не имеют смысла вне их, что, по утверждению некоторых исследователей (Ladyman & Ross, 2007), позволяет избавиться от проблемы Ньюмена для ОСР. Структура в ОСР — в принципе то же самое, что и в ЭСР, то есть математическая модель, научное представление реальности, но в ряде работ (Ladyman, 2017: 141–162; Schaffer, 2003: 498–517) утверждается, что фундаментального уровня реальности, стоящего за структурой, может и не быть, она сама фундаментальна (и у Лэдмана — «физична»). Близкие идеи высказывает Д. Уоллес (Wallace, 2022: 345–378) и С. Френч (French, 2014), обосновывая приоритет математической структуры. Фактически ОСР возникает как элиминативный реализм — элиминативный в том смысле, что из него исключаются сущности, — по мнению Френча, это делает его пригодным для описания других наук (French, 2016: 371–394).

<sup>8</sup>Аргументы в защиту ЭСР приводит И. Вотсис в докторской диссертации (Votsis, 2004), возражая против аргумента Ньюмана и другой критики ЭСР; там же дан обзор дискуссии.

ОСР много критиковали<sup>9</sup>, в том числе за отсутствие причинности (Psillos, 2001: 13–24)<sup>10</sup>. А. Чакраварти критиковал ОСР (Chakravartty, 1998: 399)<sup>11</sup> за его элиминативность: как могут быть отношения без того, что соотносится? Иначе говоря, чем являются узлы в структуре, связанные отношениями? На это был дан ответ — ОСР не утверждает, что не должно быть соотносимого, но это соотносимое не обязано быть сущностями (Laduman, 2019). Сам Чакраварти предложил сохранить объекты и причинность, введя каузально-номологические свойства (например, «масса»), которые и являются узлами в структуре.

Подробный анализ ОСР и его критики дан в статье В. Тереховича (Терехович, 2022: 166–184; Терехович, 2023: 149–165). Автор предлагает свою версию, призванную справиться с существующими трудностями, — неэлиминативный ОСР, допускающий как сущности, так и структуры в качестве онтологических примитивов. Также интересную версию конструктивного реализма предложил В. А. Лекторский — как эффективную стратегию в когнитивных исследованиях (Lektorsky, 2023: 1).

Относительно новым является еще одно направление структурного реализма — информационный структурный реализм (ИСР), согласно которому мир есть информационная структура. Основоположник ИСР Л. Флориди (Floridi, 2008: 219–253; Floridi, 2013) расширяет ЭСР и ОСР, вводя идею информационных объектов — абстрактных структур данных, наделенных смыслом. Информацию Флориди понимает в семантическом ключе — как оформленные, осмысленные и истинные данные. Что считать данными и смыслом, зависит от выбранного уровня абстракции (он предлагает оригинальный метод уровней абстракции): один и тот же объект на разных уровнях абстракции может быть осмыслен по-разному (например, один и тот же сигнал на физическом уровне понимается как напряжение в проводе, на другом как буква в тексте, на третьем — как доказательство теоремы). Эти уровни выступают в качестве правил, по которым базовое состояние становится данными и получает смысл. Эти

<sup>9</sup>Б. ван Фраассен назвал его «радикальным структурализмом» (Fraassen, 2006: 275–307).

<sup>10</sup>Н. В. Головки и И. И. Эртель (Головки и Эртель, 2020: 5–29) оспаривают критику Псилоса. Лэдимап (Laduman, 2008: 744–755) хотя и соглашается, что фундаментальная физика может обходиться без причинности, защищает натуралистическую, антиомовскую концепцию причинности, совместимую со структурным реализмом: первичные структуры задают границы возможного как модальный уровень. Буквально же причинность имеет место в специальных науках (как следствие модального характера фундаментальных структур, задающих естественную необходимость).

<sup>11</sup>Недавняя работа с развитием критики: Yaghmaie, 2021: 404–425.

базовые состояния Флориди называет *dedomena* — первичные различия мира, которые не зависят от наблюдателя. Например, ямку в снегу (*dedomena* — первичное структурное различие, неоднородность) можно на одном из уровней абстракции трактовать как отпечаток лап (данные), в таком случае соответствующей семантической информацией будет утверждение «ночью прошла лиса»<sup>12</sup>. Если это не так (ямка образовалась по другой причине), то это, по Флориди, уже не информация, а дезинформация. То есть информация — это то, что соответствует реальности (следовательно, она может быть эмпирически проверена).

Флориди отвергает цифровую онтологию (Floridi, 2009: 151–178), утверждая, что цифровой или аналоговый подход — это не более чем уровни абстракции (способы описания, перспективы, точки зрения), в основе же лежит более фундаментальный уровень — структурные различия мира, возможные отношения (эти самые *dedomena*). Одно и то же явление на разных уровнях абстракции вполне может быть как дискретным, так и непрерывным без противоречия: пиксельный квант в цифровой камере — это выбор датчика и формата хранения; непрерывность светового поля — это свойство физического процесса на другом уровне абстракции. В целом же эти описания эмпирически эквивалентны (если соответствующая семантическая информация верно отражает реальность, на базовом уровне заданную *dedomena* как неким набором инвариантов).

Таким образом, реальность по Флориди — это совокупность информационных структур (динамически взаимодействующих информационных объектов), заданных некими первичными ограничениями.

Т. Байнум в целом поддерживает ИСР и расширяет его, предложив квантовый информационный структурный реализм (Bainum, 2014: 123–139) — интерпретацию, в которой первичные информационные различия (*dedomena*) превращаются в кубиты, что, по его мнению, дает метафизическую основу для квантовых феноменов (суперпозиция, запутанность и др.) и снижает аномальность квантовой механики.

М. Бени (Beni, 2016: 323–339) критикует попытку превратить ИСР в версию ОСР, указывая на внутреннюю несогласованность: он считает, что ИСР, как задумал Флориди, имеет скорее эпистемический характер (ближе к ЭСР), и поэтому попытка редукции к онтологии наталкивается на серьезные осложнения.

<sup>12</sup>Это, конечно, не строгий, а наглядный пример. Первичные структурные различия не осмысленны и оформлены (то есть «ямка в снегу» — это уже данные).

Б. Уилер (B. Wheeler, 2022: 480) соглашается, что концептуализация структуры как информации имеет потенциал для реализма, однако считает, что классический ИСР испытывает трудности с ключевыми аргументами реализма (например, аргументом об отсутствии чудес и проблемой метаиндукции). Он предлагает свою, переработанную версию ИСР, основанную на алгоритмической теории информации, чтобы усилить ее реалистическую основу.

Б. Лонг (Long, 2020: 649–664) критикует Флориди за отвержение цифровой онтологии, показывая, что на практике ИСР все равно остается цифровой онтологией: информация в нем сводится к бинарным, дискретным отношениям, что по сути ставит ИСР на сторону цифровой метафизики.

В настоящей статье предлагается близкий к подходу Флориди информационный структурный реализм, но с учетом его критики и некоторыми важными оговорками в плане более широкого понимания информации. Для Флориди, как уже говорилось, информация — это осмысленные, оформленные и истинные данные. Однако эти критерии в определенном смысле антропоцентричны, они явно предполагают сознательного интерпретатора. Здесь хотелось бы отойти от психологизма, но сохранить отправную точку — существуют базовые структурные различия (*dedomena*), которые в принципе очерчивают границы возможного (как пример — декогеренция: она не нуждается в сознательном интерпретаторе). Они, однако, являются информационными — по той причине, что представляют собой некие правила и задают допустимые отношения — то, что в принципе может быть (условия, формирующие структуру мира). На основе этого фундамента возникает то, что называется данными на разных уровнях абстракции — это информационные объекты (которые могут иметь множество воплощений — файл, запись на бумаге, конфигурация битов, след в приборе). Эти данные могут пониматься как материальное или нематериальное в зависимости от выбранного уровня абстракции, но они таковы не «сами по себе» — возможные варианты ограничены первичными инвариантами (информационными структурными различиями). В этом смысле информация — это различные допустимые интерпретации (способы выражения), которые не обязательно нуждаются в интерпретаторе. Их можно рассматривать, как все в принципе возможные реализации (мы, как конкретные интерпретаторы, видим только некое их пространство). По Флориди, могут быть неверные утверждения — то, что противоречит базовому уровню реальности. Но могут ли вообще быть неверные утверждения, если

рассматривать множество возможных миров — со всеми возможными допустимыми реализациями (Карпенко, 2023: 9–29; Карпенко, 2024: 74–87)? Они могут быть неверными относительно какого-то мира, но не вообще — в этом смысле «дезинформация» все же оказывается тоже информацией (и можно сказать, что базовые варианты (*dedomena*) в действительности тоже широко вариативны).

Здесь я бы хотел расширить эту идею утверждением, которое будет обосновываться: допустимо говорить о существовании множества альтернативных истинных теорий, а это предполагает, что реальность в принципе может быть описана различающимися, но эквивалентными способами. Это означает, что, возможно, некорректно говорить о существовании неких физических объектов или структур в каком-то избранном виде («на самом деле»), доступном единственно правильному описанию, — поскольку в разных теориях (а иногда и в рамках одной и той же) они описываются принципиально по-разному (что, в частности, имеет место в науке о микромире в случае с интерпретациями квантовой механики). Описания могут быть разными, но эквивалентными в том смысле, что они предсказывают одни и те же наблюдаемые следствия. Можно выразить это иначе — само описание становится первичным, выступая в роли фундаментальной реальности, и при этом описания могут быть дуальными (эквивалентными) по отношению друг к другу<sup>13</sup>. Такой, на первый взгляд, радикальный онтологический релятивизм становится возможным потому, что неизвестно, как устроен мир «на самом деле», — и более того, может быть, «самого дела» не существует как единственной правильной конфигурации, но существует как вся возможная информация. К рассмотрению аргументов, подтверждающих эту точку зрения, я перейду в следующей части.

#### КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Дуализм описаний поведения физических систем в квантовой механике стал результатом различного проявления микромира в экспериментах: в виде элементарных частиц и в виде волн. Эти комплементарные описания (волновое и корпускулярное) основываются на принципиально разных видениях реальности. Противостояние двух подходов имеет давнюю историю в философии науки: отсчет можно начинать с атомизма (Левкипп, Демокрит, Эпикур), парменидовского неприятия пустоты,

<sup>13</sup>Этот подход впервые сформулирован в статье (Карпенко, 2025: 190–207), здесь он подробно аргументируется.

