

2019, № 1 (31)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

МЕТАФИЗИКА

В этом номере:

- Проблемы метафизики
- Реляционное миропонимание
- Соотношение реляционной парадигмы с геометрической и теоретико-полевой

2019, № 1 (31)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2019, № 1 (31)

Основан в 2011 г.

Выходит 4 раза в год

- ПРОБЛЕМЫ
МЕТАФИЗИКИ
- РЕЛЯЦИОННОЕ
МИРОПОНИМАНИЕ
- СООТНОШЕНИЕ
РЕЛЯЦИОННОЙ
ПАРАДИГМЫ
С ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
И ТЕОРЕТИКО-
ПОЛЕВОЙ

Журнал «Метафизика» является периодическим рецензируемым научным изданием в области математики, механики, астрономии, физики, философских наук, входящим в *список журналов ВАК РФ*

Цель журнала – анализ оснований фундаментальной науки, философии и других разделов мировой культуры, научный обмен и сотрудничество между российскими и зарубежными учеными, публикация результатов научных исследований по широкому кругу актуальных проблем метафизики

Материалы журнала размещаются на платформе РИНЦ Российской научной электронной библиотеки

Индекс журнала в каталоге подписных изданий Агентства «Роспечать» – 80317

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–45948 от 27.07.2011 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6)

Адрес редакционной коллегии:
Российский университет
дружбы народов,
ул. Миклухо-Маклая, 6,
Москва, Россия, 117198
Сайт: <http://lib.rudn.ru/37>

Подписано в печать 12.02.2019 г.
Дата выхода в свет 29.03.2019 г.

Формат 70×108/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,4.
Тираж 500 экз. Заказ 2105.
Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе РУДН 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Цена свободная

METAFIZIKA

SCIENTIFIC JOURNAL

(Metaphysics)

No. 1 (31), 2019

Founder:
Peoples' Friendship University of Russia

Established in 2011
Appears 4 times a year

Editor-in-Chief:

Yu.S. Vladimirov, D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor
at the Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University,
Professor at the Academic-research Institute of Gravitation and Cosmology
of the Peoples' Friendship University of Russia,
Academician of the Russian Academy of Natural Sciences

Editorial Board:

- S.A. Vekshenov*, D.Sc. (Physics and Mathematics),
Professor at the Russian Academy of Education
- P.P. Gaidenko*, D.Sc. (Philosophy), Professor at the Institute of Philosophy
of the Russian Academy of Sciences,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
- A.P. Yefremov*, D.Sc. (Physics and Mathematics),
Professor at the Peoples' Friendship University of Russia,
Academician of the Russian Academy of Natural Sciences
- V.N. Katasonov*, D.Sc. (Philosophy), D.Sc. (Theology), Professor,
Head of the Philosophy Department of Sts Cyril and Methodius'
Church Post-Graduate and Doctoral School
- Archpriest Kirill Kopeikin*, Ph.D. (Physics and Mathematics),
Candidate of Theology, Director of the Scientific-Theological Center
of Interdisciplinary Studies at St. Petersburg State University,
lecturer at the St. Petersburg Orthodox Theological Academy
- V.V. Mironov*, D.Sc. (Philosophy), Professor at the Department of Philosophy
at Lomonosov Moscow State University,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
- V.I. Postovalova*, D.Sc. (Philology), Professor, Chief Research Associate
of the Department of Theoretical and Applied Linguistics at the Institute
of Linguistics of the Russian Academy of Sciences
- A.Yu. Sevalnikov*, D.Sc. (Philosophy), Professor at the Institute of Philosophy
of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Chair of Logic
at Moscow State Linguistic University
- V.I. Yurtayev*, D.Sc. (History), Professor at the Peoples' Friendship University
of Russia (Executive Secretary)
- S.V. Bolokhov*, Ph.D. (Physics and Mathematics), Associate Professor
at the Peoples' Friendship University of Russia, Scientific Secretary
of the Russian Gravitational Society (Secretary of the Editorial Board)

ISSN 2224-7580

МЕТАФИЗИКА НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2019, № 1 (31)

Учредитель:
Российский университет дружбы народов

Основан в 2011 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор –

Ю.С. Владимиров – доктор физико-математических наук,
профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
профессор Института гравитации и космологии
Российского университета дружбы народов, академик РАЕН

Редакционная коллегия:

С.А. Векишев – доктор физико-математических наук,
профессор Российской академии образования

П.П. Гайдено – доктор философских наук,
профессор Института философии РАН, член-корреспондент РАН

А.П. Ефремов – доктор физико-математических наук,
профессор Российского университета дружбы народов, академик РАЕН

В.Н. Катасонов – доктор философских наук, доктор богословия, профессор,
заведующий кафедрой философии Общецерковной аспирантуры и докторантуры
имени Святых равноапостольных Кирилла и Мефодия

Протоиерей Кирилл Конейкин – кандидат физико-математических наук, кандидат
богословия, директор Научно-богословского центра
междисциплинарных исследований Санкт-Петербургского
государственного университета,

преподаватель Санкт-Петербургской православной духовной академии

В.В. Миронов – доктор философских наук, профессор философского
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, член-корреспондент РАН

В.И. Постовалова – доктор филологических наук, профессор,
главный научный сотрудник Отдела теоретического
и прикладного языкознания Института языкознания РАН

А.Ю. Севальников – доктор философских наук,
профессор Института философии РАН, профессор кафедры логики
Московского государственного лингвистического университета

В.И. Юртаев – доктор исторических наук, профессор
Российского университета дружбы народов (ответственный секретарь)

С.В. Болотов – кандидат физико-математических наук,
доцент Российского университета дружбы народов,
ученый секретарь Российского гравитационного общества
(секретарь редакционной коллегии)

ISSN 2224–7580

CONTENTS

EDITORIAL NOTE	6
PROBLEMS OF METAPHYSICS	
<i>Yakovlev V.A.</i> Metaphysics and dialectic of number.....	8
<i>Kopeykin Kirill, archpriest.</i> Physics, mathematics and philosophy about ontology of the universe and psychical reality.....	17
<i>Spaskov A.N.</i> Nature of time: substantial information ontology.....	27
<i>Barg O.A., Panov V.F.</i> Physics and the problem of incompatibility of nature.....	36
<i>Perminov V.Ya.</i> The problem of apriority of Euclidean geometry from Cant to Dingler.....	47
RELATIONAL WORLD VIEW	
<i>Kadeeva O.E.</i> Spatial-temporal problems in relational world understanding.....	53
<i>Vladimirov Yu.S., Tereshchenko D.A.</i> The development of ideas about the Mach principle.....	62
<i>Zakharov V.D.</i> Mach principle as metaphysical basis of fundamental physics.....	76
<i>Aristov V.V.</i> Relational statistical spacetime and problems associated with the “protection of chronology”.....	83
<i>Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S.</i> Elementary relations and some of their applications.....	89
RELATION OF THE RELATIONAL PARADIGM WITH THE GEOMETRIC AND THEORETICAL-FIELD	
<i>Molchanov A.B.</i> Preconditions for the development of the relational approach to cosmology.....	108
<i>Babenko I.A.</i> Magnetic fields of astrophysical objects in three physical paradigms....	127
<i>Belinsky A.V., Shulman M.H.</i> Quantummechanics and the clock paradox.....	142
<i>Terekhov V.E.</i> Reality of the wave function and manipulative argument.....	155
MEMORY OF OUR COLLEAGUES	
<i>Stepin Vyacheslav Semenovich (1934–2018)</i>	166
<i>Mickiewicz Nikolay Vsevolodovich (1931–2019)</i>	169
OUR AUTHORS	174

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	6
ПРОБЛЕМЫ МЕТАФИЗИКИ	
<i>Яковлев В.А.</i> Метафизика и диалектика числа.....	8
<i>Протоиерей Кирилл Копейкин.</i> Физика, математика и философия об онтологии мироздания и психической реальности.....	17
<i>Спасков А.Н.</i> Природа времени: субстанциально-информационная онтология....	27
<i>Барз О.А., Панов В.Ф.</i> Физика и проблема неисчерпаемости природы.....	36
<i>Перминов В.Я.</i> Проблема априорности евклидовой геометрии от Канта до Динглера.....	47
РЕЛЯЦИОННОЕ МИРОПОНИМАНИЕ	
<i>Кадеева О.Е.</i> Пространственно-временная проблематика в реляционном миропонимании.....	53
<i>Владимиров Ю.С., Терещенко Д.А.</i> Развитие представлений о принципе Маха...	62
<i>Захаров В.Д.</i> Принцип Маха как метафизическое основание фундаментальной физики.....	76
<i>Аристов В.В.</i> Реляционно-статистическое пространство-время и проблемы, связанные с «защищенностью хронологии».....	83
<i>Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.</i> Типы элементарных отношений и варианты их применения.....	89
СООТНОШЕНИЕ РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ С ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ	
<i>Молчанов А.Б.</i> Предпосылки развития реляционного подхода к космологии.....	108
<i>Бабенко И.А.</i> Магнитные поля астрофизических объектов в трех физических парадигмах.....	127
<i>Белинский А.В., Шульман М.Х.</i> Квантовая механика и парадокс часов.....	142
<i>Терехович В.Э.</i> Реальность волновой функции и манипулятивный аргумент.....	155
ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ	
<i>Степин Вячеслав Семёнович (1934–2018)</i>	166
<i>Мицкевич Николай Всеволодович (1931–2019)</i>	169
НАШИ АВТОРЫ	174

ОТ РЕДАКЦИИ

На страницах нашего журнала уже многократно подчеркивалось, что проблемы, обсуждаемые современной фундаментальной теоретической физикой, фактически слились с вопросами, традиционно относимыми к сфере метафизики. Более того, состояние современной фундаментальной физики позволяет приступить к выявлению ключевых принципов метафизики, а затем и к их применению для решения конкретных проблем физики. Для реализации этого процесса важное значение имеет проведение российских конференций по основаниям фундаментальной физики и математики. В Москве на базе Российского университета дружбы народов уже состоялись две такие конференции в 2017 и 2018 годах. Материалы первой из них были опубликованы в трех номерах нашего журнала (26, 27 и 28). В данном номере журнала помещены статьи, отражающие выступления участников второй конференции. Центральное место занимают материалы выступлений, в которых рассматриваются основные положения реляционной парадигмы, а также вопросы ее соотношения с двумя другими дуалистическими (метафизическими) парадигмами: теоретико-полевой (ныне доминирующей) и геометрической, основу которой составляет общая теория относительности.

Статьи данного номера журнала составляют четыре раздела. В первом разделе «Проблемы метафизики» обсуждается ряд проблем метафизики: роли сознания в физической картине мира, место информации в современной картине мира, вопросы неисчерпаемости природы, соотношение математики и физики и некоторые другие.

В статьях второго раздела «Реляционное миропонимание» главное внимание уделено обсуждению ключевых положений реляционного миропонимания. Как известно, реляционный подход (парадигма) опирается на три неразрывно связанные друг с другом фактора: 1) реляционная трактовка природы пространства-времени как абстракции от отношений между событиями (материальными объектами), 2) описание физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия и 3) на принцип Маха, означающий обусловленность локальных свойств физических систем от глобальных свойств окружающей Вселенной. В данном разделе журнала основное внимание уделено развитию представлений о сущности и проявлениях принципа Маха.

В третьем разделе «Соотношение реляционной парадигмы с геометрической и теоретико-полевой» обсуждено соотношение реляционных, геометрических и теоретико-полевых представлений в трех сферах физического мира: в космологии, релятивистской астрофизике (в вопросе происхождения магнитных полей) и в квантовой механике.

Четвертый раздел «Памяти наших коллег» содержит два некролога на недавно ушедших из жизни наших коллег: академика РАН В.С. Степина (1934-2018) и профессора Николая Всеволодовича Мицкевича (1931-2019). Академик В.С. Степин длительное время возглавлял Институт философии РАН, руководил там научным семинаром, на котором выступали многие авторы нашего журнала. Он являлся автором статьи «Онтологии постклассической науки (на пути к новой метафизике)» во втором выпуске альманаха «Метафизика. Век XXI», предшественника журнала «Метафизика».

Профессор РУДН Н.В. Мицкевич был одним из организаторов семинаров «Геометрия и физика» и «Метафизика», регулярно проводимых на физическом факультете МГУ с 1972 года до настоящего времени. Он являлся автором статьи «Познание, вера, наука» во втором номере нашего журнала.

Отметим, что в следующем номере (№ 32) нашего журнала будет продолжена публикация статей по материалам выступлений на 2-й Российской конференции по основаниям фундаментальной физики и математики.

ПРОБЛЕМЫ МЕТАФИЗИКИ

МЕТАФИЗИКА И ДИАЛЕКТИКА ЧИСЛА

В.А. Яковлев*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Сущность математики, по словам А.Ф. Лосева, выражается в числе. Статья посвящена творческой роли математики в понимании и описании природы информационных структур.

Ключевые слова: математика, информация, эпистемология, число, наука, метафизика, диалектика, структура.

Без числа вообще ничто невозможно,
ни малейшее движение мысли или бытия.
Число есть смысл времени, а время есть жизнь чисел.
А.Ф. Лосев

В фундаментальном труде А.Ф. Лосева «Диалектические основы математики» анализируются три основных направления – диалектические взаимосвязи различных элементов внутри структуры самой дисциплины, диалектика отношений математики и физики, а также культурологическая роль математики в истории. Об этом, хотя касательно только проблемы числа, свидетельствует следующий план работы: «§ 6. Общая схема диалектического разделения основных наук о числе – I. Чистая математика. II. Математическое естествознание. III. Число как факт духовной культуры».

Быть субъектом научного познания мира – это атрибутивная характеристика исследователя. Уже натурфилософы Древнего Востока и Античности, а затем и европейские ученые XVII–XVIII вв. заложили основы того, что сейчас стали называть дигитальной (цифровой) культурой современной информационной цивилизации. Направление «Число как факт духовной культуры» можно интерпретировать как предугадывание развития инфор-

* E-mail: Goroda460@yandex.ru

мационных программ современной цивилизации, в основе которых лежит математика. Однако это – предмет особого исследования, а мы сконцентрируем внимание на первых двух направлениях диалектизации математики.

На наш взгляд, первое направление продолжает и развивает пифагорейско-платонистскую традицию рассмотрения единства и взаимодополнительности противоположных элементов математических структур. Второе, наиболее перспективное, предвосхищает известную работу Е. Вигнера: «Непостижимая эффективность математики в естественных науках».

В первом направлении на космическом уровне диалектическое субстанциально-креативное начало выражалось еще у пифагорейцев через гармонию круговых движений десяти небесных тел вокруг центрального огня («очага», «дома Зевса») – Гестии. Эти тела трансцендировали звуки музыки («музыка сфер») в гармоничных числовых пропорциях. Для достижения этой гармонии пифагореец Филолай выдвинул гипотезу о существовании принципиально ненаблюдаемого десятого космического тела – Антихтона (Противоземля), поскольку «десять – число совершенное».

Сакрализовав число как сущность всех вещей и явлений, пифагорейцы сделали важный шаг в направлении разработки диалектического метода бинарных оппозиций для осмысления противоречивости мира во всех его проявлениях. Философы выдвинули десять пар категорий, анализ которых впоследствии дал Гегель в ходе разработки диалектической логики. Перечислим эти оппозиции: 1) граница и бесконечное; 2) чет и нечет; 3) единство и множество; 4) правое и левое; 5) мужское и женское; 6) покоящееся и движущееся; 7) прямое и кривое; 8) свет и тьма; 9) добро и зло; 10) квадрат и параллелограмм. В качестве гносеологических креативов пифагорейцев можно выделить разработку и систематическое использование ими аксиоматико-дедуктивного метода при доказательстве теорем, а также применение математических символов в осмыслении пяти фундаментальных элементов мира. Земля, согласно Пифагору, состоит из частиц кубической формы, огонь – из частиц тетраэдров (четырёхгранные пирамиды), воздух – из октаэдров (восьмигранники), вода – из икосаэдров (двадцатигранников), а эфир – из додекаэдров (двенадцатигранников).

По свидетельству неоплатоников, Пифагор преобразовал геометрию в свободную дисциплину, изучая ее высшие основания и рассматривая теоремы в отвлечении от материи, а также открыл теорию иррациональных и космических структур. Если принять во внимание, что числовые и геометрические отношения составляют структуру современных информационных потоков, то можно сказать, что пифагорейцы первыми в истории философской мысли поставили вопрос о числовой информации как исходном элементе мироздания. Пифагорейцы пришли к выводу, что вся Вселенная – число и составлена согласно некоторому гармоническому отношению. В античной философии эти идеи получают свое развитие в важнейшем сочинении Платона об устройстве мироздания – «Тимее» [1; 2].

Второе направление, выделенное А.Ф. Лосевым, связано с диалектическими идеями математизации естествознания и является основным предметом данного исследования.

Нередко встречается точка зрения, что развитие науки опровергло представление Канта об априорности пространства и времени, а также его отождествление физики с геометрией Евклида. На наш взгляд, ключевая идея априоризма в философии Канта, напротив, явилась важнейшим креативным импульсом для развития науки. Без открытия трансцендентальной (метафизической) структуры мира было бы невозможно ни открытие так называемых неевклидовых геометрий, с их последующим применением в теории относительности Эйнштейна, ни проникновение в глубины микромира, в котором даже «квантовая логика», чтобы быть понятой, должна излагаться с учетом принципов логики Аристотеля.

Известный историк и философ науки А. Койре справедливо утверждал, что великие научные революции всегда определялись катастрофой при изменении философских концепций. По его мнению, переход от качественной физики Аристотеля к новоевропейской экспериментальной и математической физике стал возможен в результате ознакомления и осмысления европейскими философами и учеными главных идей учения Платона. Согласно А. Койре, рождение новой науки совпадает с изменением, или мутацией, философской установки ученых. Галилей, в частности, открыто признавался в своей приверженности априористским установкам пифагорейцев и Платона.

Ближайшие эпистемические структуры по отношению к метафизическим принципам – математические и логические структуры. На это первым указал Платон. Согласно его учению, глобальная креативная функция, прежде всего, реализуется (а может быть, это даже своеобразная материализация) в правильных геометрических фигурах и числовых пропорциях. Вслед за пифагорейцами Платон математизировал принцип архэ¹. Важно подчеркнуть также, на наш взгляд, что мир идей Платона – это мир диалектически возможного, потенциального, лишь какая-то часть которого реализуется, актуализируется в реальные объекты.

Об этом говорят и современные физики-теоретики. В качестве же одного из последних примеров приведем мнение А.М. Полякова, члена-корреспондента РАН, в настоящее время сотрудника Принстонского университета, который стал лауреатом самой крупной в мире научной премии за достижения в области фундаментальной физики – Fundamental Physics prize, учрежденной российским бизнесменом Юрием Мильнером. Премия была присуждена за открытия в сфере теории поля и теории струн, магнитных монополей в номинации «Передовая линия физики».

Раскрывая существенное расхождение современных физических теорий с так называемой позицией здравого смысла, Поляков осмыслил истоки

¹ Архэ (греч. ἀρχή «начало, принцип») в досократовской древнегреческой философии – первооснова, первовещество, первоэлемент, из которого состоит мир (*Прим. ред.*).