теорий движения Эмпедокла и Аристотеля; эту оппозицию можно трактовать как борьбу между дискретным и непрерывным мировоззрением. Более значимый с точки зрения современной философии науки вид дискуссия приняла начиная с идей Декарта, Гука, Гюйгенса, с одной стороны, и Гассенди с Ньютоном — с другой. С точки зрения классической науки это взаимоисключающие походы: свет — либо волна, либо поток частиц, потому что за такими описаниями стоят совершенно различные физические картины мира. Тем не менее эти подходы эквивалентны в том смысле, что описывают одну и ту же действительность: в двухщелевых экспериментах<sup>14</sup> регистрируются как единичные частицы, так и порождаемая ими интерференция в зависимости от характера наблюдения. То обстоятельство, что отдельный квант может проявлять себя и как частица, и как волна, хотя в макром мире это трактуется как взаимоисключающие явления, заставило отказаться от традиционной для классической науки бинарной оппозиции «реально то или это» и принять принцип дополнительности в виде корпускулярно-волнового дуализма. То есть эффективным стало описание, основанное на совмещении двух точек зрения, при этом вопрос о том, какова же реальность «на самом деле» остается открытым (или же не имеет смысла): реальность не является ни волновой, ни корпускулярной — это различные варианты описаний (однако при этом описывается одна и та же реальность). Интересно в связи с этим наблюдение, сделанное по поводу двухщелевого эксперимента для запутанных частиц («квантового ластика с отложенным выбором»), согласно которому летящий фотон, находящийся в состоянии суперпозиции, не является ни частицей, ни волной, поскольку для этого потребовалась бы сверхсветовая коммуникация, что противоречит специальной теории относительности (Quantum Erasure..., 2013: 1221–1226).

Квантовая теория поля (КТП), релятивистская квантовая теория, возникшая в результате объединения квантовой механики и специальной теории относительности, предложила еще одно альтернативное описание реальности — поля. Если в квантовой механике фундаментальны частицы и связанная с ними волновая функция, то в КТП фундаментальным объектом становится поле, а частицы описываются как возмущения полей. Волновая функция заменяется полевым оператором (также удовлетворяющим уравнению Шрёдингера), который

<sup>14</sup>О недавнем эксперименте также для частиц антиматерии см.: First Demonstration..., 2019.

действует на состояние квантовых полей, вызывая их одночастичные возбуждения. Таким образом, полевое описание — это аналог волнового описания одной частицы.

Ни поля, ни частицы, ни волны в КТП не являются конкретными сущностями, доступными для наблюдения, — это математические объекты (или структуры), теоретические термины для того, как проявляет себя в макроскопических экспериментальных установках реальность. В различных теоретических контекстах, которые применяются для описания действительности, явленной в экспериментах, можно, в зависимости от удобства и целей, пользоваться разными словарями — давать объяснение в терминах частиц, волн или полей: описания разные, но при этом описывается одно и то же — в том смысле, что одинаковыми будут результаты экспериментов и их практическая применимость в реальности.

Одна из самых длительных дискуссий в связи с квантовой механикой касается ее философской интерпретации, в первую очередь интерпретации проблемы измерения. Основная сложность заключается в понимании того, чем является акт измерения и что происходит в процессе и в результате измерения<sup>15</sup>. Существуют различные интерпретации, среди наиболее известных — копенгагенская интерпретация (Faye, 2019), теория скрытых параметров де Бройля — Бома (Goldstein, 2013), многомировая интерпретация (Everett, 1957: 454–462), супердетерминизм (Brans, 1988: 219–226), реляционная интерпретация К. Ровелли (Rovelli, 1996: 1637–1678), модальные интерпретации (Lombardi & Dieks, 2024), QBism (Fuchs et al., 2014: 749–754) и модели объективного коллапса (GRW) (Ghirardi et al., 1986: 470–491).

Здесь я дам краткую характеристику каждой — для демонстрации их различий в плане представлений об описываемой реальности — и покажу, в чем их сходство.

Копенгагенская интерпретация, сформировавшаяся в конце 1920-х гг. благодаря работам Бора, Гейзенберга и Борна, занимает инструменталистскую позицию. Волновая функция в ней является не описанием реальности, а инструментом для вычисления вероятностей. Квантовая система до измерения не обладает определенными значениями величин, а при измерении происходит коллапс как мгновенный переход к одному

<sup>15</sup>Эта проблема охватывает многие связанные вопросы, на которая должна отвечать философия науки: детерминирована ли квантовая система, реальна ли волновая функция, является ли принцип неопределенности фундаментальным, что есть квантовая запутанность, нелокальность и квантовая телепортация и т. д.

из возможных состояний. Этот подход удобен для практической работы, но отказывается отвечать на вопрос о том, что «на самом деле» происходит между измерениями, считая такие вопросы выходящими за пределы физики. Поэтому описание результата должно явно фиксировать контекст и использовать классические понятия для отчета о показаниях прибора<sup>16</sup>.

Теория де Бройля — Бома предлагает полностью детерминистскую картину со скрытыми параметрами. Частицы всегда обладают определенными положениями, их движение направляется волной-пилотом, которая описывается волновой функцией и задает их траектории. Волновая функция не обрывается при измерении, а разветвляется, и реальные положения частиц заходят в одну ветвь. Остальные ветви становятся пустыми (не влияют на движение), поэтому наблюдатель видит один исход, так же как при коллапсе, хотя глобальная эволюция остается унитарной. Из-за теоремы Белла<sup>17</sup> теория де Бройля — Бома должна быть нелокальной: движение одной частицы зависит от положения другой на любом расстоянии, то есть траектория и итоговое положение частицы определяются ее начальным положением, которое мгновенно коррелировано со всеми другими частицами Вселенной. Однако при квантовом равновесии<sup>18</sup> теория воспроизводит правило Борна и тем самым все предсказания квантовой механики: несмотря на нелокальность (зависимость скоростей от удаленных конфигураций), сверхсветовая связь не появляется и сохраняется принцип независимости настроек.

Супердетерминизм отвергает допущение о независимости настроек измерительных приборов от состояния квантовой системы. Начальные условия Вселенной были таковы, что выбор экспериментатора и со-

<sup>16</sup>Требование классического описания прибора обеспечивает межсубъектную однозначность отчета и сопоставимость между лабораториями (стрелка показала значение такое-то) и точную спецификацию контекста (какой вопрос задан прибором) — без этого квантовые вероятности не применимы и правило Борна не имеет смысла.

<sup>17</sup>Неравенства Белла — это математическое выражение того, что должно быть выполнено в любом мире, где соблюдаются локальность и физический реализм: физические величины имеют определенные значения до измерения; ни одно событие не влияет мгновенно на удаленное, то есть локальность. Эксперименты (начиная с А. Аспе) показывают, что в нашем мире неравенства Белла нарушаются, значит, по крайней мере одно из допущений ложно.

<sup>18</sup>Когда соблюдается правило Борна ( $\rho = \psi^2$ ): плотность вероятности найти систему в данном состоянии (например, частицу в точке пространства) равна квадрату модуля волновой функции.

стояние частиц оказываются взаимосвязанными<sup>19</sup>. При таком подходе нелокальность — иллюзия, а кажущиеся мгновенные корреляции объясняются общей причиной в прошлом. В этом случае вывод белловских неравенств не проходит, и можно строить локально-каузальные объяснения квантовых корреляций без нелокального влияния<sup>20</sup>.

Современная версия многомировой интерпретации Эверетта исходит из того, что волновая функция никогда не коллапсирует. При каждом квантовом событии Вселенная расщепляется на ветви (миры), в каждой из которых реализуется один из возможных результатов. Наблюдатель расщепляется вместе со Вселенной, и каждая его копия видит определенный исход. Интерпретация, таким образом, убирает постулат коллапса.

Реляционная интерпретация Ровелли утверждает, что квантовые состояния существуют только относительно других систем (по аналогии со специальной теорией относительности). Нет взгляда из ниоткуда — для наблюдателя, еще не взаимодействовавшего с электроном, тот находится в суперпозиции; для уже измерившего — в определенном состоянии. Оба описания верны в своих контекстах, поэтому измерение — это просто физическое взаимодействие, после которого одна система приобретает информацию о другой.

Модальные интерпретации различают динамическое состояние (волновую функцию) и состояние значений — фактически реализованные значения величин. Волновая функция определяет, какие значения возможны, но в каждый момент система обладает определенными значениями некоторых величин. Какие именно значения — зависит от конкретной версии: выбор может диктоваться структурой гамильтониана или декогеренцией. В отличие от копенгагенской интерпретации, определенные значения существуют объективно, независимо от измерений. Все модальные варианты сходятся в главном: коллапс не нужен; что считать фактом — правило чтения реальных корреляций, возникших в конкретном контексте.

<sup>19</sup>Любопытное философское обоснование супердетерминизма предлагает С. Хоссенфельдер (Hossenfelder & Palmer, 2020: 139). Хоссенфельдер утверждает, что идея о свободном выборе измерений — это спекулятивная гипотеза, не подтверждаемая эмпирически: если все подчиняется законам природы, то и ваш выбор, что измерять, тоже подчинен этим законам, то есть все изначально обусловлено законами природы. Соответственно, предлагается отказаться от свободы выбора (производного от независимости настроек) как наименее физически обоснованного условия.

<sup>20</sup>Локально-каузальное описание белловских корреляций в супердетерминизме означает, что исходы на каждой стороне определяются только местными причинами (настройка прибора и скрытые параметры), без мгновенного дальнего действия.

QVism рассматривает квантовые состояния как выражение субъективных убеждений агента о своем будущем опыте. Волновая функция — это не свойство электрона, а инструмент для упорядочивания ожиданий. Результат измерения, соответственно, — не раскрытие заранее существовавшего факта, а новый опыт. При этом QVism не отрицает существование внешнего мира — просто квантовая механика трактуется не как теория мира самого по себе, а как нормативная структура для рациональных агентов, подобно теории вероятности. Видимый субъективизм элиминируется пониманием правила Борна как норматива согласованности вероятностей<sup>21</sup>.