своих творческих прозрений в процессе формирования теории многомерности Вселенной. Он увидел эти истоки как определенную реализацию и диалектическую интерпретацию известного мифа о пещере, где сидящие в ней люди принимают за реальный мир отражение теней на стене напротив входа в пещеру.

Кроме того, необходимо подчеркнуть, что именно Платон первым показал важность математических структур мироздания. Согласно его учению, глобальная креативная функция, прежде всего, реализуется в правильных геометрических фигурах и числовых пропорциях, конкретизирующих метафизический принцип «архэ».

По мере развития математики, а также математической физики исследователи нередко становились на сторону Платона. «Платонистами» были Галилей («Книга природы написана на языке математики»), Кронекер («Натуральный ряд чисел дан Богом»), Кантор («В множествах выражается актуальная бесконечность»), Герц («Уравнения Максвелла продиктованы Богом»). Из математиков XX в. назовем Фреге, Гёделя, П. Эрдоса («Существует божественная книга, где записаны все лучшие доказательства»).

Особо следует отметить крупного ученого современности, известного своими трудами в различных областях математики, общей теории относительности и квантовой теории, – Р. Пенроуза, который утверждает, что «Богом данные» математические идеи существуют как бы вне времени и независимо от людей, что Платоновский мир идей – это та реальность, куда проникает ум человека в творческом вдохновении. Согласно Пенроузу, математики в самых великих своих открытиях наталкиваются на «творения Бога», на истины уже где-то существующие «там вовне» и не зависящие от них самих.

Наиболее убедительными примерами, по мнению Пенроуза, стали: 1) открытые в XVI в. Кардано комплексные числа, которые являются неотъемлемой частью структуры квантовой механики, и, следовательно, лежат в основе событий самого мира, в котором мы живем; 2) открытие в конце XX в. Бенуа Мандельбротом (одним из главных разработчиков теории фракталов) сложного множества, которое также обладает онтологическим статусом.

В отечественной литературе платонистская позиция наиболее отчетливо выражена в работах Ю.И. Кулакова, который считает, что и в математике, и в физике можно выделить некие сакральные структуры, причем сакральная физика рассматривается как часть сакральной математики, так называемой физической структуры.

Итак, в приведенных выше направлениях, начала которым положили идеи А.Ф. Лосева, априорность (трансцендентальность) понимается в абсолютном плане – как некая беспредпосылочная, вневременная, идеальная реальность, раскрытие структуры которой и составляет цель метафизики математики.

Однако необходимо сказать, что на сегодняшний день, по нашему мнению, большинство философов и ученых все-таки придерживаются менее радикальных взглядов. В целом их точку зрения можно выразить следующим образом. Не существует никаких абсолютных априорных структур. Все, что представляется априорным (трансцендентальным) в одном отношении, является апостериорным (опытным) в другом отношении. В математике – это направления интуиционизма (Л. Брауэр) и конструктивизма (А.А. Марков). В философии – большинство так называемых постпозитивистов (К. Поппер, Т. Кун, И. Лакатош, П. Фейерабенд и др.).

Среди отечественных философов науки нередко можно столкнуться с дуалистической позицией. Так, В.Я. Перминов, размышляя об априорности математики, с одной стороны, утверждает, что «...мы достигаем в математике абсолютного фундамента, который не достигим в сфере эмпирического знания» [3. С. 116]. Но, с другой: «Мы должны понять априорность как высшую нормативность мышления, продиктованную его включенностью в структуру деятельности» [3. С. 105]. Вывод, к которому приходит автор, явно носит двусмысленный характер: «Хотя априорные представления не зависят от опыта, мы можем рассматривать их в качестве картины реальности, утверждающей свою объективность в контексте деятельности» [3. С. 116].

Если бы В.Я. Перминов понимал под деятельностью только теоретическую, духовную деятельность, то тогда, по крайней мере, была бы какая-то последовательность в его определении априорности. Но в статье прямо указывается, что «познавательная деятельность человека – это функциональная часть его практической деятельности» [3. С. 104]. И именно она является источником норм, которым подчинено всякое знание. Но в таком случае возникает вопрос – разве деятельность в конечном счете не сумма опытов и разве она не изменяется исторически, и причем здесь тогда априорность.

Внутренне противоречивой в отношении понятия априорности представляется и позиция А.И. Селиванова. Выдвинув вполне традиционное определение метафизики как дискурсивного поиска «...неизменных оснований бытия мира и человека посредством выхода за пределы всякого сущего» [4. С. 49], автор почему-то в конце своего дискурса приходит к выводу о том, что «...все априорные суждения рождаются в конкретной культуре и из нее выводятся» [4. С. 55]. Спрашивается – чем же априорность, если она выводится, отличается от апостериорности и что понимается под неизменными основаниями.

В этом плане более последовательной представляется «чистая линия» релятивизма Ф.В. Лазарева и С.А. Лебедева, согласно которым принцип неопределенности, сформулированный в квантовой физике, «...кладет конец любому абсолютистским и фундаменталистским гносеологическим и онтологическим концепциям» [5. С. 99]. Авторы считают, что «...всякая научная истина предпосылочна и связана лишь с каким-то одним измерением многомерного объекта познания» [5. С. 115]. Иначе говоря, «...плюрализм истин

в науке неизбежен и неустраним» [5. С. 96], а каждая истина есть в итоге результат диалога между учеными в попытке достичь научного консенсуса.

Отметим, что Ф.В. Лазарев и С.А. Лебедев, по нашему мнению, разделяют позицию известного на Западе направления когнитивной социологии (Б. Барнс, Д. Блэр, К.Д. Кнорр-Цетина, М. Малкей и др.), провозгласившей так называемый социологический поворот в методологии науки. Социологи предлагают вообще отказаться от признания объективной истинности научного знания (его особого эпистемического статуса), а сконцентрировать внимание только на коммуникативной практике ученых (подробнее см.: [6. С. 83; 7]).

Главным контраргументом здесь является тот очевидный факт, что вся современная техногенная цивилизация базируется на научных достижениях – сложный и извилистый, но, тем не менее, неизбежный путь от фундаментальных исследований до опытно-конструкторских разработок. Кроме того, ни одному релятивисту не удалось избежать семантической «ловушки» – ведь провозглашая свои принципы и высказывая некие суждения, он сам претендует на их объективную значимость. Но почему в этом отказывать другим?

Выделим еще один важный аксиологический момент. Признание метафизической бытийственности структурной априорности знания мобилизует исследователя на ее раскрытие, дает уверенность в том, что потраченные усилия (а часто и вся жизнь) не напрасны, что принцип – «Есть много чего не познанного, но нет ничего, в принципе, не познаваемого» – не пустая фраза, а выражение преимущества в развитии научного знания и реальной связи научных поколений. В конце концов, еще Галилей, выделив род интенсивного знания как достижения истин, которые равнозначны и для Бога, придал науке статус Богоугодного дела, способствующего человеку в совершенствовании его духа.

С точки зрения физика С.В. Петухова, живая материя, обеспечивающая передачу наследственной информации по цепи поколений, предстает информационной сущностью, глубоко алгебраичной по своей природе. Ученый считает, что абстрактные математические структуры, выведенные математиками как бы «на кончике пера» 160 лет назад, оказываются воплощенными в информационной основе живой материи – системе генетических алфавитов. Впечатляющим примером, по его мнению, являются законы Менделя, которые, как показывают исследования, базируются на более глубоких алгебраических закономерностях молекулярного уровня. По мнению С.В. Петухова, живая материя в своей основе является алгебраической информационной сущностью.

На наш взгляд, можно дискутировать по поводу того, какие известные математические структуры лежат в основе мироздания. Можно много говорить об ученых-платонистах прошлого, а также о Р. Пенроузе, дающем, по сути, онтологическую трактовку множеству Мандельброта. Важно подчеркнуть, что с метафизической точки зрения речь идет о новой *фундаменталь-*

ной структуре бытия – информации, поскольку математика лишь наиболее полно выражает ее суть.

Информация, как первое Дао или Единое Платона, может быть представлена в качестве исходного бытия («сама-в-себе»), существующего внепространственным образом. Мир математических форм произведен из бытия информации и, в свою очередь, порождает квантовую физическую реальность. Иначе говоря, уровень битов, лежащий ниже уровня кварков, определяется алгоритмами, которые и задают известные современной физике силы, взаимодействия и элементарные частицы. Проекцией квантовой реальности является наш мир – мезокосмос. Таким образом, наиболее адекватным языком, выражающим структуры информационного бытия (поля), является математика.

Сущность математики, как считает А.Ф. Лосев, выражается в числе. Поэтому «...как бы мы ни думали, что идее принадлежит лишь абстрактное существование, и как бы ни верили в то, что только материальное существование есть полная действительность той или другой идеи, мы все же с самого начала поставлены перед абсолютной необходимостью понять число в его идее, в его сущности, в его первоначальном смысловом содержании» [8. С. 4].

Известно, что А. Эйнштейн в так называемой Спенсеровской лекции «О методе теоретической физики», прочитанной им в Оксфорде 10 июня 1933 г., на основании своего опыта по конструированию физических теорий точно предсказал единственно адекватную и в то же время творческую роль математики в понимании и описании информационных структур природы.

Знаменитый ученый был убежден, что посредством чисто математических конструкций мы можем найти те понятия и закономерные связи между ними, которые дадут нам ключ к пониманию явлений природы. Опыт может лишь подсказать нам соответствующие математические конструкции.

По мнению современного философа науки А.А. Печенкина, «...математическое обоснование квантовой механики и было ее концептуальным обоснованием» [9. С. 93]. Заслуживает также внимания вывод известного физика А.Д. Панова, который, говоря об актуальных проблемах современной физики, утверждает, что фактом науки является объективное существование мира математики: «Объективный мир математических форм есть тот нелокальный классический слой реальности, из которого эмерджентным образом возникает наша квантовая физическая реальность» [10. С. 18].

Выдающийся физик-теоретик Джон Арчибальд Уилер, как известно, предложил ввести в физику информацию в качестве фундаментального понятия (Itfrombit). Ученый считал, что «...все физические вещи в своей основе являются информационно-теоретическими и что Вселенная требует нашего участия» [11. Р. 370, 377]. В метафизическом ракурсе, согласно Уилеру, мир – это сложная совокупность взаимосвязанных сущностей, которую можно реконструировать в квантово-информационной модели.

Однако «числовая зависимость» современной физики порождает, с точки зрения известного отечественного физика А.П. Ефремова, физическое «иконоборчество», то есть отказ от геометрического изображения представления о массе, электрическом заряде и спине, несмотря на то что каждая из этих фундаментальных величин имеет достаточно точно определенное на опыте численное значение. А.П. Ефремов пишет: «Парадоксальный, чуждый здравому смыслу факт: известно измеренное значение величины, но совершенно непонятно, что она собой представляет! И это касается физических величин, известных сотни лет. Так, понятие механического действия, введенное Мопертюи в середине XVIII в., до сегодняшнего дня остается математической абстракцией, хотя уравнение для функции действия (уравнение Гамильтона–Якоби) является точным уравнением классической механики, эквивалентным уравнениям динамики Ньютона» [12. С. 126].

В заключение необходимо сказать, что внимательный анализ работ А.Ф. Лосева показывает глубокое философское осмысление автором проблем математики и, с нашей точки зрения, один из важных подходов к синтезу классических философских и математических идей Платона с новыми взглядами на природу и математику А. Эйнштейна и многих современных ученых.

Подчеркнем, А.Ф. Лосев также считал, что математики опираются, прежде всего, на интуицию, которая носит явно недискурсивный характер и намного важнее уже последующих рациональных построений. Вот почему настоящее творческое начало присуще именно математике, которая, по нашему мнению, является связующим звеном между мышлением ученого и метафизической – вневременной и внепространственной сущностью – информационным полем. Все предельно абстрактные категории в истории философии – Дао (Древний Китай), Логос, Нус, Единое, Число, Пневма (Древняя Греция), Субстанция, Монада всех монад, Абсолютная идея (Европа, Новое время) – выражают в конечном счете фундаментальную метафизическую идею информационного поля [13–16].

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев В.А. Философия творчества в диалогах Платона // Вопросы философии. – 2003. – № 6. – С. 142–154.
2. Яковлев В.А. Метафизика креативности // Вопросы философии. – 2010. – № 6. – С. 44–54.
3. Перминов В.Я. Априорность математики // Вопросы философии. – 2005. – № 3.
4. Селиванов А.И. Метафизика в культурологическом измерении // Вопросы философии. – 2006. – № 3.
5. Лазарев Ф.В., Лебедев С.А. Проблема истины в социально-гуманитарных науках // Вопросы философии. – 2005. – № 10.
6. Яковлев В.А. Бинарность ценностных ориентаций науки // Вопросы философии. – 2001. – № 12. – С. 83.

7. Зверкина Г.А. Научно-техническая революция и математика // История и философия науки в эпоху перемен: сборник научных статей: в 6 т. – Т. 1. – М.: Изд-во «Русское общество истории и философии науки», 2018. – С. 18–21.
8. Лосев А.Ф. Дialeктические основы математики // Лосев А.Ф. Хаос и структура. – М.: Мысль, 1993. – С. 4.
9. Печенкин А.А. Математическое обоснование квантовой механики и квантовая логика // Метафизика. – 2017. – № 1 (23).
10. Панов А.Д. Об актуальных проблемах фундаментальной физики // Метафизика. – 2018. – № 2 (28).
11. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: The search for link // Zurek (ed.) Complexity, Entropy and the Physics of Information. – Addison-Wesley, 1990. – P. 370, 377.
12. Ефремов А.П. О современных проблемах научного и религиозного представлений о мире // Метафизика. – 2013. – № 2 (8).
13. Яковлев В.А. Информационные программы бытия // Философская мысль. – 2015. – № 1. – С. 93–147.
14. Яковлев В.А. Бытие информации или информационное бытие? // Философия и культура. – 2015. – № 2. – С. 173–182.
15. Яковлев В.А. Информационное единство бытия: сознание, жизнь, материя // NB: Электронный журнал «Философские исследования». – 2013. – № 10. – С. 1-57.
16. Яковлев В.А. От креативов метафизики к философии творчества универсум принципов современной науки. – М.: «ЛИБРОКОМ», URSS, 2013.

METAPHYSICS AND DIALECTIC OF NUMBER

V.A. Yakovlev*

Lomonosov Moscow State University

The essence of mathematics, according to A.F. Losev, expressed in a number. The article deals with the creative role of mathematics in understanding and describing the nature of the information structures.

Keywords: mathematics, information, epistemology, number, science, knowledge, metaphysics, dialectic, structure.

* E-mail: Goroda460@yandex.ru

ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА И ФИЛОСОФИЯ ОБ ОНТОЛОГИИ МИРОЗДАНИЯ И ПСИХИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Протоиерей Кирилл Копейкин

*Научно-богословский центр междисциплинарных исследований
Санкт-Петербургского государственного университета,
Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ*

Философское осмысление специальной теории относительности и квантовой механики свидетельствует в пользу того, что мир, который мы называем «физическим», по сути квазипсихичен. Это коррелирует с концепцией нейтрального монизма, но самое главное – открывает путь к построению нового понятийного «двумерного» языка, опирающегося на универсальный язык математики и способного описать как объект(ив)ность внешней действительности, так и субъект(ив)ность внутренней психической реальности.

Ключевые слова: психика, субъективность, объективность, интенциональность, математика, нейтральный монизм, двухаспектная онтология.

Введение

Сегодня одним из приоритетных исследовательских направлений является изучение сознания. И хотя ежегодно в мире растет число лабораторий, анализирующих принципы работы мозга (в частности в рамках проектов: американского – The BRAIN Initiative, европейского – The Human Brain Project, японского – Brain/MINDS и китайского – China Brain), однако ответа на вопрос – что такое сознание и как оно связано с функциями мозга – по-прежнему нет.

Основная проблема, о которую неизменно спотыкаются попытки нейронаук объяснить природу человеческого сознания, – проблема онтологическая. Если мозг и нейроны – это такие же физические *тела*, как и все остальные объекты материального мира, подчиняющиеся «объективно существующим» законам природы, то совершенно непонятно, как они могут породить свойственные человеческой психике субъективность и интенциональность. «Проблема заключается в том, как могут “атомы и пустота” обладать интенциональностью. Как они могут быть о *чем-то?*» – вопрошает один из влиятельнейших современных американских философов Джон Сёрл [1. С. 14].

Сёрл, которого называют «живым классиком философии сознания», убежден, что «основное направление в философии сознания последних пятидесяти лет <с учетом даты первой публикации – более трех четвертей века> представляется очевидно ложным». По мнению Сёрла, «<картезианский> дуализм и <материалистический> монизм оба ложны, ибо обычно предполагают, что они исчерпывают собою рассматриваемую область, не

оставляя выбора» [2]. Дуализм, убежден Сёрл, не согласуется с современной научной картиной мира; материалистический же монизм, несмотря на свою очевидную неспособность решить проблему сознания, является наиболее распространенным воззрением по причинам, скорее, психологического характера: настойчивые попытки решить проблему сознания, оставаясь в рамках материалистической парадигмы, обусловлены не научными, но прежде всего «идеологическими» причинами – страхом перед возможностью допущения реальности «психического», от чего один шаг до приятия реальности «духовного». Расширение пространства научного поиска и включение в него психической реальности как *реальности* позволит по-настоящему «открыть сознание заново» [3].

Данная работа является развитием тезисов, представленных на 2-м международном симпозиуме «Инженерно-физические технологии биомедицины» [4].

Причины отсутствия психической реальности в классической научной картине мира

Известный американский психолог Дональд Хоффман, профессор кафедры когнитивных наук Калифорнийского университета в Ирвайне, считает, что причина, по которой проблема сознания до сих пор не поддается решению, заключается в том, что мы делаем неверное исходное предположение: мы полагаем, что реальность такова, какой мы ее видим, то есть «классична», «телесна». На самом деле, утверждает он, то, что мы видим, – это «интерфейс реальности», а не сама реальность [5]. По его мнению, причина неспособности нейронаук объяснить природу человеческого сознания заключается в том, что мозг и нейроны надо рассматривать не как классические объекты, а как квантовые.

Как же возникает представление о материальности мира, насколько оно подкрепляется данными естественных наук и что может изменить признание фундаментальной «квантовости» природы? Воззрение на Вселенную как на совокупность «тел» является следствием того «наивного» взгляда, при котором опыт, опосредуемый психикой, принимается на веру в качестве непосредственного. Выдающийся немецкий философ Эдмунд Гуссерль, родоначальник феноменологии, одного из самых значимых философских направлений XX века, называл такую точку зрения *естественной установкой сознания*, тем самым подчеркивая ее органичность для «непосредственного», не-философского взгляда на мир (заметим, что феноменология возникла именно тогда, когда появились теория относительности и квантовая механика, радикально изменившие наши представления о реальности).

Такая «до-философская» позиция отчасти подкрепляется и классической наукой. Фактически современное естествознание началось с того, что физика как наука «о при-роде», то есть о мире, где все подвержено непрестанному при-рождению, изменению, стала физикой *математической*, опи-

сывающей *динамику* мироздания на языке *вечных и неизменных* математических *структур*, принадлежащих, как казалось прежде, *идеальному*, которому не свойственны никакие изменения. Первым тезис о том, что «Книга Природы написана на языке математики», явно сформулировал Галилей. При этом он подчеркивал важность процедуры *идеализации*: физическая теория описывает не «саму природу как она есть», но создает идеальную математическую модель, очищенную от всех «частностей» («сферический конь в вакууме»); при этом один из сложнейших вопросов – что же именно считать «частностями», а что – существенными моментами. Теоретическая физика моделирует мир при помощи математики посредством введения *величин*, позволяющих сопоставить элементам реального физического мира не существующие в природе математические объекты – *числа*. Такое сопоставление осуществляется в процессе реализации процедуры *измерения* – исследования отношения одного элемента реальности к другому. Именно в силу того, что объективирующая наука занимается, по сути, исследованием отношений, она оказывается открыта для смысловой содержательной интерпретации.

Философски осмысленную «минималистическую» интерпретацию классической физики предложил Кант. В работе «*Метафизические начала естествознания*» (1786 г.) он писал: «Чтобы стало возможным приложение математики к учению о телах, ... в основу должно быть положено исчерпывающее расчленение понятия о *материи вообще*. ... Она и есть подлинная метафизика телесной природы» [6]. Впоследствии Эрвин Шрёдингер отмечал, что «отношение Канта к науке было невероятно наивным. Он принял физическую науку в той форме, какой она достигла в его время, как нечто более или менее окончательное и занялся философским объяснением ее утверждений» [7. С. 74].

Впрочем, кантовская вера в науку как в своего рода «окончательное откровение» отчасти оправдана. Дело в том, что классическая физика достигла исключительных успехов в описании мира – открытые ею законы природы оказались *детерминистическими*, что эквивалентно идее *сохранности знания*: на основании знания состояния системы в некий момент времени можно предсказать ее поведение в будущем и вычислить его в прошлом (если система на всем протяжении наблюдения была замкнутой). Это означает, что мир является каузально замкнутым, а отсюда, в свою очередь, следует, что предположение о существовании чего-либо еще помимо физических «тел» является избыточным. Физика, претендующая, в силу своих исключительных успехов, на статус «образцовой научной теории», по существу исключает психическое из научной картины мира. Возникает парадоксальная ситуация: знание о внешней «физической» реальности мы получаем из реальности «внутренней» психической, которая в научной картине мира отсутствует. Замена «психики» на «информацию», «обрабатываемую» мозгом, не решает самую главную, «трудную», как ее назвал видный современный философ Дэвид Чалмерс, проблему сознания – вопрос о том, «почему

информационные процессы не “идут в темноте”?» [8], иначе говоря, почему информация не только репрезентируется, но и «аккомпанируется» субъективным опытом? Таким образом картина мира, предлагаемая классической физикой, оказывается принципиально неполной.

Специальная теория относительности и квантовая механика о природе мироздания

Впрочем, минималистическая материалистическая интерпретация естественнонаучного знания удовлетворяла исследователей вплоть до начала XX века. Но с возникновением специальной теории относительности и квантовой механики все изменилось.

В 1905 году Эйнштейн публикует работу «Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии?», в которой приходит к выводу, что «если тело отдает энергию E в виде излучения, то его масса уменьшается на E/c^2 », откуда следует, что «масса тела есть мера содержащейся в нем энергии» [9. С. 38]. Если вдуматься, то из этой формулы с неизбежностью вытекает вывод о не-субстанциальности мира. Действительно, масса традиционно воспринималась как неизменный атрибут и мера материи. Известный физик и историк науки Макс Джеммер отмечал, что «так как масса рассматривалась в качестве универсальной и единственно универсальной характеристики физических тел, которая сохранялась, то понятие массы для всех практических целей отождествлялось с понятием субстанции. Оно, таким образом, стало основным понятием в субстанциональной концепции материи» [10. С. 93]. Однако в начале XX века выяснилось, что материя переходит в энергию, а энергия является характеристикой не субстанции, а *процесса*. Кроме того, энергия не субстанциальна, поскольку она зависит от системы отсчета. Поскольку масса эквивалентна энергии, то она также не может быть характеристикой субстанции. Следовательно, рушатся все субстанциальные (материалистические) философии.

С квантовой механикой ситуация еще более странная. Прежде всего, оказался неясен смысл тех математических конструктов, при помощи которых квантовая механика описывает реальность. Выдающийся советский физик академик Л.И. Мандельштам утверждал, что всякая физическая теория состоит из двух частей: это, во-первых, правила сопоставления математических величин элементам физического мира и, во-вторых, уравнения, описывающие соотношения между этими величинами. Если прежде, в классической физике, главную сложность представляло написание уравнений для «физических величин», исходно, как казалось, ясно определенных (таких как масса, расстояние, время и т.п.; впрочем, и с ними, как показала теория относительности, не все так просто), то в квантовой механике зачастую сначала угадывался математический аппарат, оперирующий с величинами, о части из которых было не вполне понятно, какая физическая реальность им соответствует, а уже потом вставала задача физической интерпретации уга-

данных математических конструктов [11]. Пожалуй, самым ярким примером такого положения вещей является волновая функция или вектор состояния, являющийся математическим репрезентантом микрореальности и представляющий собой фундаментальное квантово-механическое понятие. Как отмечал известный российский физик Д.Н. Клышко, «подводя итог, мы приходим к пессимистическому взгляду на современное состояние “великой квантовой проблемы” физики XX в. – дать реалистическое [фактически – *материалистическое*, точнее – *субстанциальное*] толкование вектора состояния. Несмотря на все усилия нескольких поколений физиков, сотни статей, десятки конференций и монографий, изобретение множества терминов, – разумной общепринятой альтернативы копенгагенскому языку [языку рецептурному, принципиально отказывающемуся от постановки вопросов об онтологической природе мироздания] ...по-видимому, не создано» [12. С. 1213], а нобелевский лауреат академик В.Л. Гинзбург проблему интерпретации нерелятивистской квантовой механики относил к числу тех трех, как он их называл, «великих» проблем современной физики, существование которых, по его словам, означает, что, «пока вопросы не выяснены, ни в чем нельзя быть уверенным» [13. С. 1254].

Вдобавок ко всему выяснилось, что в сфере микромира нарушается свойственный классической физике детерминизм. Как оказалось, вектор состояния квантово-механической системы может изменяться двумя способами. Если над системой не производится никаких измерений, то динамика вектора состояния замкнутой системы описывается детерминистическим уравнением Шрёдингера. В тот момент, когда над системой производится наблюдение, происходит мгновенная редукция вектора состояния к одному из возможных значений с некоторой вероятностью, характеризуемой квадратом его модуля. Как отмечает нобелевский лауреат Юджин Вигнер, «вероятностный аспект квантовой теории почти диаметрально противоположен тому, что заставляет ожидать обычный опыт. ...Неопределенность в поведении системы не возрастает со временем, если система предоставлена самой себе, то есть если над ней не производятся измерения. ...Наоборот, производя над нашей системой измерения... мы вносим элемент случайного» [14. С. 143]. Когда у наблюдателя возникает контакт с системой и он приобретает новые знания о ней, появляется новое состояние системы и ее дальнейшая динамика определяется этим новым состоянием. Это эквивалентно тому, что акт наблюдения нарушает замкнутость квантово-механической системы. Как писал Вернер Гейзенберг в работе «Картина природы в современной физике», «старое разделение мира на объективный ход событий в пространстве и времени, с одной стороны, и душу, в которой отражаются эти события, – с другой ...уже не может служить отправной точкой в понимании современной науки» [15. С. 233]. Более того, даже только само наличие принципиальной возможности «подсмотреть» поведение системы, измерив те или иные ее параметры, радикально меняет ее поведение (как то де-

монстрируют, например, эксперименты с отложенным выбором [16] и квантовым стиранием [17]).

Учет психической реальности теоретизирующего субъекта

Как это может быть? Здесь следует вспомнить, что, строго говоря, в теоретической физике мы имеем дело лишь с *представлением* внешней действительности в психической реальности теоретизирующего субъекта. Будем называть такое представление *состоянием* системы. Как уже было сказано, законы классической механики детерминистичны. Это означает, что существует взаимно однозначное соответствие внешней реальности и её представления в психической реальности теоретизирующего субъекта. Наблюдения (измерения) лишь *подтверждают* соответствие знания о состоянии системы реальной ситуации и поэтому никак не влияют ни на саму систему, ни на ее состояние – представление физической реальности психической реальности теоретизирующего субъекта. В этом случае мы говорим, что «знание о системе – объективно».

В физике вероятностное описание мира, столь странное в квантовой механике, впервые появляется в классической статистической физике. Там возникает два способа представления внешней действительности в психической реальности теоретизирующего субъекта: неполное и полное. Одно из них – неполное, именуемое *макросостоянием* – характеризуется достаточным для теоретического субъекта описанием системы при помощи выбранных усредненных параметров. При этом подразумевается, что в принципе возможно дать полное описание системы и «подсмотреть», какова она на самом деле. Поэтому предполагается, что есть и другое – полное представление внешней действительности в психической реальности теоретизирующего субъекта, именуемое *микросостоянием* и характеризующееся максимально детализированным описанием системы.

Использование вероятностного языка описания в классической статистической физике связано с неполнотой субъективного знания теоретизирующего субъекта, связывающего неполное описание на языке средних величин, характеризующих макросостояние, с детерминистическими законами, характеризующими динамику микросостояний. Это приводит к тому, что статистические законы оказываются необратимы во времени, энтропия растет, наше субъективное знание о состоянии системы теряется. Потеря знаний о системе является следствием исходной неполноты нашего знания о микросостоянии системы. Наблюдение (измерение) может дать новые знания о состоянии, которые берутся за новые начальные условия. Таким образом, наблюдение меняет наше знание о системе и тем самым меняет ее состояние, то есть теоретическое представление выделенной части внешней действительности в психической реальности теоретизирующего субъекта. При этом существенных сложностей при попытке онтологической интерпретации такого двойственного математического языка не возникает: счита-

ется, что теоретический субъект в принципе может «подсмотреть» микросостояние системы, но для практических целей достаточно описывать ее на языке макросостояния. В этом случае мы говорим, что «эксперимент никак не влияет на реальность; он меняет наше знание о системе, а не саму систему».

В нерелятивистской квантовой механике обе эти взаимоисключающие (если мы находимся в старой парадигме) ситуации сосуществуют одновременно. На языке векторов состояний (волновых функций) теоретизирующий субъект описывает систему полно (уравнение Шрёдингера детерминистично). Когда у теоретизирующего субъекта возникает контакт с системой и он приобретает новые знания о ней, возникает новое состояние системы и ее дальнейшая динамика определяется этим новым состоянием (знанием). Таким образом, нерелятивистская квантовая механика свидетельствует о том, что само (существующее в психической реальности теоретизирующего субъекта) знание о системе, будучи *субъективным* (как в статфизике), *по природе* совпадает с состоянием системы и тем самым является *объективным*.

Мир – физический или психический?

Что всё это может означать? Как уже было сказано, физика чрезвычайно точно описывает мир в широчайшем диапазоне масштабов посредством создания математических моделей реальности. Эффективность такого подхода порой вызывает у исследователей искушение отождествлять сами эти модели с реальностью – что-то вроде «естественной установки сознания физиков». При этом интерпретация этих математических моделей остается прежней – классической, материалистической, что, как уже было сказано, неадекватно реальности микромира. Логично было бы сделать иное предположение: удивительно глубокое соответствие математической модели универсума внешнему миру вынуждает нас поставить вопрос не только о *структурной*, но и об *онтологической* природе этого соответствия.

К подобному же выводу приходит и известный американский космолог Макс Тегмарк. Пытаясь разрешить сформулированную нобелевским лауреатом Юджином Вигнером удивительную загадку «непостижимой эффективности математики в естественных науках» [18], он отождествляет Вселенную с математическим универсумом утверждая, что математическое и физическое существование онтологически эквивалентны [19]. Впрочем, такое «решение» не разрешает вопрос об онтологической природе отождествляемой с реальным миром математики. Кроме того, оно порождает множество новых проблем, в частности вопрос о том, как быть с теми «лишними» математическими структурами, соответствия которым мы в реальном мире не наблюдаем (для этого приходится постулировать существование бесконечного множества параллельных вселенных со всеми возможными «математиками»), как возможно движение в мире статических математических объектов (над ее разрешением бились еще античные мыслители) и т.п.

Предположение об онтологическом подобии существующей в психической реальности теоретизирующего субъекта математической модели мира внешней реальности с неизбежностью приводит к выводу относительно онтологической природы реальности: она *психична*, или, может быть, лучше сказать *квазипсихична* (это предположение выглядит достаточно безумным для того, чтобы быть истинным). Но самое главное – такое предположение открывает путь к построению нового понятийного «не-вещного», «двумерного» языка, способного описать как объект(ив)ность внешней действительности, так и субъект(ив)ность внутренней психической реальности. Действительно, описывая структуры внешнего мира, мы используем язык математики. При этом сама математика «психична» – психична в том смысле слова, что она существует только в нашей психической реальности. Но она не «субъективна» в обыденном смысле слова: универсальность математики свидетельствует о том, что те (психические) силы, которыми создается математическая реальность, одинаковы у всех людей, не зависят ни от национальной, ни от конфессиональной принадлежности. «Объективируя» математику, мы отчуждаем ее от себя и таким образом «омертвляем» ее. Но можно попробовать взглянуть на математику не просто как на статичную вне-временную конструкцию, а исследовать сам процесс ее порождения психикой математика-творца и, таким образом, наполнить ее «живым», динамическим, «психическим» содержанием. Если это удастся, то для нас откроется путь к созданию искомого «двумерного» языка.

Заключение

Философское осмысление специальной теории относительности и квантовой механики с учетом того, что единственная непосредственно доступная нам реальность – это реальность нашей психики, с неизбежностью приводит к выводу, что, во-первых, мир не субстанциален и, во-вторых, квантово-механическое знание о системе, будучи субъективным, по природе совпадает с состоянием системы и тем самым является объективным. Это, в свою очередь, заставляет предположить, что мир, который мы называем «физическим», по сути квазипсихичен. Такое предположение открывает путь к построению нового понятийного «не-вещного», «двумерного» языка, использующего универсальный язык математики и способного описать как объект(ив)ность внешней действительности, так и субъект(ив)ность внутренней психической реальности.

Представленная точка зрения коррелирует с концепцией «нейтрального монизма» или «двухаспектной онтологии», полагающей, что физическое и психическое – не две различные «субстанции», как то по умолчанию полагается со времен Декарта, а два взаимодополняющих свойства (два «аспекта») некой единой лежащей в основе всего мира фундаментальной реальности. Сторонниками подобного взгляда были, в частности, такие известные философы, как Бенедикт Спиноза, Уильям Джеймс, Бертран Рассел и Питер

Стросон; к сходному выводу пришли исследовавшие возможность «встроить» психическую реальность в физическую картину мира Вольфганг Паули и Карл Густав Юнг, сегодня близких воззрений придерживаются уже упоминавшиеся Джон Сёрл, Дональд Хоффман и Дэвид Чалмерс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сёрл Дж. Сознание, мозг и наука // Путь. – 1993. – № 4.
2. Сёрл Дж. Открывая сознание заново / пер. с англ. А. Ф. Грязнова. – М.: Идея-Пресс, 2002. – С. 25–26.
3. Копейкин К.В. Что есть реальность? Размышляя над произведениями Эрвина Шрёдингера. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2014.
4. Kopeikin K.V. What do you need to answer the questions: What is consciousness? What is the place of man in the Universe? Are we alone in the Universe? // Physics, Engineering and Technologies for Biomedicine. The 2nd International Symposium. October 10-14 2017. – Moscow: MEPhI, 2017. – P. 47–48.
5. Hoffman D., Prakash Ch. Objects of consciousness // Frontiers in Psychology. – 2014. – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00577/full>
6. Кант И. Метафизические начала естествознания // Кант И. Сочинения: в 6 т. Т. 6 / ред. Т.И. Ойзерман. – М.: Мысль, 1966. – С. 60-61.
7. Шрёдингер Э. Разум и материя. – М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2000.
8. Chalmers D. The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory. – Oxford University Press, 1996. xvii +414 pp.
9. Эйнштейн А. Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии? // Эйнштейн А. Собрание научных трудов: в 4 т. / под ред. И.Е. Тамма, Я.А. Смородинского, Б.Г. Кузнецова. Т. I: Работы по теории относительности 1905–1920. – М.: Наука, 1965.
10. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике / пер. с англ. и комм. Н.Ф. Овчинникова. – М.: Прогресс, 1967.
11. Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике / под ред. С.М. Рытова. – М.: Наука, 1972. – С. 326–328.
12. Клышко Д.Н. Квантовая оптика: квантовые, классические и метафизические аспекты // Успехи физических наук. – 1994. – Т. 164. – Вып. 11.
13. Гинзбург В.Л. О сверхпроводимости и сверхтекучести (что мне удалось сделать, а что не удалось), а также о «физическом минимуме» на начало XXI века // Успехи физических наук. 2004. – Т. 174. – Вып. 11.
14. Вигнер Е. Проблема измерения // Вигнер Е. Этюды о симметрии / пер. с англ. Ю.А. Данилова; под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Мир, 1971.
15. Гейзенберг В. Картина природы в современной физике // Гейзенберг В. Избранные философские работы: Шаги за горизонт. Часть и целое (Беседы вокруг атомной физики) / пер. А.В. Ахутина, В.В. Бибихина. – СПб.: Наука, 2006.
16. Peruzzo A., Shadbolt P., Brunner N., Popescu S., O'Brien J.L. A quantum delayed choice experiment. – URL: <https://arxiv.org/abs/1205.4926>.
17. Ma X., Kofler J., Qarry A., Tetik N., Scheidl T., Ursin R., Ramelow S., Herbst T., Ratschbacher L., Fedrizzi A., Jennewein T., Zeilinger A. Quantum erasure with causally disconnected choice. – URL: <https://arxiv.org/abs/1206.6578>.
18. Вигнер Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Вигнер Е. Этюды о симметрии / пер. с англ. Ю.А. Данилова; под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Мир, 1971. – С. 182–198.

19. Tegmark M. Our Mathematical Universe: My Quest for the Ultimate Nature of Reality. – Random House, 2014.

**PHYSICS, MATHEMATICS AND PHILOSOPHY
ABOUT ONTOLOGY OF THE UNIVERSE AND PSYCHICAL REALITY**

Archpriest Kirill Kopeykin

*St. Petersburg Theological Academy,
St. Petersburg State University,
National Research Nuclear University MEPhI*

The philosophical understanding of the special theory of relativity and quantum mechanics suggests that the world we call “physical” is essentially quasi-psychical. This correlates with the concept of neutral monism, but most importantly it opens the way to building a new conceptual “two-dimensional” language based on the universal language of mathematics and capable of describing both the objectivity of external physical reality and the subjectivity of internal psychical reality.

Keywords: psyche, subjectivity, objectivity, intentionality, mathematics, neutral monism, two-aspectontology.

ПРИРОДА ВРЕМЕНИ: СУБСТАНЦИАЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ОНТОЛОГИЯ*

А.Н. Спасков

Институт философии НАН Беларуси

В статье обсуждается проблема природы времени. Предлагается альтернативный подход к обоснованию физики. Выдвигается гипотеза о субстанциально-информационной природе времени и приводится новое определение субстанции, хронального континуума и информации. Дается новое понимание природы течения квантового времени.