Теории объективного коллапса (GRW) модифицируют стандартный формализм: коллапс происходит спонтанно, без наблюдателя. Каждая частица с малой вероятностью испытывает мгновенную локализацию, для отдельной частицы это практически никогда не случается, но для макроскопического тела коллапсы происходят относительно быстро (так, например, проблема кота Шрёдингера разрешается естественным образом: кот, состоящий из примерно  $10^{27}$  частиц, не может находиться в суперпозиции дольше малой доли секунды). Это объясняет классичность макромира. В отличие от других интерпретаций, эти теории предсказывают отклонения от стандартной квантовой механики (пока не обнаруженные, но в принципе проверяемые).

Можно заметить, что основные различия в интерпретациях касаются того, детерминировано ли поведение квантовых систем, происходит ли коллапс волновой функции при измерении, существуют ли скрытые переменные и что обладает онтологическим статусом в квантово-механических представлениях. Однако, что показательно, при разнообразии интерпретаций и соответствующих моделей результаты измерений будут одни и те же (все интерпретации эмпирически эквивалентны — вопросы возникают только относительно супердетерминизма и GRW: они могут претендовать на статус новых теорий, но только в том случае, если найдут экспериментальное подтверждение, пока же они вписываются в общую картину, давая те же эмпирические следствия). Более того, все они подчиняются базовым информационным принципам (собственно, и объясняющим их эмпирическую эквивалентность): несовместимость

<sup>21</sup>Норматив в смысле требования согласованности: любые вероятности, которые назначаются исходам квантового эксперимента, должны подчиняться связи, задаваемой правилом Борна. Это толкование снимает кажущееся противоречие между субъективистскими и реалистическими трактовками вероятностей.

измерений<sup>22</sup>, невозможность идеального клонирования неизвестного квантового состояния<sup>23</sup>, невозможность передачи сверхсветового сигнала в запутанном состоянии, правило Борна как норматив согласованности вероятностей, граница Цирельсона<sup>24</sup> и некоторые другие (это можно назвать здесь аналогом *dedomena* Флориды, но уже не метафизическим, как у него, а в конкретном выражении). Таким образом, нет строгих оснований предпочесть какую-то одну интерпретацию, сказав, что она описывает то, как «на самом деле» обстоят дела (поскольку в принципе не существует инструментов, которые позволили бы обнаружить это «на самом деле»), — дело выглядит так, как будто все они сами по себе и есть искомое «на самом деле». То есть эти модели сами являются реальными как реализации допустимых фундаментальных информационных структур (можно сказать, как информационные объекты)<sup>25</sup>.

Существует позиция, согласно которой проблема измерения — это псевдопроблема (Bub & Pitowsky, 2010): предлагается информационно-теоретическая интерпретация квантовой механики, согласно которой гильбертово пространство определяет объективные структурные ограничения на допустимые вероятностные корреляции между событиями-измерениями. Эти ограничения исключают классические совместные распределения вероятностей, но при этом образуют непротиворечивую теорию вероятностей небулевого типа<sup>26</sup>, не требующую апелляции к скрытым параметрам или коллапсу как физическому процессу. Л. Данлэп показал, что эта модель согласуется с ОСР (Dunlap, 2022: 41–48). Интерпретация квантовой теории в терминах ОСР приводит и к другим интересным результатам. Так, было также показано, что

<sup>22</sup>Фундаментальная особенность квантовой теории: для некоторых пар величин порядок их измерения влияет на результаты, и не существует единой вероятностной модели, приписывающей им значения одновременно.

<sup>23</sup>Теорема о запрете клонирования утверждает, что не существует универсальной процедуры, которая из одного экземпляра неизвестного квантового состояния сделала бы идеальную копию.

<sup>24</sup>Граница Цирельсона — верхняя граница квантовой нелокальности: насколько сильно квантовые корреляции могут нарушать классические неравенства Белла.

<sup>25</sup>Есть точка зрения (Colbeck & Renner, 2011: 1–5) что любая интерпретация квантовой системы (дополняющая ее новыми параметрами) не даст возможности предсказать результаты квантового измерения, поэтому квантовая теория полна. Следовательно, и все перечисленные интерпретации сохраняют ее полноту.

<sup>26</sup>Вероятность определяется на некоммутативной, недистрибутивной структуре событий (решетке проекторов гильбертова пространства), а не на классической булевой алгебре; поэтому она объективна и непротиворечива, но не допускает классического совместного распределения для всех наблюдаемых.

частицы не имеют эмпирических проявлений, представляя собой чисто математическую структуру — структура пространства состояний, связанного с элементарной частицей, не говорит нам о том, к какому типу объектов она относится (McCabe, 2007: 5–7). Аналогичный подход есть у Френча (French, 2019: 163–178), где структурный реализм выступает в роли онтологии для стандартной модели<sup>27</sup>. Структурный реализм может рассматриваться как онтология и для реляционной квантовой механики Ровелли (Dorato & Morganti, 2022: 1–19). То же самое в еще большей степени верно для обсуждаемой здесь версии информационного структурного реализма с онтологическим релятивизмом, который в силу допущения плюрализма описаний становится метапозицией для любых интерпретаций. Все интерпретации эквивалентны, так как имеют одинаковые эмпирические следствия и представляют собой равноправные описания реальности — но нет в принципе возможности указать точно, какой именно реальности, какова ее единственная правильная конфигурация. Это может быть истолковано, как только что было отмечено, в том смысле, что они и есть искомая реальность. Ситуация с эквивалентными описаниями имеет место и во вполне классической теории — общей теории относительности.

#### ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

В теории относительности время и пространство не независимы и не абсолютны (не имеют самостоятельного позитивного онтологического статуса), а образуют единый континуум пространство-время. Как следствие, в теории относительности нет одновременных событий (требование относительности одновременности) — в зависимости от положений наблюдателей в пространстве-времени и их скоростей одни и те же события в любых координатах происходят с точек зрения этих наблюдателей в разное время. Это, по мнению некоторых философов, приводит к этернализму: все события оказываются уже заданными в континууме. Получается так именно в силу рассмотрения временных координат как относительных, причем пространственные остаются фиксированными: геометрия пространства остается одинаковой для всех наблюдателей.

<sup>27</sup>Но есть точка зрения, согласно которой, если различать Стандартную модель и КТП, то может быть сохранен умеренный реализм в отношении и частиц как сущностей (Benitez, 2023: 1–26). См. также по проблеме квантовых частиц как различных сущностей в контексте квантовой запутанности: Bigaj, 2022.

В общей теории относительности (ОТО) геометрия пространства-времени зависит от масс (и энергий — в силу их эквивалентности), находящихся в нем, что предполагает пространство-время в качестве некоего фона, арены событий. Объекты, имеющие массу, искривляют его, создавая гравитацию. Чем больше масса в некоторой области пространства-времени, тем сильнее гравитация и тем больше искривление (можно, сказать, что в ОТО искривление — это и есть гравитация, которая, в свою очередь, эквивалентна ускоренному движению). Классический взгляд состоит в том, что, хотя пространство действительно искривляется, при этом как бы существует универсальная линейка (имеющая фиксированную длину), с помощью которой можно измерить характер этого искривления.

Рассмотрим пример с объектом, значительно искривляющим пространство-время, — черной дырой<sup>28</sup>. Если в парадигме искривленного пространства измерить расстояние от горизонта событий черной дыры, имеющего окружность 100 км, до объекта, который вращается по орбите вокруг нее длиной в 200 км, то получится расстояние в 37 км. Однако в парадигме плоского пространства, применяя уравнения классической геометрии (разность радиусов двух этих окружностей  $200/2\pi$  и  $100/2\pi$ ), мы получим 16 км. В первом случае получается больше в два с лишним раза из-за того, что пространство искривлено, то есть радиус черной дыры не равен длине окружности, деленной на  $2\pi$ , он намного больше (потому что искривленное черной дырой пространство имеет вид условной воронки). Может показаться, что парадигма плоского пространства в данном случае неприменима и правильный ответ только первый — 37 км. Однако это не так. Если взять универсальную линейку (где одно деление обозначает 1 км), отмерить в плоском пространстве отрезок окружности горизонта черной дыры в 37 км и затем приложить этот отрезок в радиальном направлении от горизонта до объекта на внешней окружности, то получится 16 км — так как вследствие уравнений ОТО (из-за гравитации) линейка сожмется. При этом делений на ней по-прежнему останется 37. Это означает, что в парадигме плоского пространства искривляется не пространство, а линейка. При расчетах в зависимости от целей и удобства можно пользоваться то одной, то другой парадигмой.

<sup>28</sup>Этот пример приводит К. Торн (Thorne, 1995: 397–400), здесь он излагается в измененном виде.

Например, решение Шварцшильда для уравнения поля Эйнштейна (Schwarzschild, 1916: 189–196) выполнено в модели искривленного пространства-времени, аналогично — вычисления В. Израэля и Б. Картера (Israel, 1968: 245–260; Carter, 1971: 331–333), показавшие, что черные дыры не имеют специфических признаков, позволяющих вычислить их происхождение; а, например, результаты Т. Дамура в коллаборации с другими исследователями (Gravitational-Radiation Damping..., 1995: 3515–3518), показавшие, каким образом возникают гравитационные волны, исходят из модели плоского пространства-времени.

Естественен вопрос — какая же парадигма соответствует действительности? Искривлено пространство или оно плоское? Как «на самом деле»? Оба подхода полностью согласуются с ОТО и дают совершенно одинаковые предсказания и наблюдаемые реализации в действительности, так что с научной точки зрения вопрос о «самом деле» не имеет смысла. Обе парадигмы верны в том смысле, что законы физики в парадигме плоского пространства-времени математически следуют из физических законов парадигмы искривленного пространства-времени (и наоборот).

Для ОТО существует альтернативная формулировка, получившая название формодинамики (Barbour, 2011). Ключевая идея состоит в обмене симметриями: если ОТО обладает инвариантностью относительно перефолиации пространства-времени (что делает понятие одновременности относительным), то формодинамика заменяет эту симметрию на локальную конформную инвариантность — инвариантность относительно локальных изменений масштаба. В результате абсолютный размер объектов теряет физический смысл: значение имеют только отношения размеров, то есть форма пространственной конфигурации. Показательно, что, несмотря на различие групп симметрий, предсказания обеих теорий совпадают на пространствах-временах, допускающих фолиацию гиперповерхностями постоянной средней кривизны (однако формодинамика обладает более ограниченным множеством решений, чем ОТО).