Ключевые слова: время, субстанция, хрональный континуум, информация, субъект, объект, квант времени.

Проблема природы пространства и времени впервые была сформулирована в древнегреческой философии, но до сих пор в науке не достигнуто ясности в этом вопросе. Согласно Демокриту, все многообразие материального мира – это результат взаимодействия неделимых атомов, движущихся в пустоте. Аристотель, хотя и отрицал наличие пустоты в природе, но определял пространство как вместилище тел. Эта концепция пространства стала доминирующей в механистической картине мира и продолжает господствовать в современном естествознании.

Что касается времени, то хотя природа его во многом еще не ясна, но общепринятое понятие также, аналогично пространству, основано на интуитивном представлении о времени как о вместилище событий. Последовательное развитие этих представлений приводит к полному отрицанию объективного смысла понятий пространства и времени и сведению их к структурным отношениям между телами и событиями в доминирующей сейчас реляционной пространственно-временной парадигме. Между тем в современном естествознании возрождается интерес к субстанциальным концепциям пространства и времени. Это связано с поиском более глубоких оснований квантовой теории, космологии, а также пониманием природы сознания.

В метафизической парадигме, берущей начало от Демокрита и Аристотеля и общепринятой как в классической, так и современной физике, предельным онтологическим статусом обладают: пустое пространство-время, как вместилище всех тел и событий, движущиеся в нем материальные частицы и физические поля, посредством которых осуществляется взаимодействие частиц.

* Публикация подготовлена при поддержке грантов БРФФИ (договор № Г18Р-267 от 30.05.2018 и №Г18МС-042 от 30.05.2018).

В качестве альтернативного подхода к обоснованию физики мы намерены развивать метафизическую традицию, восходящую к Пармениду и Платону, модифицируя ее на основе новейших идей и гипотез. В этой парадигме онтологическим статусом обладают пространственно-временное многообразие базовых точек-моментов, которые связаны между собой в единое целое, и внутренние квантовые состояния, отождествляемые с реальными физическими частицами, которые имеют определенные значения в этих точках-моментах и могут отображаться от одного базового узла к другому. Этот процесс информационного отображения описывается как распространение волны и создает видимость движения корпускулярных частиц в пустом пространстве-времени, в соответствии с корпускулярно-волновым дуализмом, принятым в квантовой механике, и с кинематическими соотношениями специальной теории относительности [1].

Таким образом, предлагаемый нами подход дает альтернативную интерпретацию известных физических явлений и процессов и, как мы полагаем, более глубокое онтологическое основание физики. Такая интерпретация не противоречит общепринятой физической концепции, так как развитие и построение физической теории на основе этой метафизической концепции предполагается проводить генетически-конструктивным методом в соответствии с теорией относительности, квантовой механикой и релятивистской квантовой теорией поля. Преимущество этого нового подхода, как мы полагаем, может проявиться при решении неразрешимых в рамках старой парадигмы проблем, в предсказании и дальнейшем экспериментальном подтверждении принципиально новых физических явлений и закономерностей, а также в более глубоком понимании единства материальных процессов с феноменами жизни и сознания.

Многие ученые считают, что первичной сущностью в современной физике должна стать информация [2]. Мы полагаем, однако, что для последовательного проведения этого принципа в науку и реализации программы Дж. Уиллера «все из бита» нужно ввести еще понятие источника информации, как некоторой стороны по отношению к материальному миру силе, что эквивалентно понятию субстанции. В этом случае задачу описания движения можно будет свести к генерации информации, ее записи и воспроизводству в пространстве-времени с последующей материализацией. При этом материализация означает приобретение частицей физических свойств, которые доступны дальнейшему эмпирическому измерению. Таким образом, генерация информации предполагает наличие активно действующей субстанции, которая проявляется в материальном мире и поддерживает его существование.

Как известно, Гегель строил свою «Науку Логики» как логическое развитие понятий, начиная с самой абстрактной диалектической триады «ничто – становление – бытие». Но с необходимостью должна существовать причина всякого бытия или субстанциальная причина. А это и есть субстанция, как беспричинная и ничем не обусловленная причина бытия, или безна-

чальное начало бытия. Это субстанциальное начало бытия является источником субстанциальной активности, поддерживающей устойчивое существование и эволюцию всех материальных объектов во Вселенной.

Наша гипотеза основывается на введении в физику трех новых сущностей: *субстанция* – вечная и активно действующая причина всяких движений и изменений, реализуемых в феноменальном физическом мире; *хрональный континуум* – потенциальная протяженность, которая изменяется под действием субстанции и может быть в двух квантовых состояниях: негативном (*небытия*) и позитивном (*бытия*); *информация* – мера разнообразия, которая генерируется субстанцией, динамически проявляется в феноменальном мире в виде активного действия и отображается в хрональном континууме.

При этом если метафизическое понятие субстанции имеет древнюю философскую традицию, а понятие информации давно уже приобрело общенаучное значение, то понятие хронального континуума никогда ранее не употреблялось, хотя и имеет некоторый аналог в статической концепции времени.

Согласно традиционным представлениям, принятым как в классической механике, так и в теории относительности, время определяется как упорядоченная последовательность причинно связанных событий. Длительность между событиями представляется как одномерный континуум, имеющий протяженность, а сами события считаются бездлительными мгновениями. Но на самом деле любое событие представляет собой элементарный временной цикл и делится на четыре внутренние фазы. Это и есть внутреннее время события, которое также нуждается в математическом представлении [3].

Для такого представления мы используем геометрическую модель теории расслоенных пространств [4]. Но геометрическое представление также имеет числовое выражение, так как оно основано на понятии множества и континуума. Таким образом, в определении внутреннего времени мы все же вынуждены использовать числовую модель. Но это уже не модель натурального ряда чисел, как дискретной последовательности событий, а более адекватная модель расслоенного фазового времени, позволяющая описать течение непрерывно длящегося квантового времени. Это геометрическое представление и дает нам наглядную математическую модель, объединяющую два независимых временных измерения. А именно – внешнее линейное макроскопическое время и внутреннее расслоенное квантовое время.

Следует отметить, что само по себе геометрическое представление времени, будь то модель вещественной числовой оси или модель расслоенного пространства, все равно не дает полного представления о времени, так как игнорирует такое фундаментальное свойство, как его течение. Согласно разрабатываемой нами концепции транзитивно-фазового времени, мы описываем течение времени как непрерывное изменение фазы [5].

Анализ генезиса числового ряда показывает, что невозможно определить числовую последовательность, избегая временных представлений [3]. Поставим теперь ту же задачу, но уже для анализа внутреннего фазового времени. Если мы сможем определить понятие изменения фазы через понятие числа, не используя при этом в определении числа понятия времени, то мы сможем определить время через число, как более фундаментальное понятие.

Как известно, Ньютон впервые ввел в науку понятие абсолютного математического времени как числового параметра, характеризующего равномерно текущую фазу настоящего времени. Само по себе это абсолютное время ни от чего не зависит, но все мировые процессы зависят от него. Но это значит также, что абсолютное время нельзя никаким способом измерить и наблюдать, за что это понятие и критиковал Мах. Но зато можно измерить эквивалент абсолютного времени – относительное время. И таким эквивалентом будет любое равномерное движение. Мах считал, что понятие абсолютного времени, «кажущееся нам бессмысленным», избыточно, хотя и «безвредно» в механике, и в духе позитивизма пытался вообще исключить его из науки [6. С. 420].

Для описания любого движения Ньютон и Лейбниц изобрели дифференциальное исчисление и представили его в виде математической пропорции бесконечно малых приращений искомого и эталонного движения. При этом о движении в ньютоновском представлении можно осмысленно говорить лишь тогда, когда определена скорость движения $v = \frac{dx}{dt}$. Символ x в этом выражении означает любую переменную физическую величину, которую можно измерить и выразить в эталонных единицах. Скорость движения может быть равна и нулю $v = \frac{dx}{dt} = 0$, но это означает, что хотя движения и нет, то есть мы описываем состояние покоя $dx = 0$, но течение времени все равно продолжается и $dt > 0$.

Выходит, что течение времени неустранимо ни при каких обстоятельствах. И это действительно так, пока у нас есть эталонные часы. Но как быть, если таких часов нет и их ни при каких условиях просто невозможно реализовать с помощью каких-либо материальных референтов? Для Ньютона решение этого вопроса было очевидным – все равно абсолютное время течет, так как оно не зависит от материального мира. Более того – все движения самого материального мира зависят от Бога, он является источником всяких движений и изменений, а следовательно, и времени. Поэтому время у Ньютона субстанциально. Оно течет благодаря истечению из абсолютной системы отсчета.

Эти идеи Ньютона казались антинаучными в эпоху господства материализма и позитивизма. После создания теории относительности на смену субстанциальному времени и пространству Ньютона пришло реляционное пространство-время Эйнштейна. Но теория относительности не решала во-

проса о течении времени, и Эйнштейн в своей первой знаменитой статье «К электродинамике движущихся сред» принципиально отказался от выяснения природы течения времени [7. С. 9].

Однако уже в общей теории относительности пространство и время приобретают субстанциальные свойства. И если в специальной теории относительности пространство и время – это отношения между телами и событиями, то в общей теории относительности эти свойства зависят от самих тел как источников гравитации. Это же относится и к событиям, так как событие – это взаимодействие, а любое из известных взаимодействий, так же как и гравитационное, вызывает искривление пространства-времени. Отсюда следует, что тела и события являются субстанциальным источником такого фундаментального свойства пространства и времени, как кривизна.

Но все же кривизна, хотя и трактуется по отношению ко времени как его замедление, не проясняет природу течения времени, так как время здесь все равно остается статическим. Поэтому если о специальной теории относительности говорят как о реляционно-статической, то об общей теории относительности можно говорить как о субстанциально-статической концепции пространства-времени. А такая концепция не может описать динамическое течение времени и его необратимость.

Еще в большей степени проблема течения и необратимости времени не поддается решению в квантовой механике. И здесь возникает принципиальный парадокс. Ведь природу бесконечно малой длительности dt , которую ввели в физику Ньютон и Лейбниц, можно по-настоящему понять, лишь выяснив природу течения времени на микромасштабах. Но эту природу мы как раз и не можем выяснить экспериментальным способом, так как в микромире никаких материальных референтов, используемых в качестве эталонного движения, и измерительного прибора времени просто нет.

Поэтому в квантовой механике время является единственной ненаблюдаемой величиной и измеряется с помощью лабораторных макроскопических часов. Но что значат лабораторные часы для электрона? Это то же самое, что использовать галактические часы с периодом в сотни миллионов лет для измерения нашего собственного времени. Для таких часов даже время нашей жизни – ничтожно малая величина. На этом основании многие ученые вообще отказываются от понятия времени на микромасштабах и считают его макроскопическим параметром [8; 9].

Попытаемся, однако, не имея никакого экспериментального способа, построить модель квантового времени чисто умозрительно. Такая квантовая модель и поможет нам до конца прояснить взаимосвязь времени и числа.

На самом деле физическая модель квантового времени уже есть. Это – модель линейного квантового осциллятора. Но, насколько нам известно, никто до сих пор не рассматривал квантовый осциллятор в качестве квантовых часов. Это связано с тем, что в квантовой механике нет понятия внутреннего времени как параметра, характеризующего внутреннее состояние квантового объекта. Поэтому, хотя модель линейного осциллятора и предполагает коле-

бания, фазу этих колебаний мы не можем определить, подобно положению часовой стрелки. Более того – в описании линейного осциллятора вообще отсутствует понятие внутренней фазы. Сам осциллятор описывается по лабораторным часам в постоянной фазе текущего настоящего времени.

Ведь, наблюдая показания часов, мы находимся в активной фазе взаимодействия с ними. Это взаимодействие заключается в том, что мы настраиваем, прежде всего, свое сознание на восприятие этого показания. Эта настройка занимает предварительный цикл восприятия и означает освобождение сферы нашего внимания от всяких, не относящихся к данному акту восприятий. Таким образом, на протяжении этого цикла мы погружаемся в состояние углубленной сосредоточенности в себе что соответствует состоянию «в-себе-бытия» по Гегелю. Можно сказать, что это – нулевое состояние нашего сознания или чистое состояние самосознания, когда мы сознаем себя как готового к наблюдению субъекта, но не обнаруживаем еще объекта наблюдения.

В следующем цикле восприятия мы выходим из сферы сосредоточенности в себе и концентрируем свое внимание на объекте наблюдения. Эта концентрация есть активное взаимодействие субъекта и объекта, в результате которого происходит запись информации об объекте в нашем сознании. Иными словами, мы отождествляемся с объектом, схватываем его образ, что означает переход нашего сознания в качественно новое состояние «для-другого-бытия». И лишь затем мы осознаем объект как предмет, принадлежащий нашему сознанию, что означает новое качественное состояние «для-себя-бытия». В результате такого избирательного наблюдения мы накапливаем нужную нам информацию о внешнем объективном мире и расширяем сферу своего сознания.

Таким образом, любой элементарный акт наблюдения состоит из трех временных циклов, неразрывно связанных в кванте времени [4. С. 66]. Благодаря такой способности к восприятию квантов времени, в котором связаны модусы прошлого, настоящего и будущего времени, и происходит формирование осмысленного образа объективного мира в нашем сознании. Такой осмысленный образ представляет собой идеальную копию объекта, но эта копия не статична, а динамична.

Вместе с тем наблюдение внешнего объективного мира в форме отдельных квантов времени еще не означает наблюдение всего объективного времени как непрерывной длительности. Непрерывная длительность, как монотонная самотождественность, не является свойством внешнего объективного мира. Это свойство привносится нашим присутствием в мире в экзистенциальном состоянии активного взаимодействия при неизменном условии сохранения самотождественности собственного я.

То есть мы живем в настоящем и непрерывно длящемся собственном времени самотождественности «Я=Я», благодаря которому наш внутренний цикл собственного настоящего времени растягивается в продолжительность нашей жизни по земному времени. Но на фоне этого цикла единого настоя-

щего происходит множество отдельных событий меньшей длительности, которые и формируют весь спектр нашего восприятия внешнего мира и его сканирование в виде динамической копии, протяженностью от момента рождения до момента смерти.

Тем не менее, хотя мы и не наблюдаем объективной непрерывной длительности, как единого настоящего, это свойство самотождественности объективного мира должно поддерживать его непрерывное существование. Но основания такого самотождественного существования мира, как единого целого, находятся на глубинном уровне квантового мира. Этот квантовый мир, возможно, и является тем единым и самотождественным миром, о котором говорил Парменид, а макроскопический мир – это иллюзия наших чувств. А под иллюзией мы как раз и понимаем динамическую копию последовательно сменяющих друг друга случайных и причинно связанных событий, которые записываются в нашем сознании. Таким образом, мы приходим к новому пониманию субстанциально-информационной природы течения времени как непрерывно длящегося активного взаимодействия субъекта и объекта [5].

В общих чертах эта метафизическая картина мира будет выглядеть следующим образом. Физическая Вселенная представляет собой единую систему взаимосвязанных между собой элементарных и неделимых квантовых объектов. Квантовый объект является также и квантовым субъектом. Это означает, что он обладает внутренней субъективной активностью. Такая активность – проявление субстанциального начала, благодаря которому квантовый объект обладает свойством самодостаточности и самовоспроизводства, что эквивалентно его сохранению и неуничтожимости. Другое проявление активности заключается в способности квантовых субъектов-объектов к взаимодействию. Взаимодействие означает материальный и информационный обмен, что эквивалентно циркуляции вещества, энергии и информации в системе взаимосвязанных элементов, составляющих ее.

Таким образом, вся совокупность объектов во Вселенной образует, благодаря своему единству, систему взаимосвязанных элементов. При этом каждый такой элемент связан со всеми остальными элементами Вселенной, что соответствует принципу Маха [10]. Простейшей связью объектов или простейшим отношением между объектами является пространственно-временная протяженность. А вся совокупность таких пространственно-временных протяженностей образует реляционное пространство-время как некоторую вторичную структуру отношений субстанциальных элементов.

Таким образом, мы приходим к представлению о вторичности пространственно-временной структуры как системы отношений между субстанциальными элементами, совокупность которых и составляет онтологическую базу и предельно глубокое основание единства физической Вселенной. По сути – это реляционная концепция пространства-времени, основы которой были заложены Лейбницем и Махом, а в наше время развивается в научной школе Ю.С. Владимирова [11].

В традиционной реляционной концепции пространство-время рассматривается как отношение между точками-мгновениями, а точнее – между реальными и потенциальными событиями, которые имеют нулевую протяженность во времени и в пространстве. Мы полагаем, что эту концепцию можно дополнить представлением о внутренней структуре точечных объектов, модель которой описывается в терминах расслоенного пространства-времени [12]. И такую внутреннюю структуру можно трактовать уже как субстанциальное пространство-время или собственное пространство-время квантовых субъектов-объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Спасков А.Н.* Субстанциально-информационная модель квантовых процессов // *Философия. Толерантность. Глобализация. Восток и Запад – диалог мировоззрений: тезисы докладов VII Российского философского конгресса. Уфа, 6–10 октября 2015 г.* – Т. 2. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – С. 107–108.
2. *Ллойд С.* Программируя Вселенную: Квантовый компьютер и будущее науки / пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2013.
3. *Спасков А.Н.* Число и время. Ч. I: Элементарная идея числа и квант времени // *Философия науки.* – 2015. – № 4 (67). – С. 48–69.
4. *Cogueriaux R.* Multi-dimensional Universes. Kaluza-Klein, Einstein Spaces and Symmetry Breaking. Marseil: CPT-83/P-1556, 1983.
5. *Спасков А.Н.* Метафизические основания новой модели времени // *Сборник научных статей «Научные труды Республиканского института Высшей Школы» (Философско-гуманитарные науки. Исторические и психолого-педагогические науки).* – Минск: РИВШ, 2015. – С. 285–293.
6. *Мах Э.* Познание и заблуждение: очерки по психологии исследования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
7. *Эйнштейн А.* К электродинамике движущихся тел // *Собр. науч. тр.: в 4 т.* – М.: Наука, 1965. – Т. 1. – С. 7-35.
8. *Chew G.F.* The dubious role of space-time continuum in microscopic physics // *Science Progress.* – 1963. – Vol. 51. – № 204. – P. 529–550.
9. *Zimmerman E.J.* The macroscopic nature of space-time // *American Journal of Physics.* – 1962. – Vol. 30. – № 2. – P. 97–105.
10. *Владимиров Ю.С.* Принцип Маха и космология // *Метафизика.* – 2016. – № 1 (19). – С. 80–96.
11. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия: Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.
12. *Спасков А.Н.* Новая онтология квантовых состояний в модели расслоенного времени // *Философские исследования.* – Вып. 2. – Минск: ИФ НАН Б, 2015. – С. 237–253.

NATURE OF TIME: SUBSTANTIAL INFORMATION ONTOLOGY

A.N. Spaskov

Institute Philosophy National Academy of Sciences of Belarus

The article discusses the problem of the nature of time. An alternative approach to the substantiation of physics is proposed. A hypothesis is advanced about the substantial-information nature of time and a new definition of substance, chroral continuum and information. A new understanding of the nature of the flow of quantum time is given.

Keywords: time, substance, chroral continuum, information, subject, object, quantum of time.