С другой стороны, формодинамика восстанавливает глобальное понятие одновременности — в ней существует выделенное космологическое время. Это концептуально сближает ее с ньютоновской картиной мира, где время универсально. В космологическом контексте такое выделенное время естественно связано с наблюдателями, покоящимися относительно реликтового излучения, теми, для которых микроволновый фон изотропен, то есть как бы появляются выделенные наблюдатели.

Интересно, что формодинамика потенциально облегчает совмещение гравитации с некоторыми интерпретациями квантовой механики. Например, интерпретация де Бройля — Бома требует выделенного понятия одновременности для определения пилотной волны, направляющей частицы, а стандартная ОТО такой одновременности не предоставляет. Формодинамика с ее привилегированным космологическим временем снимает это препятствие, хотя полноценная квантовая теория на ее основе пока не построена.

Важно, что ОТО и формодинамика — это не разные физические теории, описывающие разные реальности, а два математических языка для описания одной и той же гравитационной физики. Они эквивалентны на широком классе решений, но подчеркивают разные аспекты: ОТО делает явной четырехмерную геометрию пространства-времени, тогда как формодинамика акцентирует эволюцию трехмерных пространственных форм во времени. Это возможно, как уже было сказано, за счет обмена симметриями: свобода выбора фолиации (и, следовательно, относительность одновременности) обменивается на локальную конформную инвариантность (и, следовательно, относительность масштаба).

Интересно, что с любой из этих точек зрения пространство-время не может рассматриваться как некая сущность (субстанция), выступающая фоном для конструкторов теории и существующая независимо от них, так как это приводит к так называемому аргументу дырки<sup>29</sup>, который Эйнштейн и обнаружил первым (Norton et al., 2023). Суть аргумента в том, что из принятия субстанциализма пространства-времени следует, что пространство-время получает характеристики, правильность которых не может определить никакая модель теории пространства-времени. То есть нет возможности ее фальсифицировать — свойства пространства-времени в таком случае лежат за пределами возможностей теорий. Вариант решения проблемы — отказ от субстанциональности пространства-времени как фона, в котором нечто происходит (нет фона, есть только «поля в полях» — например, гравитационное (Earman, 1987: 515–525)). Но поля — это математические структуры теории! Таким образом, пространство-время оказывается не сущностью, а структурой, что прекрасно вписывается в структурный реализм (в статье С. Масуми (Masumi, 2021) показывается эффективность ОСР как способа избавиться от «аргумента дырки»; тем более здесь эффективен информационный

<sup>29</sup>Имеется в виду дырочное преобразование, которым могут быть связаны различные метрики пространства.

структурный реализм). Отказ от субстанциональности пространства-времени в пользу информационно-структурных подходов характерен также для теории суперструн с дуальными преобразованиями: о ней пойдет речь в следующем разделе.

#### ДУАЛЬНОСТИ СУПЕРСТРУННЫХ МОДЕЛЕЙ<sup>30</sup>

Теория суперструн (ТС), один из претендентов на статус квантовой теории гравитации, пытаясь решить проблему несовместимости квантовой теории поля и общей теории относительности, предложила в качестве фундаментальных объектов струны. Это элементарные объекты, имеющие фиксированный минимальный размер (порядка планковской длины). Главная идея в том, что они не могут быть бесконечно малы, как частицы стандартной модели, в геометрическом смысле представляющие собой точки. ТС описывает известные частицы в качестве мод колебания струн, но также предсказывает и гравитон, которого нет в стандартной модели (при относительно низких энергиях ТС формулируется в терминах КТП, и струны тогда описываются в терминах полей, как результаты их возмущений). Фактически ТС — это пять различных теорий, которые репрезентируют отличающиеся физические реальности, однако все они связаны друг с другом так называемыми дуальными преобразованиями (Becker et al., 2007: 339–347). Это означает, что одну из них можно изменить так, что она будет эквивалентна другой теории, что выразится в том, что они дадут математически различные описания одних и тех же явлений (Zwiebach, 2009: 376). Более того, все они могут рассматриваться как предельные случаи единой одиннадцатимерной теории, называемой М-теорией (Polchinski, 1998: 198), которая, в свою очередь, при низких энергиях оказывается приближением теории одиннадцатимерной супергравитации (Becker et al., 2007: 12). Ученые пытаются формулировать М-теорию на основе матричной теории или AdS/CFT-соответствия (о них будет сказано ниже).

Дуальности фактически демонстрируют, что теории, выглядящие как описания принципиально различных миров, в которых по-разному реализованы базовые физические параметры (законы природы), эквивалентны друг другу, и, следовательно, представляют одну и ту же реальность. Достигается это за счет того, что они соотносят друг

<sup>30</sup>Хотя теория суперструн не имеет экспериментального подтверждения, ее математический аппарат находит применение в других областях физики и математики, в том числе дуальности, о которых будет сказано ниже.

с другом эти самые величины (различающиеся параметры), например, не похожие на фундаментальном уровне пределы поведения физических систем — сильные и слабые константы связи<sup>31</sup>, макроскопическое и микроскопическое. Здесь показывается, что дуальности следует интерпретировать как очередной аргумент в пользу информационного реализма с альтернативными описаниями реальности.

Существует несколько видов дуальностей, показывающих эквивалентность теорий (эквивалентность означает здесь наличие перевода с языка одной теории на язык другой, который дает возможность делать вычисления, например, более сложной теории в языке другой, более простой; в результате перевода структуры первой теории оказываются аналогичны структурам второй, и теории позволяют делать одинаковые предсказания).

Так называемая S-дуальность говорит об эквивалентности теорий, которые могут быть струнными теориями или квантовыми теориями поля. В КТП S-дуальность является результатом обобщения инвариантности уравнений Максвелла при взаимодействии электрического и магнитного полей. С ее помощью показывается, что теория с сильной константой связи может быть эквивалентна теории со слабой константой связи. Таким образом, этот тип дуальности позволяет связывать теорию, в которой вычисления трудны, с более простой теорией (Frenkel, 2007: 387–533). В итоге теории, которые описывают разные физические системы, будут эквивалентны как разные математические описания одинаковых явлений.

Другой вид, T-дуальность, связывает теории таким образом, что измерение одной теории заменяется измерением другой теории (например, большое — малым, свернутым в окружность), что позволяет связать теории с различающимися геометриями пространства и показать, что различные теории (в плане числа и формы пространственных измерений) описывают одну и ту же реальность. Это приводит к интересным следствиям на экстремальных масштабах (Seiberg, 2007: 163–213): если большое измерение первой теории имеет бесконечный размер, то малое измерение связанной с ней T-дуальностью второй окажется равным нулю.

Третий вид, используемый редко, — это U-дуальность (Mizoguchi & Schröder, 2006: 835), представляющая собой симметрию, соединяющую

<sup>31</sup>Константа связи — число, контролирующее силу взаимодействий в КТП и струнных теориях.

два вышеперечисленных типа. Это может быть преобразование, которое заменяет макроскопическую геометрию одной теории константой связи другой.

Последний и ключевой для настоящей работы тип дуальности иногда называется голографической дуальностью. О нем расскажем подробнее.

Среди важных свойств ТС, связывающих ее как с ОТО, так и с КТП, выделяется так называемый голографический принцип. Исходная идея голографического принципа состоит в том, что энтропия любого массивного объекта пропорциональна площади его поверхности, а не объему<sup>32</sup>. Это интерпретируется в том смысле, что информация об объекте большей размерности является проекцией объекта меньшей размерности, на котором она «записана» (например, закодирована в виде битов)<sup>33</sup>. В этом сценарии Вселенная — это голограмма, проецируемая с удаленной двумерной границы. Голографический принцип приводит к интересному следствию об эквивалентности физических миров разных размерностей.

Краткая история открытия такова. Исследуя черные дыры, Я. Бекенштейн обнаружил, что энтропия черной дыры пропорциональна площади ее поверхности (Bekenstein, 1972: 99–104). С. Хокинг нашел точную константу пропорциональности — она равна  $1/4$ , из чего следует, что энтропия черной дыры составляет четверть от площади ее горизонта (Hawking, 1975: 199–220). Стандартная интерпретация этого обстоятельства в философии науки состоит в том, что информация о черной дыре закодирована на ее горизонте — поверхности, а не внутри объема (иначе это можно сформулировать так, что содержание объектов, попавших в черную дыру, записано во флуктуациях горизонта событий).

Занимаясь исследованиями на стыке ОТО и суперструнной космологии, Г. 'т Хоофт обнаружил, что деформация горизонта черной дыры в классическом четырехмерном пространстве-времени, которая возникает вследствие падения и испускания частиц, выглядит аналогично деформации, кодирующей испускание и поглощение частиц на двумерном мировом листе ТС<sup>34</sup> (в 1993 г.; обновленная версия — Hooft, 2009). Л. Сасскинд обнаружил, что флуктуации горизонта черной дыры есть корректное описание падающей и исходящей материи (Susskind, 1995:

<sup>32</sup>Голограммой называется двумерное изображение, хранящее информацию о трехмерном объекте.

<sup>33</sup>Понимание энтропии как меры скрытой информации было предложено Клодом Шенноном.

<sup>34</sup>Эта деформация есть альтернативное (то есть еще одно возможное) описание положения частицы и ее массы.

6377–6396), что означает, что приложение модели мирового листа — это правильное описание того, что происходит на горизонте черной дыры: трехмерного объекта ОТО. Из этого результата следует, что черные дыры можно описывать в языке ТС в более простом двумерном контексте (как голограмму). То есть голографический принцип означает универсальную связь между информацией и геометрией (Bousso, 2002: 825–874): четырехмерное пространство-время есть следствие колебаний двумерного горизонта черной дыры, что выражается как реализация скрытой информации.

Из этого и возникает новый вид дуальности, называемой голографической: AdS/CFT-соответствие (Maldacena, 1999: 1113–1133; AdS — теория с гравитацией в пространстве анти-де Ситтера с отрицательной кривизной, CFT — конформная теория поля, вариант квантовой теории поля). Это соответствие называется голографической дуальностью, поскольку многомерная теория гравитации в объеме (*bulk*) пространства анти-де Ситтера оказывается эквивалентна конформной теории поля, живущей на его границе, которая имеет на одно пространственное измерение меньше. Дуальность означает, что связанные AdS/CFT-соответствием теории описывают одну физическую действительность, несмотря на различное число измерений и другие фундаментальные различия в своей структуре.

Другой пример, который можно интерпретировать в этом же ключе: матричная теория BFSS (M Theory as a Matrix Model..., 1997: 5112–5128). Матричная теория изучает точечноподобные браны (многомерные элементарные объекты), которые называются До-бранами. По своим характеристикам они идентичны гравитонам. Известно, что предел М-теории при низких энергиях — это теория супергравитации (Witten, 1995: 85–126); аналогично при низких энергиях матричная теория BFSS описывается одиннадцатимерной супергравитацией, что, в свою очередь, приводит к выводу об эквивалентности BFSS и М-теории. Результат этот интересен в силу свойства матричной модели, согласно которому не существует способа обнаружить положение До-бран, пока они находятся слишком близко друг к другу. В математике это выражается в том, что их положение невозможно задать в конфигурационном пространстве; таким образом, вопрос о том, где находится До-брана, не имеет смысла (она как бы и есть, но нигде не находится). Возможное объяснение этого факта состоит в том, что в масштабах планковской длины пространство (как оно фигурирует в классической физике) исчезает (Karpenko, 2023: 448–449). Это, в свою очередь, означает, что

пространство-время не является фундаментальным, но это одна из удобных моделей для некоторых способов описания реальности (что близко к известному кантианскому представлению о пространстве и времени).

Из рассмотренных примеров видно, что суперструнные модели также предлагают альтернативные описания реальности в виде различающихся структур — с буквально различающейся физической картиной миров. Это полностью соответствует предлагаемому здесь подходу информационного структурного реализма с онтологическим релятивизмом — эти самые различающиеся структуры обладают равным онтологическим статусом: они описывают одно и то же. Это свидетельствует о первичности описания по отношению к физическим картинам: свойства пространства и времени оказываются производными от способов описаний, которые тем не менее эквивалентны.

### ЦИФРОВАЯ ФИЛОСОФИЯ

В XX в. получила распространение гипотеза, предполагающая биты (единицы информации, принимающие значения 1 и 0) фундаментальными<sup>35</sup>. Она получила название цифровой физики или цифровой философии<sup>36</sup>. Сегодня под цифровой физикой обычно понимают тезис, что фундаментальные процессы мира дискретны и вычислимы: природа либо есть вычисление, либо полностью им эмулируема. Ключевые версии цифровой программы были предложены: К. Цузе (Zuse, 1967: 336–344) — гипотеза, что процессы мира реализуются как клеточный автомат (основа формулировки цифровой онтологии)<sup>37</sup>; Э. Фредкиным (Fredkin, 2003: 189–247) — мир как обратимые универсальные клеточные автоматы, способные эмулировать физику; С. Вольфрамом (Wolfram, 2002) — сложность природы возникает из простых программ, поэтому мир может быть результатом работы очень простого алгоритма, а сложность рождается из длительного применения простого правила; С. Ллойдом (Lloyd,

<sup>35</sup>Идею нельзя назвать совершенно новой, она обусловлена общим контекстом развития идей в истории философии: пифагорейцы, Платон и неоплатоники, Галилей и математики Нового времени подготовили для нее почву — как и в целом для информационной онтологии.

<sup>36</sup>Изначальный термин «цифровая физика», предложенный Э. Фредкиным, им же впоследствии был заменен на «цифровую философию», что более точно отражает содержание концепции.

<sup>37</sup>Множества из ячеек, которые образуют решетку; ячейки могут находиться в дискретных состояниях, например 0 или 1. Рядом с каждой ячейкой есть другие ячейки, значения которых меняются в соответствии с определенными правилами перехода в новое состояние.

2007: 46), предложившим популярно-научную концепцию вычисляющей вселенной как квантового компьютера; Г. 'т Хоофтом (Hooft, 2016), предложившим детерминистскую клеточно-автоматную интерпретацию квантовой механики; Ю. Шмидхубером (Schmidhuber, 1997) — существует мультиверс всех вычислимых вселенных, где вероятность каждой истории взвешивается алгоритмической сложностью ее порождающего описания, и более короткие и быстрые программы получают больший вес (как итог, наша Вселенная порождена простой программой). Этот подход продолжает интуицию «всё из бита» Дж. Уилера (J. Wheeler, 1990: 5), согласно которому физические факты коренятся в бинарных исходах операций измерения, но уже в терминах алгоритмической вероятности и ресурсных ограничений вычисления, а фундаментальность приписывается программному описанию мира.

Квантово-механические измерения можно выражать в виде двоичной информации, например битов, которые принимают значения 1 или 0 (это отчасти и послужило толчком к развитию цифровой физики). В этом смысле любые модели (копенгагенская интерпретация, многомировая интерпретация, реляционная квантовая механика Ровелли и т. д.) являются альтернативными кодированиями, в равной степени верными, как описывающие одну и ту же информационную реальность.

Проводя аналогию с обсуждаемой выше дуальностью, можно привести следующий пример: программный код и его визуальная реализация связаны дуально (как в случае голографической дуальности) — они фиксируют одну и ту же действительность, однако изображение двумерно (иногда допустимо говорить о трехмерности), а код одномерен, и изменения программы приведут к изменениям изображения. При том и то и другое — информационные объекты, то есть фундаментальной оказывается информация. Описания оказываются первичными по отношению к описываемому и эквивалентными по отношению друг к другу (при этом описываемое — это та же информация, только на другом уровне абстракции).

Там, где фундаментальной реальностью признаётся информационная, область возможного задается тем, что можно выразить с помощью информационных единиц. Чем проще программа, например перевод 1 в 0, тем меньше способов ее реализовать. Но чем она сложнее (например, научная теория), тем больше единиц информации требуется для ее реализации и тем больше способов ее описать — может существовать множество различных описаний, при этом нельзя сказать, что одна

последовательность единиц и нулей фундаментальнее другой — сами описания равноправны и имеют одинаковый онтологический статус.

Таким образом, цифровая философия оказывается еще одним аргументом в пользу информационного структурного реализма с онтологическим плюрализмом, где структуры тождественны информации (за которой не стоит ничто другое «на самом деле»), поскольку она фундаментальна. Но здесь остается проблема: какой именно онтологии придерживаться. Флориди, как было показано, выступает против цифровой (и аналоговой) онтологии, утверждая наличие некоей протоинформации — это можно рассматривать как намек на первенство метафизических концептов. В настоящей же работе отстаивалась позиция, что все допустимые онтологии равноправны.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выше отстаивалась позиция, которая сближается с информационным структурным реализмом, согласно которой информация обладает позитивным онтологическим статусом и первична. Приведенные аргументы из философии науки и физики говорят в пользу плюрализма описаний: различные структуры рассматриваются как равноправные, так как нельзя сказать, что одна описательная модель фундаментальнее другой — сама по себе информация фундаментальна (за ней не обнаружима какая-то иная, первичная реальность). Это означает не то, что разные модели альтернативно описывают некую базовую реальность, какова она есть «на самом деле», а то, что они и есть эта реальность. Мир существует объективно, но нет избранной ситуации «на самом деле», так как есть равноправные способы описания. То же можно сказать в целом о дискуссии реализма и антиреализма — это разные модели реальности, которые сами реальны<sup>38</sup>. Какие-то описания могут быть неверны, некорректны и не иметь смысла, но они тем не менее реальны (нельзя сказать,

<sup>38</sup>См. у А. Файна (Fine, 1996: 121–151) о том, что ни реализм, ни антиреализм не являются обоснованными, — он предлагает «естественную онтологическую установку», которая включает как реалистические, так антиреалистические позиции; Ч. Мисак (Misak, 2010: 76–87) обосновывает, что спор о сущностях и некоторые другие принципиальные позиции в противостоянии двух лагерей вообще не являются проблемой с точки зрения прагматизма. Ван Фраассен (Fraassen, 1994: 182) также соглашается с тем, что антиреализм и реализм в равной степени рациональны. К выводу о том, что эти подходы есть равноправные интерпретации, приходит А. Чакраварти (Chakravartty, 2017: XI–XVIII), говоря, что онтологии в принципе могут быть разными и не обязательно какая-то одна должна быть лучше других. Интересен так же перспективизм Р. Гира как совмещение реалистических и антиреалистических установок (Giere, 2006).

что какая-то информация существует, а какая-то не существует) как возможные миры. Нас, очевидно, интересуют те модели, которые коррелируют с миром, в котором мы находимся, и здесь критерием верности описаний выступает структурная преемственность теорий, предсказательные возможности и эмпирическая проверяемость, что позволяет определить правдоподобную модель (научное представление) того мира, в котором мы находимся, при этом различные модели, имеющие принципиально различающиеся физические видения реальности, могут быть дуальными по отношению друг к другу (эквивалентными).

Подход также позволяет предложить решение спора между теми, кто считает, что наука не должна объяснять реальность, и теми, кто придерживается позиции, что наука обязана объяснять реальность (в основе которой лежит установка, что реальность отделена от науки). С отстаиваемой здесь точки зрения это разделение ошибочно, так как наука — это и есть реальность.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Головкин Н. В., Эртель И. И. Онтический структурный реализм : онтология паттернов и модальная природа структур // Сибирский философский журнал. — 2020. — Т. 18, № 4. — С. 5–29.
- Карпенко И. А. Некоторые предварительные условия для создания «многомировой теории всего» и развития интеллектуальной интуиции // Логические исследования. — 2023. — Т. 29, № 1. — С. 9–29.
- Карпенко И. А. Идея предельной версии множественности миров // Философия науки и техники. — 2024. — Т. 29, № 2. — С. 75–87.
- Карпенко И. А. В защиту информационного структурного реализма : версия альтернативных описаний // Эпистемология и философия науки. — 2025. — Т. 62, № 2. — С. 190–207.
- Терехович В. Э. Структуры, объекты и реальность. Часть 1 // Эпистемология и философия науки. — 2022. — Т. 59, № 3. — С. 166–184.
- Терехович В. Э. Структуры, объекты и реальность. Часть 2 // Эпистемология и философия науки. — 2023. — Т. 60, № 1. — С. 149–165.
- Barbour J. Shape Dynamics. An Introduction / arXiv. — 2011. — URL: <https://arxiv.org/abs/1105.0183> (visited on Dec. 17, 2025).
- Becker K., Becker M., Schwarz J. String Theory and M-theory : A Modern Introduction. — New York : Cambridge University Press, 2007.
- Bekenstein A. Black Holes and the Second Law // Lettere al Nuovo Cimento. — 1972. — Vol. 4, no. 15. — P. 99–104.
- Beni M. Epistemic Informational Structural Realism // Minds and Machines. — 2016. — Vol. 26. — P. 323–339.