ФИЗИКА И ПРОБЛЕМА НЕИСЧЕРПАЕМОСТИ ПРИРОДЫ

О.А. Барг, В.Ф. Панов*

*Пермский государственный национальный
исследовательский университет*

Лептоны и кварки не являются последними частицами мироздания. Физике, вероятно, предстоит открытие целого ряда форм материи, различия между которыми так же велики, как различия между живым и неживым. Предложен общий объективный критерий таких различий, позволяющий прогнозировать природу неизвестных ранее уровней материи. Химическая и биологическая формы материи включают, как свою противоположность, наиболее развитые виды своих низших предшественниц и подвергают эти виды диалектическому отрицанию. Их физический и химический уровни делятся при этом на предмет и механизм отрицания, наличие которых является объективным критерием различия этих форм. Согласно этому критерию фундаментальные физические взаимодействия и их участники выглядят механизмом диалектического отрицания экспоненциального расширения Вселенной, которое продолжается с замедлением. Предметом отрицания выступает скалярное антигравитирующее инфлатонное поле, отличие которого от обычной физической материи сопоставимо с отличием живого от неживого. Выдвигается гипотеза о монистической субстанциально-реляционной теории.

Ключевые слова: объективная реальность как система, отношения высшего и включенного низшего, отрицание высшим включенного низшего, критерий различия основных форм материи; модель инфляции; инфлатонное скалярное поле; антигравитация; фундаментальные взаимодействия; темная энергия; темная материя; вакуум; реляционная физика.

Идея неисчерпаемости природы противоположна как своей традиционной альтернативе – атомизму Демокрита, так и континуализму Эмпедокла, у которого природа делится до бесконечности и исчерпывается не последними *частицами* мироздания, а его последними *качествами*, «корнями всех вещей» – землей, водой, воздухом и огнем. Они не тождественны стихиям Фалеса, Анаксимена или Гераклита, поскольку не являются самодвижущимися телесными субстанциями. Тем не менее, атомизм и континуализм, при всем различии, близки в том, что их последние элементы природы лишены сложности и потому внутренне неизменны, не влияют друг на друга и *не образуют естественных связей*. Атомы Демокрита теоретически не способны даже на упругое столкновение – они лишь могут находиться рядом. Считать, что они и были обнаружены химией XIX в., значит путать термин и его смысл. Их не существует. Об этом свидетельствует весь опыт углубления физики XX в. в структуру материи [1].

* О.А. Барг – e-mail: olbarg@gmail.com; В.Ф. Панов – e-mail: panov@psu.ru.

Особенностью качества является то, что оно – как таковое – не имеет размера, и «на кончике иглы» может поместиться сколько угодно качеств. Это служит некоторым оправданием идеи Анаксагора, что последними являются не четыре корня Эмпедокла, а все качества всех вещей, и каждая из них «состоит» из всех качеств, отличаясь от других вещей их соотношением – их, так сказать, суперпозицией. Это можно считать бесчастичным, качественным прообразом бутстрапа и даже фридмонов А.М. Маркова [2].

Истинно элементарные частицы Стандартной модели – кварки и лептоны – вряд ли можно считать найденными, наконец, последними частицами природы, но они вполне могут оказаться последними – элементарными – объектами одной из форм материи, подобных ее химической и биологической формам в том, что каждая из них имеет свои элементарные объекты, элементарные отношения и образуемые ими элементарные системы имеют нижние границы.

Вероятно, физика – в силу неисчерпаемости объективной реальности – будет иметь дело с рядом еще неизвестных форм материи, которые можно условно называть субфизическими по сравнению с формой, которую описывает Стандартная модель. Для физики проблема элементарности будет неоднократно возникать по мере ее углубления в структуру природы, тогда как для химии и биологии, не открывающих новых форм материи, она состоит в уточнении их нижних и верхних границ, методология которого нужна физике для оценки открываемых ею новых уровней природы.

Самым общим основанием классификации материального многообразия мира выступает объективная сложность (богатство содержания), которая является единством всеобщего и особенного. Не существует лишенных внутренней сложности разновидностей материи, и некоторые из них различаются сложностью как низшее (более простое) и высшее (более сложное). Такие различия имеют фрактальный характер – они присутствуют во всех фрагментах и уровнях материи, пронизывают ее и задают ее фундаментальную внутреннюю организацию.

Можно полагать, что самодостаточность (субстанциальность) объективной реальности как целого обязана отношениям ее двух самых общих, не возникающих типов – низшего и высшего, которые представлены изменяющимся множеством ее менее общих разновидностей – от основных форм материи (физической, химической, биологической, социальной) до их отдельных представителей. Все они связаны густой многомерной «паутиной» субстанциальных отношений низшего и высшего, через которую материя и действует как причина себя, *causa sui* [3]. Каждая разновидность объективной реальности не только находится в узле этой паутины, но и включает в себе какой-то ее фрагмент, который можно рассматривать как ее (разновидности) сущность – как то, что изнутри определяет ее свойства, возможности, поведение и т.п. Это свидетельствует о том, что классификация на основании сложности является не формальной, а отражает существенные отношения в многообразии природы.

Однако эта классификация сталкивается с проблемой оценки радикальности и глубины отличий между ее *основными формами*. Обычно эта проблема формулируется как вопрос, не является ли, например, химическая форма материи сложной разновидностью физической или живое – сложной разновидностью химической, или обе – разновидностями физической материи, тем более что она включена в них как, по меньшей мере, их уровень. Смысл проблемы оттеняют вопросы, касающиеся их отдельных объектов. Очевидно, что последние – накануне перехода в живое – предбиологические надмолекулярные химические системы отличаются по сложности от первых организмов гораздо меньше, чем от простых соединений вроде метана или цианистого водорода. Значит, возможно, последнее различие более глубоко, чем первое, являющееся, однако, отличием живого от неживого? Очевидно также, что ближайшие предки человека отличались по сложности от первых людей гораздо меньше, чем от ланцетника. Значит, и это различие является более радикальным, чем отличия первых людей от их ближайших предков? Нужно решить, чем сравнительно малые отличия в сложности «первых» от «последних» могли бы принципиально отличаться от формально очень больших отличий по сложности между разными химическими соединениями или разными организмами, или между элементарными частицами и звездами. Речь идет, таким образом, о *критерии отличия* друг от друга *основных форм материи*, который позволял бы определять точное положение разделяющей их границы.

Если представить своеобразную «лестницу существ», включающую все известные нам – прошлые и существующие – объекты от лептонов и кварков до людей (сохраняя презумпцию существования основных форм материи, которые не являются разновидностями своих предшественниц), то небольшие отличия немногих объектов, находящихся на границах основных форм, должны как-то перекрывать различия между самыми простыми и самыми сложными объектами в пределах каждой из них. Ключи к природе этого перекрывания нужно искать в мировой паутине отношений низшего и высшего, которые имеют несколько видов.

В первом виде отношений низшее и высшее фигурируют как *отдельные объекты* или вещи, которые не совпадают в пространственном отношении и могут *взаимодействовать*, обмениваясь квантами полей, другими частицами, энергией, соответствующей этому информацией. Взаимодействия объединяют объекты разной сложности в некие целостности. Примером служит биоценоз, в котором разные по сложности организмы связаны трофическими и сопряженными с ними взаимодействиями. Или – биосфера, которая включает кроме биоценозов разной сложности косные составляющие, взаимодействующие как между собой, так и с организмами биоценозов, выполняющими геохимические функции. Такие отношения можно назвать *горизонтальными*, так как соответствующий им обмен идет на уровне существования его (обмена) предметов.

Следующий вид – отношения *части и целого*. Часть заведомо проще целого, которому она принадлежит, но их отношения уже не являются горизонтальными и исключают взаимодействие. Часть влияет на целое не непосредственно, а только воздействуя на его другие части. Целое тоже влияет на часть не прямо, а через действия на нее других частей. Часть и целое нигде не пересекаются в том отношении, что никогда не обмениваются никакими частицами, энергией, сигналами. Но если горизонтальные отношения низшего и высшего – частный случай отношений между вещами, которые необязательно имеют разную сложность, то отношения части и целого *всегда* являются отношениями низшего и высшего.

Третий вид этих отношений является главным испытанием для нашей презумпции. Это – отношения *уровней* одного и того же целого, абсолютно совпадающих с ним в пространственно-временном отношении, изоморфных ему и друг другу. Например, принято считать, что живое как целое имеет физический и химический уровни и включает совпадающие с ним физическое и химическое целые. А химическая форма материи имеет совпадающий с ней физический уровень. Отношения уровней есть отношения *целое-целое*, они тоже не являются взаимодействиями – обменом какими-то частицами, энергией, сигналами. Их можно назвать *вертикальными* отношениями.

Идея уровней хорошо согласуется с диалектикой редукционизма и интегратизма [4]. Но эта диалектика основана на том, что живое, например, не имеет содержания, которое было бы принципиально недоступно отражению химией, а в конечном счете и физикой, поскольку химическая материя тоже не имеет содержания, которое было бы принципиально недоступно физике [5]. Квантовая химия покончила с идеей несводимости понятийных конструкций химии к понятийным системам физики.

Если разделить живое на элементарные частицы и затем реконструировать его, используя понятия физики, получится разновидность физического целого, которое в идеале совпадет в пространственно-временном отношении с биологическим целым. Если разделить живое на атомы химических элементов и реконструировать его в понятиях химии, получится разновидность химического целого, которое в идеале же совпадет с биологическим целым. Живое состоит из элементарных частиц, из атомов и, условно говоря, из клеток. Но является ли то обстоятельство, что частицы проще атомов, а атомы проще клеток, достаточным основанием считать физический уровень живого низшим, химический уровень – так сказать, менее низшим, а высшим – само имеющее эти уровни живое? (Тем более что «при опускании “вниз” число элементов и связей... будет увеличиваться экспоненциально» [6].) Наверное, нет, и требуются сильные аргументы в пользу объективности такого поуровневого строения живого и подобного ему строения других основных форм материи. Иначе придется отказать уровням в онтологическом статусе и считать их только уровнями нашего углубления в природу этих форм, являющихся на самом деле разновидностями общей для всего физической материи.

Но если понятийные системы «высших» наук логически сводимы (хотя по понятным причинам никогда не сведены до конца) к понятийным системам «низших», то именно в *результатах этого сведения* следует искать информацию о глубине различий некоторых крупных ступеней нашей «лестницы существ», если иметь критерий радикального отличия «первых» от «последних», перекрывающего отличия, подобные отличию нашего животного предка от ланцетника или предбиологической системы – от метана.

Отношения уровней (если это не только уровни теоретического углубления) не являются ни отношениями отдельных объектов, ни отношениями частей и целого. Их можно представить как *диалектическое тождество противоположностей* в его буквальном смысле, немаскируемом разными наглядными примерами. Противоположности полагают и взаимопроникают друг в друга, буквально находятся друг в друге. Конечно, они абсолютно совпадают в пространстве и времени. Неживая природа, вплоть до предбиологических систем накануне их включения в живое, не является в этом смысле противоположностью живого. Она существует без актуального полагания с его стороны. Противоположностью живого выступает только та разновидность химической материи, которая находится в нем и не существует самостоятельно. Со своей стороны эта разновидность полагает живое уже тем, что без ее субстрата оно тривиально лишается объектности.

Их взаимное отрицание можно выразить как на языке химического описания живого, так и на языке его биологического описания. Этому соответствует деление химического уровня на *предмет* и *механизм* отрицания со стороны живого. Такое деление радикально *отличает* первые организмы от химических систем накануне их включения в живое, а его отсутствие уравнивает двухатомную молекулу с этими системами. Деление биологического целого на предмет и механизм отрицания со стороны его химического уровня радикально отличает и уравнивает все организмы в их отличии от предбиологических химических систем накануне этого включения. Граница, разделяющая эти предметы и механизмы, является сквозной, но переход от химического уровня к биологическому меняет их местами – предмет отрицания на химическом уровне оказывается механизмом отрицания на биологическом уровне, и наоборот.

На химическом уровне предметом отрицания становится не «химическое вообще», а определенная разновидность химических систем. Она является результатом предшествующей химической эволюции, и ее определение – компетенция не биологии самой по себе, а химии. Химия же способна открыть и *химический механизм* отрицания, так как он существенно зависит от характера этого предмета. Поэтому химия, обнаружив где-то единство таких предмета и механизма, могла бы *сама*, без биологии, заметить, что столкнулась с системой, отличие которой от других химических систем *более радикально*, чем их отличия друг от друга, – что столкнулась с новой, сверххимической формой материи.

Из теории эволюционного катализа А.П. Руденко [7] следует, что предметом отрицания становится механизм пространственной редупликации (размножения) открытых белково-нуклеиновых каталитических систем, который выступает наиболее совершенным механизмом химического синтеза как способа существования химической формы материи [5]. Его диалектическое отрицание состоит в активном сдерживании роста численности и плотности населения таких систем, что позволяет им сохранять способность к пространственной редупликации в ограниченной по объему и ресурсам вещества среде. Механизмом этого отрицания являются особые взаимодействия организмов и клеток, которые *тормозят* их редупликацию и пролиферацию. Примечательно, что биологическая эволюция в известном смысле направлена против размножения как снижением репродуктивного потенциала на пути «от амебы к человеку», так и ростом разнообразия, совершенствованием сдерживающих редупликацию механизмов.

Логика диалектического отрицания основной формой материи включенного в нее наиболее развитого состояния предшествующей основной формы и соответствующий ей *критерий различия основных форм материи* дают, далее, нетривиальное подтверждение тому, что химическая форма материи тоже является ее основной формой, а не просто разновидностью физической материи.

Попытка найти отношения химического и его физического уровня, которые были бы аналогичны рассмотренным отношениям живого и химического, затруднена неопределенностью в понимании способа существования физической материи, но очевидна одна присущая ее эволюции закономерность. Она присуща цепи физических синтезов, ответственных за образование нуклонов из кварков, атомных ядер из нуклонов, атомов из ядер и электронов, простых молекул из атомов. Взаимодействие кварков в нуклоне является сверхсильным по отношению к сильному взаимодействию нуклонов в ядре, электромагнитное взаимодействие ядра и электронов в атоме гораздо слабее связи нуклонов в ядре, энергия ковалентной связи нескольких атомов ниже общей энергии связи ядра и электронов в каждом из них.

В этом ряду переходы к менее сильному взаимодействию *не обращаемы*: менее сильное взаимодействие не является фактором изменения предшествующего ему результата более сильного взаимодействия. Одни нуклоны не превращаются в другие под действием ядерных сил. Одни ядра не превращаются в другие из-за взаимодействия с электронами. Атомы одних элементов не становятся атомами других под влиянием сил ковалентной связи между ними. Необращаемость энергетически более слабых взаимодействий на результаты предшествующих им более сильных, по-видимому, является тем эффектом, который диалектически отрицает химический механизм *катализа* [5].

Его отрицание состоит в том, что слабые неполновалентные связи, временно соединяющие катализатор с молекулами реагентов, понижают энергетический порог реакции и оказываются решающим фактором пере-

распределения сильных ковалентных связей между их атомами, то есть появления *других молекул*. В этом свете *собственно химическими* выглядят неполновалентные связи, непосредственно нарушающие «традицию» необращаемости, а элементарным химическим актом кажется не соединение двух атомов в молекулу, а *каталитический акт*. Каталитическое ослабление полновалентных связей является их диалектическим отрицанием, поскольку наблюдаемое разнообразие химических соединений природы не могло бы появиться без катализа, только за счет малоспецифичной физической (подъем температуры, давления и т.п.) активации реагентов. В пользу такой трактовки собственно химических взаимодействий и связей говорит и то, что генеральной тенденцией химической эволюции является развитие каталитических систем, рост активности, разнообразия и специфичности катализаторов, ведущий к химической основе живого [7]. (Необращаемость касается двух из четырех физических взаимодействий – сильных и электромагнитных, по отношению к которым слабое и гравитационное взаимодействия малоинтенсивны, но подобны неполновалентным взаимодействиям в том, что способны изменять результаты гораздо более интенсивных взаимодействий. Слабое взаимодействие вызывает превращение нейтрона в протон, и наоборот, как бы поверх сильного взаимодействия их кварков, а гравитационный «синтез» атомов в звезду разрушает их электромагнитную структуру, вызывая при участии того же слабого взаимодействия термоядерный синтез.

Отношение полно- и неполновалентных взаимодействий отличается от обращаемости неинтенсивных физических взаимодействий на продукты интенсивных взаимодействий тем, что является отношением в рамках одного и того же электромагнитного взаимодействия, и тем, что его участники энергетически на порядки ближе друг к другу, чем сильное и электромагнитное взаимодействия – к слабому и гравитационному. Эта их близость имеет, возможно, некую эволюционную связь со временем суперобъединения, когда в начале расширения Вселенной все четыре взаимодействия не различались по интенсивности. Падение температуры и их разделение породило необращаемость, которая характерна линии усложнения части физической материи от кварков до полновалентных соединений атомов, и сделало внешними для этой линии влияния на ее объекты слабых и гравитационных взаимодействий. Не является ли катализ своеобразным отрицанием отрицания исходного суперобъединения?

Идея, что основные формы материи диалектически отрицают друг друга, позволяет, на наш взгляд, по-новому подойти к возможным результатам дальнейшего углубления в структуру материи. Очевидно, что углубление – дело физики, которая должна быть готова к открытию таких разновидностей материи, которые могли бы отличаться от известной сейчас физической материи в такой же степени, в какой живое отличается от неживого благодаря специфическим механизмам торможения пространственной редупликации – наиболее совершенного варианта химического синтеза. Или в такой же степени, в какой химический механизм катализа отличается от «необращаемости»

мых» физических синтезов. В этом свете правомерен вопрос, *отрицанием чего могут быть фундаментальные физические взаимодействия*, начиная с суперобъединения и кончая теми, что обеспечили физическую цепочку необращаемых синтезов?

Важным достижением космологии явилась идея «инфляции», ставшая популярной в последние десятилетия. Она была попыткой решения парадоксов фридмановской космологии. Теория инфляционной Вселенной впервые была опубликована в 1981 г. А. Гуттом, но ее идеи «носились в воздухе». Близкие идеи раньше А. Гута были высказаны советскими космологами Э.Б. Глинером и И.Г. Дымниковой, а за несколько лет до статьи А. Гута А.А. Старобинский построил модель, чрезвычайно похожую на инфляционную теорию [8].

Она предполагает, что в ранней Вселенной расширение шло по экспоненциальному закону (отсюда название «инфляция»). В ряде подходов предполагается, что на этой стадии еще не было ни материи в виде частиц темной материи и видимого вещества, ни реликтового излучения. Вместо этого во Вселенной присутствовало зависящее только от времени скалярное поле, названное инфлатонным. Инфлатонное поле описывается особым потенциалом, характеризующимся тем, что в течение некоторого времени он мало меняется и его роль эквивалентна космологической постоянной [9]. Согласно инфляционному сценарию Вселенная на самых ранних стадиях эволюции находилась в неустойчивом вакуумоподобном состоянии. Инфляционная эпоха развития Вселенной быстро кончается распадом нестабильного вакуума, при котором его потенциальная энергия выделяется в виде рождающихся частиц и их кинетической (тепловой) энергии. С окончанием эпохи инфляции рождается обычная физическая материя.