- Benitez F.* Particles, Fields, and the Ontology of the Standard Model // Synthese. — 2023. — Vol. 201.
- Bigaj T.* Identity and Indiscernibility in Quantum Mechanics (New Directions in the Philosophy of Science). — London : Palgrave Macmillan, 2022.
- Bousso R.* The Holographic Principle // Reviews of Modern Physics. — 2002. — Vol. 74, no. 2. — P. 825–874.
- Brading K., Crull E.* Epistemic Structural Realism and Poincare’s Philosophy of Science // Hopos : The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science. — 2017. — Vol. 7, no. 1. — P. 108–129.
- Brans C.* Bell’s Theorem Does not Eliminate Fully Causal Hidden Variables // International Journal of Theoretical Physics. — 1988. — Vol. 27, no. 2. — P. 219–226.
- Bub J., Pitowsky I.* Two Dogmas about Quantum Mechanics / An Archive for Preprints in Philosophy of Science. — 2010. — URL: <https://philsci-archive.pitt.edu/3761/3/0xford4.pdf> (visited on Dec. 14, 2025).
- Bynum T.* On the Possibility of Quantum Informational Structural Realism // Minds and Machines. — 2014. — Vol. 24, no. 1. — P. 123–139.
- Carter B.* Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom // Physical Review Letters. — 1971. — Vol. 26, no. 6. — P. 331–333.
- Chakravartty A.* Semirealism // Studies in History and Philosophy of Science Part A. — 1998. — Vol. 29, no. 3. — P. 391–408.
- Chakravartty A.* Scientific Realism / The Stanford Encyclopedia of Philosophy. — 2017. — URL: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/scientific-realism/> (visited on Dec. 14, 2025).
- Colbeck R., Renner R.* No Extension of Quantum Theory Can Have Improved Predictive Power // Nature Communications. — 2011. — Vol. 2, no. 8.
- Demopoulos W., Friedman M.* Critical Notice: Bertrand Russell’s The Analysis of Matter. Its Historical Context and Contemporary Interest // Philosophy of Science. — 1985. — Vol. 52, no. 4. — P. 621–639.
- Dorato M., Morganti M.* What Ontology for Relational Quantum Mechanics? // Foundations of Physics. — 2022. — Vol. 52, no. 3.
- Dunlap L.* Is the Information-Theoretic Interpretation of Quantum Mechanics an Ontic Structural Realist View? // Studies in History and Philosophy of Science. — 2022. — Vol. 91. — P. 41–48.
- Earman J.* What Price Spacetime Substantivalism // British Journal for the Philosophy of Science. — 1987. — Vol. 38. — P. 515–525.
- Eronen M.* Robustness and Reality // Synthese. — 2015. — Vol. 192, no. 12. — P. 3961–3977.
- Everett H.* “Relative State” Formulation of Quantum Mechanics // Review of Modern Physics. — 1957. — Vol. 29, no. 3. — P. 454–462.
- Faye J.* Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics / Stanford Encyclopedia of Philosophy. — 2019. — URL: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/qm-copenhagen/> (visited on Dec. 14, 2025).

- Fine A.* The Shaky Game : Einstein, Realism and The Quantum Theory. — Chicago : University of Chicago Press, 1996.
- First Demonstration of Antimatter Wave Interferometry / S. Sala [et al.] // Science Advances. — 2019. — Vol. 5, no. 5.
- Floridi L.* A Defence of Informational Structural Realism // Synthese. — 2008. — Vol. 161. — P. 219–253.
- Floridi L.* Against Digital Ontology // Synthese. — 2009. — Vol. 168. — P. 151–178.
- Floridi L.* The Philosophy of Information. — Oxford : Oxford University Press, 2013.
- Fraassen B. van.* Gideon Rosen on Constructive Empiricism // Philosophical Studies. — 1994. — Vol. 74, no. 2. — P. 179–192.
- Fraassen B. van.* Structure : Its Shadow and Substance // The British Journal for the Philosophy of Science. — 2006. — Vol. 57, no. 2. — P. 275–307.
- Fredkin E.* An Introduction to Digital Philosophy // International Journal of Theoretical Physics. — 2003. — Vol. 42. — P. 189–247.
- French S.* The Structure of the World : Metaphysics and Representation. — Oxford : Oxford University Press, 2014.
- French S.* Eliminating Objects Across the Sciences // Individuals Across the Sciences / ed. by T. Pradeu, A. Guay. — New York : Oxford University Press, 2016. — P. 371–394.
- French S.* Structural Realism and the Standard Model // Philosophers Look at Quantum Mechanics / ed. by A. Cordero. — Cham : Springer International Publishing, 2019. — P. 163–178.
- Frenkel E.* Lectures on the Langlands Program and Conformal Field Theory // Frontiers in Number Theory, Physics, and Geometry II / ed. by P. Cartier, P. Moussa, B. Julia, P. Vanhove. — Berlin : Springer, 2007. — P. 387–533.
- Fuchs C. A., Mermin N. D., Schack R.* An Introduction to QBism with an Application to the Locality of Quantum Mechanics // American Journal of Physics. — 2014. — Vol. 82, no. 8. — P. 749–754.
- Ghirardi G. C., Rimini A., Weber T.* Unified Dynamics for Microscopic and Macroscopic Systems // Physical Review D. — 1986. — Vol. 34. — P. 470–491.
- Giere R. N.* Scientific Perspectivism. — Chicago : University of Chicago Press, 2006.
- Goldstein S.* Bohmian Mechanics / The Stanford Encyclopedia of Philosophy. — 2013. — URL: <https://plato.stanford.edu/entries/qm-bohm/> (visited on Dec. 14, 2025).
- Gravitational-Radiation Damping of Compact Binary Systems to Second Post-Newtonian Order / L. Blanchet [et al.] // Physical Review Letters. — 1995. — Vol. 74, no. 18. — P. 3515–3518.
- Hacking I.* Do We See Through a Microscope? // Pacific Philosophical Quarterly. — 1981. — Vol. 62, no. 4. — P. 305–322.
- Hawking S.* Particle Creation by Black Holes // Communications in Mathematical Physics. — 1975. — Vol. 43, no. 3. — P. 199–220.

- Hooft G.* 't. Dimensional Reduction in Quantum Gravity / arXiv. — 2009. — URL: <https://arxiv.org/pdf/gr-qc/9310026v2.pdf> (visited on Dec. 15, 2025).
- Hooft G.* 't. The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics. — Cham : Springer, 2016.
- Hossenfelder S., Palmer T.* Rethinking Superdeterminism // *Frontiers in Physics*. — 2020. — Vol. 8.
- Israel W.* Event Horizons in Static Electrovac Space-Times // *Communications in Mathematical Physics*. — 1968. — Vol. 8, no. 3. — P. 245–260.
- Karpenko I. A.* Zeno's Paradoxes and the Quantum Microworld : What the Aporias Convey // *Philosophy and Society*. — 2023. — Vol. 34, no. 3. — P. 438–451.
- Ladyman J.* Structural Realism and the Relationship between the Special Sciences and Physics // *Philosophy of Science*. — 2008. — Vol. 75, no. 5. — P. 744–755.
- Ladyman J.* An Apology for Naturalized Metaphysics // *Metaphysics and the Philosophy of Science : New Essays* / ed. by M. Slater, Z. Yudell. — New York : Oxford University Press, 2017. — P. 141–162.
- Ladyman J.* Structural Realism / *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. — 2019. — URL: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/structural-realism> (visited on Dec. 9, 2025).
- Ladyman J., Ross D.* Every Thing Must Go : Metaphysics Naturalized. — New York : Oxford University Press, 2007.
- Lektorsky V. A.* Epistemological Realism and Cognitive Science // *Global Philosophy*. — 2023. — Vol. 33, no. 6.
- Lloyd S.* Programming the Universe : A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos. — New York : Vintage, 2007.
- Lombardi O., Dieks D.* Modal Interpretations of Quantum Mechanics / *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. — 2024. — URL: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/qm-modal/> (visited on Dec. 14, 2025).
- Long B.* ISR Is Still a Digital Ontology // *Erkenntnis*. — 2020. — Vol. 85, no. 3. — P. 649–664.
- M Theory as a Matrix Model : A Conjecture / T. Banks, W. Fischler, S. Schenker, L. Susskind // *Physical Review D*. — 1997. — Vol. 55, no. 8. — P. 5112–5128.
- Maldacena J.* The Large N Limit of Superconformal Field Theories and Supergravity // *International Journal of Theoretical Physics*. — 1999. — Vol. 38, no. 4. — P. 1113–1133.
- Masoumi S.* The Hole Argument, Manifold Substantivalism, and Ontic Structural Realism // *Philosophical Investigations*. — 2021. — Vol. 15, no. 35. — P. 379–401.
- Maxwell G.* Theories, Perception and Structural Realism // *The Nature and Function of Scientific Theories : Essays in Contemporary Science and Philosophy* / ed. by R. G. Colodny. — Pittsburgh (PA) : University of Pittsburgh Press, 1970. — P. 3–34.
- McCabe G.* Philosophy and Foundations of Physics. — Amsterdam : Elsevier, 2007.
- Misak C.* The Pragmatic Maxim : How to Get Leverage on a Concept // *The Harvard Review of Philosophy*. — 2010. — Vol. 17. — P. 76–87.

- Mizoguchi S., Schröder G.* On Discrete U-duality in M-theory Class // Quantum Gravity. — 2006. — Vol. 17, no. 4. — P. 835–871.
- Newman M.* Mr. Russell's Causal Theory of Perception // Mind. — 1928. — Vol. 37, no. 146. — P. 137–148.
- Norton J., Pooley O., Read J.* The Hole Argument / The Stanford Encyclopedia of Philosophy. — 2023. — URL: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2023/entries/spacetime-holearg/> (visited on Dec. 15, 2025).
- Poincaré H.* La science et l'hypothèse // Revue philosophique de la France et de l'étranger. — 1903. — T. 55. — P. 667–671.
- Poincaré H.* La valeur de la science // Revue philosophique de la France et de l'étranger. — 1905. — T. 60. — P. 415–423.
- Polchinski J.* String Theory. Vol. 2. Superstring Theory and Beyond. — Cambridge : Cambridge University Press, 1998.
- Psillos S.* Is Structural Realism Possible? // Philosophy of Science. — 2001. — Vol. 68, no. 3. — P. 13–24.
- Quantum Erasure with Causally Disconnected Choice / X.-S. Ma [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. — 2013. — Vol. 110, no. 4.
- Ramsey F.* Theories // The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays / ed. by NODATA. — New York : Harcourt, Brace & Company, 1931. — P. 212–236.
- Rovelli C.* Relational Quantum Mechanics // International Journal of Theoretical Physics. — 1996. — Vol. 35. — P. 1637–1678.
- Rowbottom D.* Scientific Realism : What It Is, the Contemporary Debate, and New Directions // Synthese. — 2019. — Vol. 196, no. 2. — P. 451–484.
- Russell B.* The Analysis of Matter. — London : Kegan Paul, Trench, Trubner, 1927.
- Schaffer J.* Is There a Fundamental Level? // Noûs. — 2003. — Vol. 37, no. 3. — P. 498–517.
- Schmidhuber J.* Computer Scientist's View of Life, the Universe, and Everything // Foundations of Computer Science: Potential—Theory—Cognition. Lecture Notes in Computer Science / ed. by C. Freksa, M. Jantzen, R. Valk. — Berlin : Springer, 1997. — P. 201–208.
- Schwarzschild K.* Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie // Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. — 1916. — Jg. 7. — S. 189–196.
- Seiberg N.* Emergent Spacetime // The Quantum Structure of Space and Time / ed. by M. Henneaux, A. Sevrin, D. Gross. — Singapore : WSPC, 2007. — P. 163–213.
- Susskind L.* The World as a Hologram // Journal of Mathematical Physics. — 1995. — Vol. 36, no. 11. — P. 6377–6396.
- Thorne K.* Black Holes and Time Warps : Einstein's Outrageous Legacy. — New York : W. W. Norton, 1995.
- Votsis I.* The Epistemological Status of Scientific Theories : An Investigation of the Structural Realist Account : PhD thesis / Votsis I. — London, 2004.

- Votsis I. Everything You Always Wanted to Know about Structural Realism but Were Afraid to Ask // *European Journal for Philosophy of Science*. — 2011. — Vol. 1, no. 2. — P. 227–276.
- Wallace D. Stating Structural Realism : Mathematics-first Approaches to Physics and Metaphysics // *Philosophical Perspectives*. — 2022. — Vol. 36, no. 1. — P. 345–378.
- Wheeler B. How Realist is Informational Structural Realism? // *Synthese*. — 2022. — Vol. 200.
- Wheeler J. Information, Physics, Quantum : The Search for Links // *Complexity, Entropy, and the Physics of Information* / ed. by W. Zurek. — Redwood City : Addison-Wesley, 1990. — P. 3–28.
- Witten E. String Theory Dynamics in Various Dimensions // *Nuclear Physics B*. — 1995. — Vol. 443, no. 1/2. — P. 85–126.
- Wolfram S. *A New Kind of Science*. — Champaign : Wolfram Media, 2002.
- Worrall J. Structural Realism : The Best of Both Worlds? // *Dialectica*. — 1989. — Vol. 43, no. 1/2. — P. 99–124.
- Yaghmaie A. On the Problem of Relation Without Relata // *Philosophical Investigations*. — 2021. — Vol. 14, no. 33. — P. 404–425.
- Zuse K. *Rechnender Raum* // *Elektronische Datenverarbeitung*. — 1967. — Jg. 8. — S. 336–344.
- Zwiebach B. *A First Course in String Theory*. — Cambridge : Cambridge University Press, 2009.

---

Karpenko, I. A. 2026. "Informatsionno-strukturnyy podkhod v nauchnom realizme [Information-Structural Approach in Scientific Realism]: obsuzhdeniye i argumenty [Discussion and Arguments]" [in Russian]. *Filosofiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki* [*Philosophy. Journal of the Higher School of Economics*] 10 (1), 298–334.

---

IVAN KARPENKO  
PHD IN PHILOSOPHY  
ASSOCIATE PROFESSOR

HSE UNIVERSITY (MOSCOW, RUSSIA); ORCID: 0000-0003-3768-0049

## INFORMATION-STRUCTURAL APPROACH IN SCIENTIFIC REALISM DISCUSSION AND ARGUMENTS

Submitted: Jan. 16, 2025. Reviewed: Nov. 11, 2025. Accepted: Jan. 13, 2026.

**Abstract:** The article presents arguments in favor of a modified version of informational structural realism. The main idea of the approach is to reject the concept of material reality as ontologically primary, instead it is proposed to consider information representations that are implemented in the form of models (scientific representations) as fundamental. The key

difference from the existing structural approaches is that many equivalent descriptions of reality are allowed as primary structures that have an informational nature. The new version is supported by arguments from the philosophy of science and physics (from general relativity, quantum mechanics, the theory of quantum gravity, and digital philosophy), which demonstrate that dual descriptions of reality based on fundamentally different ontologies (physical worldviews) are possible. Based on the above arguments, it is shown that the physical representations of reality and its historically main attributes, such as space and time, appearing in different models, do not agree with each other, however, there are equivalents. As a result, an information ontology is proposed in which various, including competing theoretical descriptions, are declared fundamental, which leads to epistemological and ontological relativism, not in an anti-realistic sense, but rather in a realistic one.

**Keywords:** Scientific Realism, Anti-realism, Structural Realism, Informational Realism, Information Ontology, Quantum Mechanics, Theory of Relativity, Quantum Theory of Gravity, Duality, Philosophy of Science.

**DOI:** 10.17323/2587-8719-2026-1-298-334.

#### REFERENCES

- Banks, T., W. Fischler, S. Schenker, and L. Susskind. 1997. "M Theory as a Matrix Model: A Conjecture." *Physical Review D* 55 (8): 5112–5128.
- Barbour, J. 2011. "Shape Dynamics. An Introduction." arXiv. Accessed Dec. 17, 2025. <https://arxiv.org/abs/1105.0183>.
- Becker, K., M. Becker, and J. Schwarz. 2007. *String Theory and M-theory: A Modern Introduction*. New York: Cambridge University Press.
- Bekenstein, A. 1972. "Black Holes and the Second Law." *Lettere al Nuovo Cimento* 4 (15): 99–104.
- Beni, M. 2016. "Epistemic Informational Structural Realism." *Minds and Machines* 26:323–339.
- Benitez, F. 2023. "Particles, Fields, and the Ontology of the Standard Model." *Synthese* 201.
- Bigaj, T. 2022. *Identity and Indiscernibility in Quantum Mechanics (New Directions in the Philosophy of Science)*. London: Palgrave Macmillan.
- Blanchet, L., T. Damour, R. I. Bala, et al. 1995. "Gravitational-Radiation Damping of Compact Binary Systems to Second Post-Newtonian Order." *Physical Review Letters* 74 (18): 3515–3518.
- Bousso, R. 2002. "The Holographic Principle." *Reviews of Modern Physics* 74 (2): 825–874.
- Brading, K., and E. Crull. 2017. "Epistemic Structural Realism and Poincare's Philosophy of Science." *Hopos: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science* 7 (1): 108–129.
- Brans, C. 1988. "Bell's Theorem Does not Eliminate Fully Causal Hidden Variables." *International Journal of Theoretical Physics* 27 (2): 219–226.
- Bub, J., and I. Pitowsky. 2010. "Two Dogmas about Quantum Mechanics." An Archive for Preprints in Philosophy of Science. Accessed Dec. 14, 2025. <https://philsci-archive.pitt.edu/3761/3/0xford4.pdf>.
- Bynum, T. 2014. "On the Possibility of Quantum Informational Structural Realism." *Minds and Machines* 24 (1): 123–139.
- Carter, B. 1971. "Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom." *Physical Review Letters* 26 (6): 331–333.
- Chakravartty, A. 1998. "Semirealism." *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29 (3): 391–408.

- . 2017. "Scientific Realism." *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Accessed Dec. 14, 2025. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/scientific-realism/>.
- Colbeck, R., and R. Renner. 2011. "No Extension of Quantum Theory Can Have Improved Predictive Power." *Nature Communications* 2 (8).
- Demopoulos, W., and M. Friedman. 1985. "Critical Notice: Bertrand Russell's *The Analysis of Matter*. Its Historical Context and Contemporary Interest." *Philosophy of Science* 52 (4): 621–639.
- Dorato, M., and M. Morganti. 2022. "What Ontology for Relational Quantum Mechanics?" *Foundations of Physics* 52 (3).
- Dunlap, L. 2022. "Is the Information-Theoretic Interpretation of Quantum Mechanics an Ontic Structural Realist View?" *Studies in History and Philosophy of Science* 91:41–48.
- Earman, J. 1987. "What Price Spacetime Substantivalism." *British Journal for the Philosophy of Science* 38:515–525.
- Eronen, M. 2015. "Robustness and Reality." *Synthese* 192 (12): 3961–3977.
- Everett, H. 1957. "'Relative State' Formulation of Quantum Mechanics." *Review of Modern Physics* 29 (3): 454–462.
- Faye, J. 2019. "Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics." *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Accessed Dec. 14, 2025. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/qm-copenhagen/>.
- Fine, A. 1996. *The Shaky Game: Einstein, Realism and The Quantum Theory*. Chicago: University of Chicago Press.
- Floridi, L. 2008. "A Defence of Informational Structural Realism." *Synthese* 161:219–253.
- . 2009. "Against Digital Ontology." *Synthese* 168:151–178.
- . 2013. *The Philosophy of Information*. Oxford: Oxford University Press.
- Fraassen, B. C. van. 1994. "Gideon Rosen on Constructive Empiricism." *Philosophical Studies* 74 (2): 179–192.
- . 2006. "Structure: Its Shadow and Substance." *The British Journal for the Philosophy of Science* 57 (2): 275–307.
- Fredkin, E. 2003. "An Introduction to Digital Philosophy." *International Journal of Theoretical Physics* 42:189–247.
- French, S. 2014. *The Structure of the World: Metaphysics and Representation*. Oxford: Oxford University Press.
- . 2016. "Eliminating Objects Across the Sciences." In *Individuals Across the Sciences*, ed. by T. Pradeu and A. Guay, 371–394. New York: Oxford University Press.
- . 2019. "Structural Realism and the Standard Model." In *Philosophers Look at Quantum Mechanics*, ed. by A. Cordero, 163–178. Cham: Springer International Publishing.
- Frenkel, E. 2007. "Lectures on the Langlands Program and Conformal Field Theory." In *Frontiers in Number Theory, Physics, and Geometry II*, ed. by P. Cartier, P. Moussa, B. Julia, and P. Vanhove, 387–533. Berlin: Springer.
- Fuchs, C. A., N. D. Mermin, and R. Schack. 2014. "An Introduction to QBism with an Application to the Locality of Quantum Mechanics." *American Journal of Physics* 82 (8): 749–754.
- Ghirardi, G. C., A. Rimini, and T. Weber. 1986. "Unified Dynamics for Microscopic and Macroscopic Systems." *Physical Review D* 34:470–491.
- Giere, R. N. 2006. *Scientific Perspectivism*. Chicago: University of Chicago Press.
- Goldstein, S. 2013. "Bohmian Mechanic." *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Accessed Dec. 14, 2025. <https://plato.stanford.edu/entries/qm-bohm/>.
- Golovko, N. V., and I. I. Ertel'. 2020. "Onticheskiy strukturnyy realizm [Ontical Structural Realism]: ontologiya patternov i modal'naya priroda struktur [The Ontology of Patterns]