Инфлатонное скалярное вакуумоподобное поле является не только простейшей из известных разновидностью материи, но ее экзотическим – имеющим *отрицательное давление* – видом. За счет этого инфлатонное поле антигравитирует, порождая Большой взрыв (начало эволюции Вселенной) и приводя к раздуванию пространства – плацдарма для последующей эволюции материи [8].

Способ существования инфлатонного поля – антигравитирование, которое порождает раздувание пространства Вселенной. Антигравитацию эпохи первой инфляции позднее сменяет гравитация во фридмановскую эпоху эволюции Вселенной. Вселенная при этом *расширяется с замедлением*. Переход от инфлатонного поля к рожденным частицам материи есть такой же качественно важный переход, как переход от химической к биологической материи. Рождение частиц *тормозит* раздувание Вселенной (за счет гравитации материи), и происходит замедление расширения Вселенной. Рождение частиц приводит к доминированию тяготения в локальных областях пространства: на астрофизических масштабах гравитация приводит к образованию конденсированных физических объектов: звезд, галактик. На постинфляционной стадии эволюции Вселенной частицы материи участвуют в

сильном/слабом электромагнитном взаимодействиях, что способствует доминированию процессов синтеза для физической материи. Гравитация – это притяжение, а антигравитация – отталкивание. На фридмановской стадии эволюции материи доминирует притяжение, и оно является диалектическим – поскольку Вселенная продолжает расширяться – отрицанием антигравитации. Можно сказать, что фридмановская эпоха эволюции Вселенной, заполненной обычной физической материей, есть диалектическое отрицание предыдущего состояния – инфляционной Вселенной, заполненной инфлатонным полем – «дофизической» материей. Кавычки означают здесь, во-первых, научную принадлежность этого поля физике, а не какой-то другой науке и, во-вторых, возможность существования за ним ряда форм, тоже находящихся в подобных отношениях диалектического отрицания. Мы предлагаем критерий, пользуясь которым физика могла бы обнаруживать многообразии явлений различия, имеющие ранг различий между основными формами материи.

На стадии первой инфляции из вакуумных квантовых флуктуаций скалярного поля рождаются возмущения плотности. Вакуумные квантовые флуктуации, которые обычно проявляются только в микроскопических масштабах, в экспоненциально расширяющейся Вселенной быстро увеличивают свою длину и амплитуду и становятся космологически значимыми. Поэтому можно сказать, что скопления галактик и сами галактики являются макроскопическими проявлениями квантовых флуктуаций [8]. Поэтому можно сказать, что инфлатонное поле является «управляющим полем» в плане образования крупномасштабной структуры Вселенной.

После распада нестабильного вакуума в конце первой стадии инфляции рождаются частицы материи, а также образуется «истинный вакуум», энергия которого, видимо, не равна нулю, но очень мала. Этот «истинный вакуум» в более поздний период эволюции Вселенной, вероятно, проявляет себя как темная энергия, что вновь приводит к ускоренному расширению Вселенной (второй стадии инфляции) [10]. Темной энергией называют неизвестную субстанцию, которая приводит к ускоренному космологическому расширению. В качестве простейшего кандидата на роль носителя темной энергии рассматривают легкое скалярное поле, амплитуда которого почти постоянна [11]. На наш взгляд, инфлатонные скалярные поля и в ранней Вселенной, и на современной стадии ускоренного расширения Вселенной являются кандидатами в «дофизическую» материю [12].

Можно сказать, что нестабильный вакуум инфлатонного поля выступает низшей формой объективной реальности, а обычная физическая материя – новой, высшей основной ее формой. Предметом диалектического отрицания с ее стороны является определенное состояние инфлатонного поля, когда его нестабильный вакуум достигает предела своего развития и начинает распадаться на частицы обычной материи. Их рождение порождает гравитацию, которая ограничивает антигравитацию «дофизической» материи (инфлатонного поля). Гравитация отрицает эффект антигравитации

«дофизической» материи. После фазы инфляции на уровне физической материи притяжение доминирует над отталкиванием в сильном/слабом электромагнитном взаимодействиях для конденсированного состояния материи. Можно сказать, что «развитая сущность» физической материи – конденсированное состояние – диалектически отрицает отталкивание (антигравитацию).

Астрофизики и космологи, которые считают, что темная энергия и темная материя существуют, стараются выяснить их природу. Можно считать, что темная энергия – это вакуум и вакуумные конденсаты. Физический вакуум исследуют и в лабораторной физике. Многие считают, что вакуум – это основание физического строения мира. В то же время в реляционной физике вакуум не используется [13]. В настоящее время есть мнение, что темные компоненты Вселенной медленно проявляются [14]. Важные проблемы физической космологии могут быть решены, если кварки, лептоны и калибровочные бозоны – составные частицы. В составной модели находит объяснение темная материя, частично или вся состоящая из псевдоголдстоуновских бозонов фамилонного типа с массой $10^{-5} - 10^{-3}$ эВ [14]. Сейчас с учетом различных парадигм в фундаментальной физике целесообразно рассматривать кроме систем отсчета еще и различные «парадигмальные системы восприятия мира» («парадигмальные системы мировоззрения») [15]. Можно говорить в определенном смысле о «парадигмальной относительности». На наш взгляд, будущая монистическая теория будет субстанциально-реляционной с учетом «парадигмальной относительности – дополнительно-сти» [16]. При рассмотрении «субстанциальной системы восприятия мира» в этой теории можно рассматривать физический вакуум, а при использовании «реляционной системы мировоззрения» [13] вакуум можно «исключить», заменив его «эффектами отношения частиц». И, соответственно, при использовании «реляционного миропонимания» (на основе системы отношений между материальными объектами) в этой теории, возможно, удастся описать кварки и лептоны как составные частицы, что будет доказывать неисчерпаемость природы и служить поиску «дофизической материи».

ЛИТЕРАТУРА

1. Коблов А.Н. Диалектико-материалистическая концепция развития и современная физика. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1987.
2. Марков М.А. О природе материи. – М.: Наука, 1976.
3. Барг О.А. Субстанциальное объяснение и системный подход // Новые идеи в философии. – Пермь: Перм. ун-т, 2002. – Вып. 11. – С. 37–49.
4. Энгельгардт В.А. Интегрализм – путь от простого к сложному в познании явлений жизни // Философские проблемы биологии. – М.: Наука, 1973. – С. 7–44.
5. Барг О.А. Философские проблемы химии: конкретно-всеобщий подход. – Пермь: Перм. ун-т, 2006.
6. Лежнев Э. О некоторых аналогиях между эволюцией экосистем и развитием экономики: от А. Смита и Ч. Дарвина до новейших дней // Эволюция: космическая, биологическая, социальная. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009.

7. Руденко А.П. Самоорганизация и прогрессивная эволюция в природных процессах в аспекте концепции эволюционного катализа // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева), 1995. – Т. XXXIX. – Вып. 2. – С. 55–71.
8. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. – М.: Едиториал УРСС, 2002.
9. Гриб А.А. Основные представления современной космологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
10. Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д. Космология и физический вакуум. – М.: КомКнига, 2006.
11. Долгов А.Д. Космология: от Померанчука до наших дней // Успехи физических наук. 2014. – Т. 184. – № 2. – С. 211–221.
12. Панов В.Ф., Давлетова О.А. Проблема дофизической материи // Новые идеи в философии – Пермь: Перм. ун-т, 2016. – Вып. 3 (24). – С. 20–25.
13. Владимиров Ю.С. Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 3: Реляционные основания искомой парадигмы. – М.: ЛЕНАНД. 2018.
14. Бурдюжа В.В. Темные компоненты Вселенной медленно проясняются // ЖЭТФ. – 2017. – Т. 151. – Вып. 2. – С. 416–428.
15. Панов В.Ф., Внутских А.Ю. Вселенная в разных метафизических парадигмах // Метафизика. – 2016. – № 1 (19). – С. 96–102.
16. Панов В.Ф., Кувшинова Е.В. В поисках монистической парадигмы // Метафизика. – 2018. – № 1 (27). – С. 93–98.

PHYSICS AND THE PROBLEM OF INCOMPATIBILITY OF NATURE

O.A. Barg, V.F. Panov

Perm State National Research University

Leptons and quarks are not the last particles of the universe. Physics is likely to discover a number of forms of matter, the differences between them are as large as the differences between the living and nonliving. A general objective criterion of such differences is proposed, which makes it possible to predict the nature of previously unknown levels of matter. The chemical and biological forms of matter include, as their opposite, the most developed types of their lower predecessors and subject these types to dialectical denial. Their physical and chemical levels are divided into the subject and mechanism of denial, the presence of which is an objective criterion for the difference between these forms. According to this criterion, the fundamental physical interactions and their participants appear to be the mechanism of dialectical negation of the exponential expansion of the Universe, which continues with deceleration. The subject of negation is a scalar anti-gravitating inflaton field the difference between which from ordinary physical matter is comparable to the difference between living and nonliving. The hypothesis of a monistic substantive-relational theory is put forward.

Keywords: objective reality as a system, relations of the higher and included lower, negation of the highest included lower, criterion of distinction of the main forms of matter; inflation model; inflaton scalar field; antigravity; fundamental interactions; dark energy; dark matter; vacuum; relational physics.

ПРОБЛЕМА АПРИОРНОСТИ ЕВКЛИДОВОЙ ГЕОМЕТРИИ ОТ КАНТА ДО ДИНГЛЕРА

В.Я. Перминов

*Философский факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова*

Философия Нового времени существенно связана с идеей априорного знания. Это врожденные истины Декарта, истины разума Г.В. Лейбница, система априорного знания у И. Канта. В девятнадцатом столетии идея априорного знания нашла развитие в философии Г. Когена и Э. Гуссерля. Коген связал априорные истины с предпосылками математического естествознания, Э. Гуссерль попытался объяснить их на основе эйдетической интуиции и конституирующей деятельности сознания.

Несмотря на усилия этих, а также многих других философов, объяснение априорного знания остается проблемой и в настоящее время. Здесь возникают прежде всего следующие вопросы:

- Можно ли рационально объяснить существование априорного знания и его функцию в познании?
- Можно ли определить состав априорного знания и объяснить априорный характер элементарной математики, то есть арифметики и евклидовой геометрии?
- Можно ли говорить об априорности математического знания в целом?

В данной статье ставится задача обсудить некоторые гипотезы о природе априорного знания, позволяющие наметить ответы на поставленные выше вопросы.

Ключевые слова: априорность знания, Евклидова геометрия, математическое знание, философия Нового времени, концепция Динглера.

1. Представление о твердом теле как основа формирования исходных геометрических понятий

Положение о том, что именно наше общение с твердыми телами является основой формирования наших первичных геометрических идеализаций впервые, по-видимому, было высказано Лейбницем. Интуиция прямой линии, считал Лейбниц, навязана нам общением с твердыми телами, а именно представлением о вращении твердого тела вокруг двух неподвижных точек, выбранных на его поверхности. Вращение твердого тела определяет множество неподвижных точек, соответствующих нашему представлению прямой линии. Идея Лейбница состояла в том, что сам образ прямой линии формируется не какими-либо случайными чувственными ассоциациями, а именно опытом вращения твердых тел относительно двух закрепленных точек. Эта идея была позднее воспринята Лобачевским. Лобачевский считал, что аксиомы Евклида слишком абстрактны и слишком отвлечены от своей основы в мире. Свою первую работу, излагающую основы новой неевклидовой гео-

метрии, он начинает с критики и преобразования евклидовой аксиоматики: он предлагает сформулировать новую аксиоматику евклидовой геометрии, которая целиком исходила бы из идеи твердого тела, а также из представления о сечении твердого тела и соприкосновении двух твердых тел. На этих трех понятиях (твердое тело, сечение и соприкосновение) Лобачевский построил новую аксиоматику евклидовой геометрии, в рамках которой он вывел все аксиомы Евклида, кроме аксиомы о параллельных.

Первый вывод, который он делает на основе этого построения, состоит в том, что аксиома параллельных не имеет того же обоснования, что и другие аксиомы евклидовой геометрии. Этот вывод был важен для постановки вопроса о возможности неевклидовой геометрии. Отсюда он заключает, что все несомненные (абсолютные) аксиомы евклидовой геометрии имеют обоснование в телесной аксиоматике и что подлинной основой евклидовой геометрии и служит представление о твердом теле.

Идея о твердом теле как основе геометрических интуиций стала одной из ведущих идей философии геометрии в XIX веке. Здесь надо отметить, прежде всего, таких выдающихся философов и истолкователей математического знания, как Г. Гельмгольц и А. Пуанкаре. Если бы, говорил Пуанкаре, человек жил среди тел, постоянно меняющих свою форму, то человечество не имело бы геометрии. Г. Гельмгольц исходил из того положения, что евклидово пространство, а также пространство Лобачевского и пространство Римана имеют ту замечательную особенность, что они допускают движение тел без изменения формы. Из этого факта он делал тот вывод, что в основе наших наиболее важных геометрических теорий лежит представление о движении твердого тела.

Хотя эта линия мышления для эмпирически ориентированных философов была достаточно убедительной и в определенном смысле бесспорной, она входила в противоречие с рационалистическим или априористским представлением о природе математического знания. Если понятие твердого тела – это понятие опытное или понятие физическое, тогда геометрическое знание должно быть признано частью знания физического и всякие другие варианты его обоснования должны быть отброшены. Но столь радикальное эмпирическое решение вопроса о природе математики не казалось адекватным в том числе и для сторонников эмпирической эпистемологии. Один из тех, кто не согласился с таким простым решением, был Э. Мах. Евклидова геометрия, говорил он, дана нам как законченная и непреложная, а это значит, что в доводах Канта есть зерно истины. «Если просто и внимательно поразмыслить, мы очень будем склонны согласиться с Кантом. Действительно, мы никак не можем отделить себя от пространства и времени: что бы мы не наблюдали как вне нас, так и в нас, они уже тут как тут» [1. С. 438, 447]. Задача, таким образом, состоит в том, чтобы понять и точно сформулировать, что есть верного в доводах Канта. Мах допускает, что возможно более глубокое понимание геометрии, при котором положение о ее эмпири-

ческой природе и положение о ее априорности будут соединены без противоречий.

Ясно, что современное обоснование априорного знания – это не обоснование кантовского априоризма. Достаточно очевидно, что из простого приписывания познающему субъекту способности чистого созерцания, доставляющего ему исходные математические истины, мы не выведем сколько-нибудь основательных знаний о природе математики. Мы остаемся в полном неведении о природе чистого созерцания и не можем ответить на вопрос, почему чисто созерцание вносит в наше сознание такую, а не другую систему истин. Кантовская конструкция не бессмысленна, она указывает на факты, с которыми мы должны считаться, но ясно, что она должна быть дополнена новыми соображениями, позволяющими выявить действительную роль субъекта в конституировании исходных математических идеализаций.

2. Обоснование евклидовой геометрии в теории эксперимента Г. Динглера

Здесь необходимо рассмотреть попытку Г. Динглера подойти к пониманию статуса евклидовой геометрии. Концепция Динглера направлена против мнения Пуанкаре, согласно которому ни одна из геометрий не может быть объявлена более истинной, чем другая. По мнению Динглера, евклидова геометрия имеет совершенно особый статус, ибо она, в отличие от всех других геометрий, обладает реальностью и истинностью. Принципы евклидовой геометрии абсолютны, поскольку они проистекают из необходимых требований к физическому эксперименту. Эксперимент должен быть воспроизводим, но это возможно лишь в случае, если он будет составлен из воспроизводимых частей и геометрических форм, обеспечивающих соподчинение этих частей. Определяющей геометрической формой является плоскость как наипростейшая поверхность, обе стороны которой одинаковы. Техническое искусство с древнейших времен ориентировано, по Динглеру, прежде всего на изготовление плоских поверхностей. Плоскость не просто мыслится, как думал Кант, она воспроизводится, вносится в предметную реальность. В отношении плоскости мы вправе говорить об *априори изготовления*. Физический эксперимент, считает Динглер, требует принятия аксиом евклидовой геометрии как априорной структуры в сфере эксперимента. В сфере эксперимента, говорит он, «скрылись платоновские идеи после того, как для них не осталось места в сфере чистого эмпиризма» [2. С. 103].

Динглер был убежден, что рассмотрение структуры эксперимента позволяет ему доказать реальное существование евклидовой геометрии и, соответственно, несуществование или фиктивность всех других геометрий, отличных от евклидовой. Аксиомы евклидовой геометрии, по Динглеру, не выводы опыта, не соглашения и не гипотезы, а необходимые требования к структуре интеллекта, вовлеченного в эксперимент. Евклидова геометрия

здесь необходима, так как любой эксперимент основан на координации твердых тел в их взаимном расположении. Человек – действующее существо, и сама включенность в действие навязывает сознанию действующего субъекта некоторого рода абсолютные регулятивы. Исходные математические интуиции, по Динглеру, не присущи сознанию по его природе и не взяты из опыта посредством абстракции или идеализации, а навязаны сознанию актами деятельности как представления, необходимые для координации деятельности.

Динглер, безусловно, прав в том, что образы прямой и плоскости как база геометрии не случайны, но связаны с практическим вмешательством человека в связи реального мира. Он осознал то важнейшее обстоятельство, что понятие реальности в действительности определяется деятельностью, то есть практическим вмешательством человека в процессы природы. Эта позиция дает ему критерий для выявления объективных и реальных теорий математики. Только евклидова геометрия реальна, все остальные геометрии только формальные конструкции, которые способны выполнять роль установления функциональных связей в системе опытных данных.

Евклидова геометрия, по Динглеру, обладает априорностью, но ее априорность проистекает не из чистого созерцания, присущего человеческому сознанию по его природе, а из действий человека с вещами природы. Само действие диктует нам некоторые представления, от которых мы не можем уклониться. Представления евклидовой геометрии относятся, по Динглеру, к этому роду необходимых представлений, продиктованных экспериментом или, в общем плане, вмешательством человека в процессы природы.

3. Критические замечания к концепции Динглера

Концепция Динглера, однако, не может удовлетворить нас полностью. С точки зрения деятельностной теории математических идеализаций, дефекты теории Динглера можно выразить в следующих положениях:

1. Обосновывая априорность и реальность геометрии, Динглер не мог не поставить вопрос об априорности и реальности других математических теорий, а именно арифметики и логики. Но арифметику и логику вряд ли можно вывести из необходимых предпосылок эксперимента. В лучшем случае, Динглер намечает подход к обоснованию априорности евклидовой геометрии, оставляя в стороне проблему обоснования априорности категорий, логики и арифметики. Манипуляция с твердыми телами в эксперименте – слишком узкая база для обоснования априорности элементарной математики в целом.

2. Динглер, несомненно, прав в том допущении, что в основе исходных геометрических интуиций лежит представление о твердом теле. Однако твердое тело существует как физическая идеализация, и, принимая это положение, мы возвращаемся к эмпирическому или физикалистскому понима-

нию истоков геометрии. Теория Динглера не может быть принята как завершенная до тех пор, пока она не доходит до разъяснения статуса понятия твердого тела, которое лежит в ее основе. Должны ли мы понять твердое тело как опытное представление или мы должны приписать ему другой статус, отличный от эмпирического?

3. Априорное у Динглера явным образом смешивается с конвенциональным. Выбор плоскости в качестве исходного образа для построения геометрии обусловлен у него возможностью технической реализации этого образа. В другом мире или при некоторых других технических возможностях здесь мог бы быть некий другой образ и другая система геометрии. Кантовский априоризм рассматривает прямую и плоскость не как конвенции, определенные привходящими обстоятельствами, а как идеализации безусловные, не имеющие альтернативы. Концепция Динглера не является завершенной и в том смысле, что она не разъясняет должным образом статус априорного знания: должны ли мы понять априорное знание классически как исключаящее альтернативы или мы должны признать, что момент конвенции, а следовательно, и относительности неизбежен при всяком определении априорного знания.

Тем не менее следует отдать должное Динглеру. Он почувствовал типичный характер эмпирической установки философов XIX века и стал искать онтологические основания элементарной математики через рассмотрение деятельностного отношения человека к миру. Заслуга Динглера состоит в том, что он осознал связь геометрических идеализаций с практической стороной человеческого бытия. Несомненно, что только деятельностный анализ исходных интуиций математики позволяет отделить базовую онтологически истинную математику от системы абстрактных математических теорий, характеризующихся другим типом связи с реальностью. Это разделение принципиально важно для понимания природы математики.

Динглер был учеником Маха, и его основная проблема была поставлена Махом. Она заключалась в том, чтобы связать исходные математические интуиции с опытом и вместе с тем объяснить их непреложность и абсолютность. В известной степени Динглер решил эту задачу. Он отказался от кантовской попытки объяснить априорные принципы исключительно из самого сознания как продукты таинственного созерцания, присущего сознанию по его природе. Ученый также не стал выводить эти принципы из очевидностей обыденного опыта и подошел к их объяснению исходя из сущностных требований эксперимента и предметной практики в целом. Концепцию Динглера можно назвать праксеологической. Ценность этого подхода состоит в том, что он сдвигает проблему априорности математики с мертвой точки, ибо он открывает необходимые требования практики в качестве нового исходного пункта для объяснения априорных принципов сознания.

Однако ясно, что эта точка зрения не доведена до конца. Необходима более широкая праксеологическая концепция, способная дать безупречное обоснование априорности не только евклидовой геометрии, но таких теорий,

как логика и арифметика. Требуется также обоснование системы онтологических категорий, лежащих в основе нашего мышления. Существуют и другие положения, которые требуют исследования их гносеологического статуса. Курт Гедель указывал на аксиому выбора как на положение, обладающее реальностью и данное нашему сознанию с безусловной необходимостью. Можем ли мы поставить аксиому выбора рядом с аксиомами геометрии и приписать ей статус априорности? Д. Гильберт был убежден в том, что каждая наука имеет в своей основе некоторый априорный каркас. Речь, таким образом, идет об обосновании априорного базиса математического знания, а может быть и априорных предпосылок других наук. Такой достаточно ясной и объемлющей концепции, способной выявить природу априорного знания и обосновать систему априорного знания в целом, мы пока не имеем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: Бинوم 2009.
2. Динглер Г. Эксперимент: его сущность и история // Вопросы философии. – 1997. – № 12.

THE PROBLEM OF APRIORITY OF EUCLIDEAN GEOMETRY FROM KANT TO DINGLER

V.Ya. Perminov

The Faculty of Philosophy of Lomonosov Moscow State University

The philosophy of the New Age is essentially connected with the idea of a priori knowledge. These are the innate truths of Descartes, the truths of the mind of G.V. Leibniz, a system of a priori knowledge in I. Kant. In the 19th century, the idea of a priori knowledge was developed in the philosophy of H. Cohen and E. Husserl. Cohen connected a priori truths with the prerequisites of mathematical natural science, E. Husserl tried to explain them on the basis of eidetic intuition and constitutive activity of consciousness.

Despite the efforts of these, as well as many other philosophers, the explanation of a priori knowledge remains a problem at the present time. Here the following questions arise:

- Is it possible to rationally explain the existence of a priori knowledge and its function in cognition?
- Is it possible to determine the composition of a priori knowledge and explain the a priori character of elementary mathematics, that is, arithmetic and Euclidean geometry?
- Can we talk about the apriority of mathematical knowledge in general?

This article aims to discuss some of the hypotheses about the nature of a priori knowledge, allowing to outline the answers to the above questions.

Keywords: a priori knowledge, Euclidean geometry, mathematical knowledge, modern philosophy, Dingler concept.

РЕЛЯЦИОННОЕ МИРОПОНИМАНИЕ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ПРОБЛЕМАТИКА В РЕЛЯЦИОННОМ МИРОПОНИМАНИИ

О.Е. Кадеева

Дальневосточный федеральный университет

В статье рассматривается роль реляционной парадигмы в формировании понимания пространства-времени. Выявляются значимые характеристики пространственно-временных отношений для формирования современной научной картины мира. Обосновывается, что осмысление свойств пространства и времени в истории науки играло одну из определяющих ролей в развитии фундаментальных теоретических представлений о физической реальности.

Ключевые слова: пространство-время, события, отношения, бинарная геометрофизика, реляционное миропонимание.

Все, что познаем в природе, – это отношения, и всякое знание сводится в конечном счете к знанию отношений. Всевозможные «элементы» – «объекты», которые вводим в картину природы, в конце концов оказываются лишь некоторыми «узлами» в отношениях. Или же эти элементы – объекты, первоначально вводимые как неопределяемые, в конечном счете находят свою определенность через всю совокупность отношений, с ними связанных. В этом и состоит суть реляционного подхода в физике. Принятие квантовой теории означает, что в итоге мир существует как неделимая целостность, а не множество автономных элементов. Существование мира не как множества, но как неделимой целостности является наиболее значимым, наиболее реальным и достоверным объективным фактором.

В современной философии происходит принципиальное переосмысление концепции привилегированного положения человеческого разума и постулатов классической науки. Научная картина мира является целостной системой и совокупностью научных знаний об общих свойствах и закономерностях мира природы и мира человека. Практическая потребность в исследовании научной картины мира определила необходимость философского

анализа взаимосвязей и взаимозависимостей категорий философии науки и самих фундаментальных компонентов научной картины мира.

Процесс познания мира, восхождения от абстрактного к конкретному может сопровождаться «расщеплением» и уточнением фундаментальных понятий, казавшихся «единными» и незыблемыми: бесконечно большое приходится подразделять на количественно «ограниченное» и «не ограниченное», применяя для описания реальности то или иное с учетом требований естествознания. Осмысление свойств пространства и времени в истории науки играло одну из определяющих ролей в развитии фундаментальных теоретических представлений о физической реальности. Гипотезы о структуре и сущности пространства и времени всегда составляли необходимый «метафизический» фон (или основу) теорий. Причем сами эти свойства не могли являться объектом непосредственной эмпирической проверки, находясь при этом в основании всего научного знания [8. С. 20–26].

Общая теория относительности является теоретической основой современных представлений о пространстве-времени и релятивистской космологии. Следует признать, что фундаментальное физико-теоретическое знание строится в сопряжении с базовыми философскими категориями, такими как пространство, время, причинность, взаимодействие, материя. Характерным признаком многих философских категорий является отсутствие строгого однозначного определения. В итоге различные научные теории, как правило, придают одинаково звучащим базовым понятиям различное содержание. Применение новых методов в философии и науке ведет к тому, что пространство перестает рассматриваться как отдельная сущность и становится частью более общего понятия [9. С. 106–108]. Именно в такой структурной неисчерпаемости материального мира и предлагается видеть сегодня содержание понятия пространства-времени.

Процесс научного познания закономерно приводит к необходимости становления научных картин мира как исторических этапов ценностно-мировоззренческих форм знания. Следует признать, что любая научная картина мира представляет собой исторически изменяющуюся регулятивную систему знания, отражающую отношение человека к миру, его способ видения, понимания и оценки реальности.

Современный статус теоретической физики таков, что в ней можно выделить три важнейшие ее составляющие: собственно теоретическую физику как математизированные модели реальности, прикладную теоретическую физику и фундаментальную теоретическую физику. Здесь значимы идеи Ю.С. Владимирова, который характеризует последнюю следующим образом: «...фундаментальная теоретическая физика занимается анализом используемых в физике понятий и вскрытых закономерностей, рассмотрением их иных вариантов и обобщений, а также поиском более глубоких закономерностей, обосновывающих общепринятые представления» [1. С. 15]. Такое понимание свидетельствует о том, что фундаментальная теоретическая физика содержит в себе принципиально разные концепции и подходы к

кардинальным математизированным областям физического знания, сопряженного с явными мировоззренческими метафизическими обоснованиями. Термин «метафизический» можно использовать в близком смысле с термином «философский». Ныне принципы метафизики и их подлинное прояснение лежат в основе понимания фундаментального устройства мироздания.

Развитие физики XX века совершенно ясно показало, что в основе ее представлений лежат взгляды на три важнейших компонента реальности – физические тела (частицы), их взаимодействия и пространственно-временные отношения. В конце XX века при поиске так называемой «окончательной теории» сформировались идеи о трех типах физического миропонимания – теоретико-полевого, геометрического и реляционного [1. С. 13–16]. Теоретико-полевое миропонимание связано, прежде всего, с развитием квантовой физики, и оно в большей степени превалировало в течение всего XX века: большая часть и нынешних физиков работают в этой парадигме, стремясь создать теорию суперструн и далее М-теорию. Геометрическое миропонимание было обусловлено становлением релятивистской физики и во многом благодаря появлению пространства-времени Минковского. Развитие идей реляционного миропонимания основывалось на реляционной трактовке пространственно-временных отношений и описании взаимодействий в аспекте концепции дальнего действия.

Подобного рода разнообразие точек зрения на развитие фундаментальной теоретической физики является закономерным процессом, что связано со сложным характером прояснения сущностных характеристик физической реальности. Одновременно это позволяет говорить о существенной тенденции в развитии современных физических знаний, связанной с принципиальными интеграционными процессами. Скажем, попытки объединить и унифицировать всю физику на едином фундаменте представлены в первой половине XX века моделями так называемой единой теории поля. Такие модели отражали усилия теоретиков выработать систему критериев, норм и методов оценки более высокого порядка, чем существовавшие прежде. Одним из важных проявлений такого подхода стал принцип геометризации физики, выдвинутый А. Эйнштейном в процессе разработки им общей теории относительности. Более того, в этой теории действительно имплицитно переплелись философско-мировоззренческие, общенаучные, математические и собственно физические идеи, принципы и методы.

Разворачивающийся процесс сращивания фундаментальной теоретической физики и метафизики чрезвычайно важен как для физиков, так и для философов, поскольку теоретическая физика переживает ответственный этап своего развития, когда становится все более очевидной необходимость смены метафизической парадигмы. В этом отношении настоящая ситуация созвучна началу XX века, когда была создана теория относительности и впоследствии заложены основы квантовой теории. Тогда триалистическая ньютонова парадигма в физике была заменена двумя ветвями дуалистической метафизической парадигмы в виде геометрического и теоретико-

полевого мировоззрения. Ю.С. Владимиров обосновывает необходимость перехода к третьей ветви дуалистических метафизических парадигм, опирающейся на концепцию дальнего действия, альтернативную доминирующей в современной теоретической физике концепции ближнего действия в виде теории поля. Им предложена реляционная переформулировка оснований физики и показаны возможности реляционного подхода (парадигмы) для решения ряда фундаментальных проблем современной теоретической физики. Отмечается, что теории трех дуалистических парадигм: теоретико-полевой, геометрической и реляционной представляют собой видения одной и той же реальности с трех разных сторон. Однако наиболее перспективным является реляционный подход.

Реляционный подход в виде бинарной геометрофизики согласуется с рядом метафизических позиций. Во-первых, реляционный подход нацелен на построение теории в рамках холистической (монистической) парадигмы, где существенно изменяется традиционное соотношение части и целого. Во-вторых, в бинарной геометрофизике физическая теория строится на базе бинарной геометрии, в которой речь идет не о статическом мире, а о его своеобразном образовании в каждый новый момент времени. В-третьих, бинарная геометрофизика непосредственно описывает закономерности мира, а вытекающая из нее классическая физика имеет дело с закономерностями между осуществившимися событиями (явлениями).

Наиболее значимыми в настоящее время являются концептуальные исследования Ю.С. Владимирова, основанные на ключевых принципах метафизики:

- 1) *принцип исходных оснований* редуционистского или холистического типа;
- 2) *принцип тринитарности*, принимающий вид троичности в редуционистском подходе и вид триединства в холистическом;
- 3) принцип наличия промежуточных дуалистических парадигм (теоретико-полевая, геометрическая и реляционная);
- 4) метафизический принцип дополнительности (все три парадигмы дополняют друг друга);
- 5) принцип фрактальности;
- 6) принцип целостности;
- 7) принцип процессуальности [2. С. 16–17].

В свою очередь, геометрическое миропонимание определяется особенностями релятивистской физики, пониманием пространства-времени, природы гравитации, неевклидовой геометрии, проблемами современной космологии, многомерностью физического мира в аспекте геометризации взаимодействий. Один из выдающихся творцов этого миропонимания – Т. Калуца еще в 1921 году писал: «...полностью учитывая все физические и теоретико-познавательные трудности, громоздящиеся на нашем пути при изложенном подходе, все же нелегко примириться с мыслью, что все эти соотношения, которые вряд ли можно превзойти по достигнутой в них *степени*

формального единства, – всего лишь капризная игра обманчивой случайности. Но если удастся показать, что за предполагаемыми взаимосвязями стоит нечто большее, нежели пустой формализм, то это будет новым триумфом *общей теории относительности Эйнштейна*, о логическом применении которой к случаю *пятимерного мира* здесь шла речь» [7. С. 534].

Вместе с тем есть вполне убедительные основания в выявлении целого ряда предшественников Калуцы в появлении представлений о многомерности в более ранний период. Ю.С. Владимиров по этому поводу пишет: «...вполне отчетливо идеи многомерности были сформулированы в работах математиков XVIII–XIX веков. Так, о возможности рассмотрения времени как четвертого измерения писал Ж. Даламбер (1717–1784). Многомерные конфигурационные пространства обобщенных координат вводил в своих работах Ж.Л. Лагранж (1736–1813). Далее следует назвать труды Б. Римана, Г. Грассмана (1878–1936), А. Кэли (1821–1885) и некоторых других. Но логика развития математики такова, что всякая красивая математическая идея или структура рано или поздно «применяется» к явлениям различных областей естествознания» [1. С. 62].

Ныне активно развивается третье миропонимание – реляционная парадигма в современной физике. В отличие от геометрической парадигмы здесь дается трактовка природы пространства и времени с реляционных позиций, то есть как отношения. В рамках этого подхода реализуются идеи теории физических структур, обсуждаются альтернатива близкодействия и дальнего действия в аспекте приоритета последнего, физический смысл принципа Маха в релятивистской физике, трактовка геометрии через понятие «расстояния». Современный лидер развития этого миропонимания – Ю.С. Владимиров – осуществляет разработку реляционного описания физических взаимодействий на базе теории бинарных систем комплексных отношений. «В любой физической теории единый мир расщепляется на три взаимосвязанные части: рассматриваемый объект, субъект, относительно которого рассматривается объект, и весь остальной окружающий мир.

1) Рассматриваемые в теории *объекты* могут быть как отдельными элементарными частицами, так и достаточно сложными макрообъектами. Закономерности мироздания проистекают из свойств взаимодействий простейших элементарных частиц.

2) В качестве *субъекта* в физических теориях выступает тело отсчета, на базе которого определяется система отсчета. В бинарной предгеометрии роль тела отсчета играет система эталонных элементов (базис).

3) *Окружающий мир* неявно входит в любую теорию, однако широко распространена иллюзия, что можно от него отвлечься и рассматривать явления локально, учитывая лишь обстановку в непосредственной близости. Идея учета всего окружающего мира обычно ассоциируется с принципом Маха» [2. С. 232].

При данном подходе речь идет не только о реляционном понимании пространственно-временных характеристик, но и соответствующем пред-

ставлении взаимодействия: при этом на микроуровне материальные объекты (элементарные частицы) существуют вне пространства и времени, но, тем не менее, способны взаимодействовать друг с другом (устанавливать «отношения» между собой). И только на макроуровне, как статистический итог огромного количества таких взаимодействий, возникает классическое пространство-время [10. С. 18].

Таким образом, базовые парадигмы в фундаментальной физике и их конкретные интерпретации явно свидетельствуют о плюрализме взглядов самих физиков на главную предметность их деятельности. Далее рассмотрим более подробно концепцию, разрабатываемую Ю.С. Владимировым в аспекте реляционного миропонимания в виде программы бинарной геометрофизики. В термин «бинарная геометрофизика» заложено, во-первых, то, что теория опирается на бинарные структуры, которые, по сути, представляют собой своеобразные бинарные геометрии, и, во-вторых, сами эти геометрии предлагается положить в фундамент физики и теории физического пространства-времени [4. С. 18]. В основаниях этой теории лежат обобщения базовых представлений современной физики. Первое, в основе мира положены первичные элементы, фундаментальные объекты (проточастицы), которые находятся в *отношениях* друг к другу. «Отношения – вот ключевое понятие, которое и у Лейбница, и у Маха заменяют идею абсолютного пространства и времени. Данное понятие послужило в качестве исходного основания при обозначении реляционного (англ. relation, лат. relativus – относительный) подхода» [1. С. 96].

В группе понятий «взаимодействие», «связь» и «отношение» именно последнее выступает наиболее общим и абстрактным. Отношение есть то, что как-то объединяет вещи, свойства или стороны реальности или, наоборот, разъединяет их (отношение изолированности, обособленности). В рамках единого формализма реляционной концепции к настоящему времени получен ряд серьезных результатов: важнейший из них – оригинальный вывод структуры пространства-времени с тремя пространственными и одной временной координатой. При этом понятия пространства и времени входят в структуру физической теории через посредство хроногеометрической модели, представляющей собой концептуальное геометрическое пространство, являющееся инвариантом преобразований (абстрактные математические структуры, моделирующие реальные пространственно-временные отношения). В качестве основных понятий выступают состояния частиц (протообъектов), которые являются, по сути, трансцендентными по отношению к наблюдаемому.

Этот характер трансцендентности носит в бинарной геометрофизике явный характер, то есть, например, пространство-время здесь не является первичным, оно возникает в результате отношений между множествами элементарных объектов так, что суть их существования носит надвременной и надпространственный характер. Еще одним чрезвычайно значимым обстоятельством является то, что в отличие от теоретико-полевой парадигмы (ос-

нованной на концепции близкодействия) реляционное миропонимание реализует, по существу, альтернативный подход, выражающий принципы и идеи теории прямого межчастичного взаимодействия (action at a distance) Фоккера – Фейнмана и основанный на концепции дальнодействия.

При этом семантическая интерпретация понятий пространства и времени физической теории есть выявление их физического смысла (содержательных характеристик); она производится с помощью различных нестрогих, полуфизических – «полуфилософских» (*метафизических* в духе Владимира) построений на уровне метатеории, которой в некотором смысле является физическая картина мира. Последняя есть идеальная модель природы, включающая наиболее общие понятия, принципы и гипотезы физики и характеризующая определенный исторический этап ее развития. Онтологический же статус, связанный с основными смысловыми свойствами реальности, или хроногеометрическая модель, получается путем сопоставления данной объектной области с другой, уже интерпретированной и экспериментально проверенной физической теорией.