- and the Modal Nature of Structures]" [in Russian]. *Sibirskiy filosofskiy zhurnal [Siberian Philosophical Journal]* 18 (4): 5–29.
- Hacking, I. 1981. "Do We See Through a Microscope?" *Pacific Philosophical Quarterly* 62 (4): 305–322.
- Hawking, S. 1975. "Particle Creation by Black Holes." *Communications in Mathematical Physics* 43 (3): 199–220.
- Hooft, G. 't. 2009. "Dimensional Reduction in Quantum Gravity." arXiv. Accessed Dec. 15, 2025. <https://arxiv.org/pdf/gr-qc/9310026v2.pdf>.
- . 2016. *The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics*. Cham: Springer.
- Hossenfelder, S., and T. Palmer. 2020. "Rethinking Superdeterminism." *Frontiers in Physics* 8.
- Israel, W. 1968. "Event Horizons in Static Electrovac Space-Times." *Communications in Mathematical Physics* 8 (3): 245–260.
- Karpenko, I. A. 2023. "Nekotoryye predvaritel'nyye usloviya dlya sozdaniya 'mnogomirovoy teorii vsego' i razvitiya intellektual'noy intuitsii [Some Preliminary Conditions for the Creation of the 'Many-Worlds Theory of Everything' and the Development of Intellectual Intuition]" [in Russian]. *Logicheskiye issledovaniya [Logical Investigations]* 29 (1): 9–29.
- Karpenko, I. A. 2023. "Zeno's Paradoxes and the Quantum Microworld: What the Aporias Convey." *Philosophy and Society* 34 (3): 438–451.
- Karpenko, I. A. 2024. "Ideya predel'noy versii mnozhestvennosti mirov [The Idea of a Limit Version of the Multiplicity of Worlds]" [in Russian]. *Filosofiya nauki i tekhniki [Philosophy of Science and Technology]* 29 (2): 75–87.
- . 2025. "V zashchitu informatsionnogo strukturnogo realizma [Defending Informational Structural Realism]: versiya al'ternativnykh opisaniy [The View of Alternatives]" [in Russian]. *Epistemologiya i filosofiya nauki [Epistemology and Philosophy of Science]* 62 (2): 190–207.
- Ladyman, J. 2008. "Structural Realism and the Relationship between the Special Sciences and Physics." *Philosophy of Science* 75 (5): 744–755.
- . 2017. "An Apology for Naturalized Metaphysics." In *Metaphysics and the Philosophy of Science: New Essays*, ed. by M. Slater and Z. Yudell, 141–162. New York: Oxford University Press.
- . 2019. "Structural Realism." The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Accessed Dec. 9, 2025. <https://plato.stanford.edu/archives/fall12019/entries/structural-realism>.
- Ladyman, J., and D. Ross. 2007. *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*. New York: Oxford University Press.
- Lektorsky, V. A. 2023. "Epistemological Realism and Cognitive Science." *Global Philosophy* 33 (6).
- Lloyd, S. 2007. *Programming the Universe: A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos*. New York: Vintage.
- Lombardi, O., and D. Dieks. 2024. "Modal Interpretations of Quantum Mechanics." The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Accessed Dec. 14, 2025. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/qm-modal/>.
- Long, B. 2020. "ISR Is Still a Digital Ontology." *Erkenntnis* 85 (3): 649–664.
- Ma, X.-S., J. Kofler, A. Qarry, et al. 2013. "Quantum Erasure with Causally Disconnected Choice." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (4).
- Maldacena, J. 1999. "The Large N Limit of Surerconformal Field Theories and Surergravity." *International Journal of Theoretical Physics* 38 (4): 1113–1133.

- Masoumi, S. 2021. "The Hole Argument, Manifold Substantivalism, and Ontic Structural Realism." *Philosophical Investigations* 15 (35): 379–401.
- Maxwell, G. 1970. "Theories, Perception and Structural Realism." In *The Nature and Function of Scientific Theories: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, ed. by R. G. Colodny, 3–34. Pittsburgh (PA): University of Pittsburgh Press.
- McCabe, G. 2007. *Philosophy and Foundations of Physics*. Amsterdam: Elsevier.
- Misak, C. 2010. "The Pragmatic Maxim: How to Get Leverage on a Concept." *The Harvard Review of Philosophy* 17:76–87.
- Mizoguchi, S., and G. Schröder. 2006. "On Discrete U-duality in M-theory Class." *Quantum Gravity* 17 (4): 835–871.
- Newman, M. 1928. "Mr. Russell's Causal Theory of Perception." *Mind* 37 (146): 137–148.
- Norton, J., O. Pooley, and J. Read. 2023. "The Hole Argument." The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Accessed Dec. 15, 2025. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2023/entries/spacetime-holearg/>.
- Poincaré, H. 1903. "La science et l'hypothèse" [in French]. *Revue philosophique de la France et de l'étranger* 55:667–671.
- . 1905. "La valeur de la science" [in French]. *Revue philosophique de la France et de l'étranger* 60:415–423.
- Polchinski, J. 1998. *Superstring Theory and Beyond*. Vol. 2 of *String Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Psillos, S. 2001. "Is Structural Realism Possible?" *Philosophy of Science* 68 (3): 13–24.
- Ramsey, F. 1931. "Theories." In *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*, ed. by NODATA, 212–236. New York: Harcourt, Brace & Company.
- Rovelli, C. 1996. "Relational Quantum Mechanics." *International Journal of Theoretical Physics* 35:1637–1678.
- Rowbottom, D. 2019. "Scientific Realism: What It Is, the Contemporary Debate, and New Directions." *Synthese* 196 (2): 451–484.
- Russell, B. 1927. *The Analysis of Matter*. London: Kegan Paul / Trench / Trubner.
- Sala, S., A. Ariga, A. Ereditato, et al. 2019. "First Demonstration of Antimatter Wave Interferometry." *Science Advances* 5 (5).
- Schaffer, J. 2003. "Is There a Fundamental Level?" *Noûs* 37 (3): 498–517.
- Schmidhuber, J. 1997. "Computer Scientist's View of Life, the Universe, and Everything." In *Foundations of Computer Science: Potential — Theory — Cognition. Lecture Notes in Computer Science*, ed. by C. Freksa, M. Jantzen, and R. Valk, 201–208. Berlin: Springer.
- Schwarzschild, K. 1916. "Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie" [in German]. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* 7:189–196.
- Seiberg, N. 2007. "Emergent Spacetime." In *The Quantum Structure of Space and Time*, ed. by M. Henneaux, A. Sevrin, and D. Gross, 163–213. Singapore: WSPC.
- Susskind, L. 1995. "The World as a Hologram." *Journal of Mathematical Physics* 36 (11): 6377–6396.
- Terekhovitch, V. E. 2022. "Структуры, об'екты и реальность. Част' 1 [Structures, Objects, and Reality. Part 1]" [in Russian]. *Epistemologiya i filosofiya nauki [Epistemology and Philosophy of Science]* 59 (3): 166–184.
- . 2023. "Структуры, об'екты и реальность. Част' 2 [Structures, Objects, and Reality. Part 2]" [in Russian]. *Epistemologiya i filosofiya nauki [Epistemology and Philosophy of Science]* 60 (1): 149–165.
- Thorne, K. 1995. *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*. New York: W. W. Norton.

- Votsis, I. 2004. "The Epistemological Status of Scientific Theories: An Investigation of the Structural Realist Account." PhD diss.
- . 2011. "Everything You Always Wanted to Know about Structural Realism but Were Afraid to Ask." *European Journal for Philosophy of Science* 1 (2): 227–276.
- Wallace, D. 2022. "Stating Structural Realism: Mathematics-first Approaches to Physics and Metaphysics." *Philosophical Perspectives* 36 (1): 345–378.
- Wheeler, B. 2022. "How Realist is Informational Structural Realism?" *Synthese* 200.
- Wheeler, J. 1990. "Information, Physics, Quantum: The Search for Links." In *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*, ed. by W. Zurek, 3–28. Redwood City: Addison-Wesley.
- Witten, E. 1995. "String Theory Dynamics in Various Dimensions." *Nuclear Physics B* 443 (1–2): 85–126.
- Wolfram, S. 2002. *A New Kind of Science*. Champaign: Wolfram Media.
- Worrall, J. 1989. "Structural Realism: The Best of Both Worlds?" *Dialectica* 43 (1–2): 99–124.
- Yaghmaie, A. 2021. "On the Problem of Relation Without Relata." *Philosophical Investigations* 14 (33): 404–425.
- Zuse, K. 1967. "Rechnender Raum" [in German]. *Elektronische Datenverarbeitung* 8:336–344.
- Zwiebach, B. 2009. *A First Course in String Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.