Согласно реляционному подходу, классически-релятивистское пространство-время (четырёхмерное пространство-время Минковского) – это особый вид отношений, которые моделируют связи материальных объектов.

Анализируя естественнонаучное мировоззрение через призму реляционной концепции, Ю.С. Владимиров выделяет обобщенные категории пространства-времени, допускаемые в следующих миропониманиях. Так называемая дуалистическая парадигма физического миропонимания подходит к рассмотрению пространства-времени как самостоятельной сущности пространственно-временного фона, без которого невозможно описание распространения полей переносчиков взаимодействий. В рамках *физического (теоретико-полевого) миропонимания* раскрывается отличный от философского подход к природе пространства-времени на основе взаимосвязи категории пространства-времени и понятия единого поля. В *геометрическом миропонимании* вводится категория, объединяющая пространство-время с категорией полей-переносчиков взаимодействий, а не только самих частиц или их категорий. Реляционный подход к природе пространства-времени соответствует *реляционному миропониманию* как способу описания отношений между событиями материального мира [1. С. 89–93]. Есть надежды, что реляционный подход не только дополнит два других, но в ряде вопросов будет на самых авангардных позициях.

Как показывает анализ, искомые факторы, на основе которых можно реализовать идею макроскопической природы пространства-времени, могут быть найдены только в рамках реляционного миропонимания. Построение физической теории в рамках новой метафизической парадигмы требует разработки математического аппарата, адекватного новой парадигме. Аналогичным образом при создании общей теории относительности и всего геометрического миропонимания понадобилось привлечь аппарат римановой дифференциальной геометрии. А работа над квантовой теорией и соответ-

ствующим ей теоретико-полевым миропониманием основывалась на теории собственных значений и собственных функций дифференциальных уравнений, а затем и на методах теории гильбертовых пространств и других разделов математики.

Данная проблема встает и при разработке физической теории в рамках реляционного миропонимания. Реляционный подход к мирозданию означает его описание посредством числовых отношений между элементами мира. Математический аппарат, свойственный данной парадигме, имеет алгебраический характер, то есть опирается на теорию определителей. Он назван теорией бинарных систем комплексных отношений. Восхождение к бинарной геометрофизике происходит в несколько этапов. На первом производится переформулировка классической физики и геометрии в реляционном духе, а именно на основе унарных систем вещественных отношений. Затем осуществляется переход от унарных систем вещественных отношений к простейшим бинарным системам комплексных отношений, на основе которых строится примерный вариант бинарной геометрофизики, описывающий ряд свойств физики микромира. После этого можно переходить к простейшему бинарному многомерию, соответствующему пятимерной теории Калуцы в унарном многомерии.

Представляется целесообразным отказаться от укоренившегося понимания классического пространства-времени как фона. Классическая геометрия и соответствующие ей в реляционном подходе (унарные) пространственно-временные отношения по своей сути статичны (в них отсутствует идея развития). Идея фона и самостоятельности категории пространства-времени – результат мыслительной деятельности человека, основанной на памяти об уже осуществленных событиях (явлениях), которые разумом продлеваются в будущее. Однако окружающая действительность свидетельствует об ином характере мироустройства, согласно которому будущее разворачивается в каждый новый момент времени. В реляционном подходе отношения являются тем третьим, что связывает два состояния (прошлое и будущее). Реализация данной программы позволит в будущем радикально изменить существующую ныне физическую картину мира, преобразуясь в реляционную.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. – Кн. 2: Три дуалистические парадигмы XX века. – М.: ЛЕНАНД, 2017.
2. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. – Кн. 3: Реляционные основания искомой парадигмы. – М.: ЛЕНАНД, 2018.
3. *Владимиров Ю.С.* Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий. – Ч. 1. – М.: Изд-во МГУ, 1987.
4. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. 1: Теория систем отношений. – М.: Изд-во МГУ, 1996.

5. *Владимиров Ю.С.* Реляционные основания искомой парадигмы // *Метафизика*. – 2018. – № 1. – С. 8–15.
6. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. – Ч. 1: Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2012.
7. *Калуца Т.* К проблеме единства физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. – М.: Мир, 1979. – С. 529–534.
8. *Корухов В.В., Шарытов О.В.* Структура пространства-времени и проблема физического вакуума: состояние и перспективы // *Философия науки*. – 2006. – № 1 (28). – С. 20–36.
9. *Симанов А.Л., Сторожук А.Ю.* Общая теория относительности: история и современные проблемы. Часть III // *Философия науки*. – 2010. – № 4 (47). – С. 100–110.
10. *Соловьев А.В.* Проблемы описания физических взаимодействий в реляционной парадигме // *Метафизика*. – 2018. – № 1. – С. 16–23.

SPATIAL-TEMPORAL PROBLEMS IN RELATIONAL WORLD UNDERSTANDING

O.E. Kadееva

Far Eastern Federal University

The article discusses the role of the relational paradigm in shaping the understanding of space-time. The significant characteristics of the space-time relationship for the formation of a modern scientific picture of the world are revealed. It is substantiated that the understanding of the properties of space and time in the history of science played a decisive role in the development of fundamental theoretical ideas about physical reality.

Keywords: space time, events, relations, binary geometrophysics, relational outlook.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРИНЦИПЕ МАХА

Ю.С. Владимиров, Д.А. Терещенко

*Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Институт гравитации и космологии РУДН*

Выделены и охарактеризованы семь основных этапов развития представлений о принципе Маха: 1) предварительные соображения Г. Лейбница и других мыслителей, 2) формулировка принципа Маха Эйнштейном при создании ОТО, 3) развитие теории мирового поглотителя Р.Фейнманом и Дж. Уилером, 4) работы Ф. Хойла и Дж. Нарликара по обоснованию масс принципом Маха, 5) развитие последовательной реляционной парадигмы на основе теории унарных систем вещественных отношений, 6) обобщение реляционной парадигмы на основе теории бинарных систем отношений, 7) построение реляционно-статистической картины мира в рамках бинарной предгеометрии.

Ключевые слова: принцип Маха, реляционный подход, концепция дальнего действия, мировой поглотитель, теория систем отношений, бинарная предгеометрия.

Введение

Под принципом Маха наиболее часто понимается его определение, данное Эйнштейном, – обусловленность сил инерции тел воздействием на них со стороны всей окружающей материи мира [1]. Однако в работах ряда авторов было продемонстрировано, что закономерности окружающего мира обуславливают и другие локальные свойства как классических систем, так и микросистем. В связи с этим в наших работах [2–4] было предложено более широкое определение принципа Маха: как принципа **обусловленности локальных свойств материальных образований закономерностями и распределением всей материи мира**. В этой работе будем придерживаться именно этого понимания принципа Маха.

Вопросы сущности и проявлений принципа Маха рассматривались на протяжении нескольких веков в работах многих авторов. Обращалось внимание на важность идеи обусловленности локальных свойств от всего окружающего мира. Многие авторы стремились построить конкретную физическую теорию, учитывающую это влияние, причем пытались это сделать в рамках как триалистической (ньютоновской) парадигмы, так и трех дуалистических метафизических парадигм, четко сформулированных уже в XX веке: теоретико-полевой (доминирующей), геометрической и реляционной.

Отметим, что часть реляционных идей Маха была возведена в ранг принципа Маха именно в рамках создания геометрической парадигмы. Долгое время внимание этому принципу уделялось в рамках исследований общей теории относительности и ее обобщений, однако все попытки реализо-

вать идею этого принципа в рамках геометрической парадигмы к успеху не привели.

В данной статье выделены и кратко охарактеризованы семь главных этапов развития представлений о сущности и проявлениях принципа Маха. При этом показано, что этот принцип соответствует идеям именно реляционной парадигмы.

1. Предварительные соображения в русле принципа Маха

К первому этапу отнесем предварительные высказывания об идее воздействия окружающего мира на свойства наблюдаемых систем. Здесь, прежде всего, следует назвать соображения на этот счет Г. Лейбница, Р.И. Бошковича, Э. Маха и ряда других мыслителей прошлого [3].

Так, Г. Лейбниц (1646–1716) в «Монадологии» писал: «Ибо так как все наполнено (что делает всю материю связною) и в наполненном пространстве всякое движение производит некоторое действие на удаленные тела по мере их отдаления. <...> И следовательно, всякое тело чувствует все, что совершается в универсуме, так что тот, кто видит, мог бы в каждом теле прочесть, что совершается повсюду, и даже то, что совершилось или еще совершится, замечая в настоящем то, что удалено по времени и месту: все дышит взаимным согласием, как говорил Гиппократ» [5].

Чуть позже в XVIII столетии близкие соображения высказывал Р.И. Бошкович (1711–1787). В XIX веке в виде понятия «каталитической силы» со стороны окружающего мира эту идею высказывал Й. Я. Берцелиус (1779–1848), затем на эту тему писали В. Э. Вебер (1804–1848), К.Ф. Целльнер (1834–1882) и другие представители немецкой физической школы. Так, Вебер, обсуждая проблемы описания взаимодействий, пришел к важному выводу: «...непосредственное взаимодействие двух электрических масс зависит не только от этих масс, но также от присутствия третьего тела» (цит. по: [6. С. 225]).

Уже на рубеже XIX и XX веков данную идею отстаивал Э. Мах (1838–1916) [7–9], воспитанный на взглядах немецкой физической школы середины XIX века. Мах писал: «Дело именно в том, что природа не начинает с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных частях его. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания» [7]. Отметим, что в работах Маха можно найти не только качественные высказывания, но и некоторые предпосылки к количественному описанию выдвигаемых им идей.

2. Формулировка принципа Маха Эйнштейном

Ко второму этапу развития идеи о влиянии окружающего мира на локальные свойства объектов следует отнести период создания общей теории относительности в первые два десятилетия XX века. Отметим, что идеи Маха сыграли важную роль в создании А. Эйнштейном (1879–1955) общей теории относительности. Более того, сам термин «принцип Маха» был введен Эйнштейном. Так, в 1919 году Эйнштейн в своей статье «Принципиальное содержание общей теории относительности» писал: «Теория, как мне кажется сегодня, покоится на трех основных положениях, которые ни в какой степени не зависят друг от друга. Ниже они будут коротко сформулированы, а в дальнейшем освещены с некоторых сторон.

а) Принцип относительности: законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях; поэтому они находят свое естественное выражение в общековариантных уравнениях.

б) Принцип эквивалентности: инерция и тяжесть тождественны; отсюда и в результате специальной теории относительности неизбежно следует, что симметричный «фундаментальный тензор» определяет метрические свойства пространства, движение тел по инерции в нем, а также и действие гравитации. Описываемое фундаментальным тензором состояние пространства мы будем обозначать как «G-поле».

в) Принцип Маха: G-поле полностью определено массами тел» [1].

Ниже, в примечании, Эйнштейн поясняет третий принцип «Название “принцип Маха” выбрано потому, что этот принцип является обобщением требования Маха, что инерция сводится к взаимодействию тел». Именно это определение принципа, данное самим Эйнштейном, породило наиболее распространенное его понимание многими физиками.

Однако вскоре Эйнштейн осознал, что созданная им общая теория относительности фактически ознаменовала основание новой – геометрической парадигмы, существенно отличающейся от сложившейся к началу XX века триалистической парадигмы. Последняя была основана на трех физических категориях: пространстве-времени, телах (частицах) и полях, описывающих взаимодействия частиц на фоне пространства-времени, тогда как геометрическая парадигма опиралась на две физические категории: искривленное пространство-время (левая часть уравнений Эйнштейна) и материальные тела (правая часть уравнений Эйнштейна).

Принципы, заложенные в основания общей теории относительности, также отличались от реляционных идей Лейбница и Маха. Как писал Эйнштейн: «По мнению Маха, в действительно рациональной теории инертность должна, подобно другим ньютоновским силам, происходить от взаимодействия масс. Это мнение я в принципе считал правильным. Оно неявным образом предполагает, однако, что теория, на которой все основано, должна принадлежать тому же общему типу, как и ньютоновская механика: основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия меж-

ду ними. Между тем не трудно видеть, что такая попытка не вяжется с духом теории поля» [10, с. 268]. Здесь следует уточнить последнюю фразу, – эта попытка не соответствовала духу геометрической парадигмы.

Принципиальная неувязка общей теории относительности с принципом Маха сказалась уже в самом важном решении уравнений Эйнштейна – в метрике Шварцшильда, где источником искривленности пространства-времени является центральная масса, тогда как вдали от нее ничего нет, – на больших расстояниях метрика плоская.

Другая неувязка проявилась при построении космологических решений уравнений Эйнштейна. В частности, для соответствия с принципом Маха Эйнштейн разработал статическую космологическую модель, где замкнутая Вселенная обладала конечным значением массы. Однако вскоре были найдены космологические решения Фридмана с открытыми моделями Вселенной, где принцип Маха уже не реализуется.

Несмотря на то что Эйнштейн отрекся от принципа Маха, эта идея продолжала обсуждаться научной общественностью в течение всего XX века. Предпринимались многочисленные попытки реализации принципа Маха в геометрической парадигме, в частности в трудах Дж. Уилера.

Поскольку глобальные свойства мира (космологию) принято обсуждать в рамках геометрической парадигмы, то именно с этих позиций в XX веке в работах ряда авторов обсуждались удивительные корреляции между микро- и мега-константами, интерпретировавшиеся как проявления принципа Маха.

А. Эддингтон, обсуждая этот вопрос, ввел особое число $N \sim 10^{80}$, характеризующее число барионов во Вселенной. Это число получило название «числа Эддингтона». В его работах был отмечен ряд любопытных корреляций между характеристиками микромира и мегамира, в которых присутствовало число Эддингтона. Например, была записана формула

$$R \sim r N^{1/2},$$

где R – радиус Вселенной, N – число Эддингтона, $r = e^2/mec^2$ – классический радиус электрона.

Г. Вейль в своей статье «Основные черты физического мира. Форма и эволюция» (1949 г.), обратив внимание на то, что отношение сил электромагнитного взаимодействия к гравитационному в атоме выражается через квадратный корень из числа Эддингтона, написал: «Если сказанное принять всерьез, то отсюда следует, что сила притяжения двух частиц зависит от величины общей массы Вселенной! Эта идея является не столь уж странной, какой она кажется на первый взгляд. Э. Мах давным-давно попытался представить инерционную массу тела как результирующую всех масс, находящихся во Вселенной. Теория гравитации Эйнштейна не удовлетворяет постулату Маха, хотя последний исторически и сыграл определенную роль в разработке этой теории. Постулат Маха все еще ждет своей теории (но будет

ли это статистическая теория гравитации, на которую вроде бы указывает квадратный корень в законе?). Итак, единственное, что мы можем пока сказать, – это то, что устройство мира зиждется на двух безразмерных числовых величинах α (постоянная тонкой структуры) и $N^{1/2}$, в тайну которых мы пока не проникли» [12].

П.А.М. Дирак также обращал внимание на удивительную корреляцию числовых характеристик из физики микро- и мега-мира. В своей лекции «Космология и гравитационная постоянная», прочитанной в 1975 году, он также говорил о соотношении гравитационной и электромагнитной сил в атоме, обращал внимание на число Эддингтона. При этом он сказал: «Как и другие безразмерные физические постоянные, это число должно быть объяснено. Можно ли хотя бы надеяться придумать теорию, которая объяснит такое огромное число? Его нельзя разумно построить, например, из 4π и других простых чисел, которыми оперирует математика! Единственная возможность объяснить это число – связать его с возрастом Вселенной» [13].

Интересные соображения о проявлениях принципа Маха и о соотношениях констант приводил в своих работах Г.В. Рязанов (см., например, в [14]).

3. Мировой поглотитель в теории прямого межчастичного взаимодействия Фейнмана–Уилера

К третьему этапу развития представлений о принципе Маха следует отнести его обсуждение в рамках теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия в трудах А. Фоккера, Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Дж. Уилера и ряда других авторов. Этот этап развивался уже в рамках реляционной парадигмы, одним из существенных факторов которой является описание физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия.

В теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера–Фейнмана нет полей-переносчиков взаимодействий как самостоятельных сущностей. Эта теория строится на основе классического действия, в которое входят лишь характеристики взаимодействующих объектов. Уравнения движения частиц находятся с помощью вариационного принципа Фоккера. Общепринятые понятия потенциала и напряженности электромагнитного поля вводятся как производные, вспомогательные понятия. Однако в этой теории теряет смысл понятие электромагнитного потенциала в точках, где отсутствуют заряженные частицы. Это является характерным свойством теории прямого межчастичного взаимодействия.

Как известно, в теории Максвелла (в теоретико-полевой парадигме) существуют как опережающие, так и запаздывающие решения уравнений. В стандартной теории, как правило, опережающие решения устраняются волевым образом. Однако многих исследователей волновал вопрос об обосновании этого волевого приема. Решение этой проблемы было предложено в ра-

боте Дж. Уилера и Р. Фейнмана [15], где в рамках теории прямого электромагнитного взаимодействия было показано, что опережающие воздействия устраняются учетом опережающих воздействий на рассматриваемые системы со стороны материи всего окружающего мира. Более того, ими на этой же основе было дано обоснование возникновения силы тормозного электромагнитного излучения в уравнениях движения заряженных частиц. Эти результаты, несомненно, следует трактовать как проявления принципа Маха.

Отметим, что Фейнман и через много лет после своих классических работ, выполненных совместно с Уилером, продолжал придавать большое значение принципу Маха. В своих «Фейнмановских лекциях по гравитации» он писал: «Мах чувствовал, что концепция абсолютного ускорения относительно “пространства” не имеет глубокого смысла, что вместо этой концепции обычные абсолютные ускорения классической физики должны быть перефразированы как ускорения относительно распределения удаленного вещества. <...> Когда мы рассматриваем это понятие, как фундаментальное предположение или постулат, оно известно как принцип Маха. Возможно, что эта концепция сама по себе может привести к глубоким физическим результатам, многие из которых могут быть получены на том же самом пути, что и принцип относительности» [16].

Дж. Уилер также в своих работах уделял значительное внимание обсуждению принципа Маха. Так, во время посещения физического факультета МГУ в 1971 году он на стене кафедры теоретической физики написал: «Не может быть теории, объясняющей элементарные частицы, которая имеет дело только с частицами». Как следовало из разговора Дж. Уилера с профессором Д.Д. Иваненко, в этой фразе Уилер имел в виду влияние окружающего мира на свойства элементарных частиц, то есть фактически принцип Маха.

4. Работы Ф. Хойла и Дж. Нарликара по обоснованию масс принципом Маха

К четвертому этапу развития идей Маха следует отнести цикл исследований Ф. Хойла и Дж. Нарликара. Так, Нарликар по поводу отказа Эйнштейна от принципа Маха писал: «Ньютоновская концепция инерции и ее измерение в единицах массы были для него неудовлетворительными. Если масса — количество материи в теле, то как понимать ее измерение? Для Маха масса и инерция были не внутренними свойствами тела, а следствиями существования во Вселенной, содержащей другую материю. Для того чтобы измерить массу, необходимо использовать соотношение $F = ma$, то есть измерить силу и поделить ее на производимое ею ускорение. Но 2-й закон Ньютона сам зависит от использования абсолютного пространства, которое теперь идентифицируется с фоновым пространством далекой материи. Таким образом, согласно идее Маха, масса как-то определяется далекой материей» [17].

Для реализации принципа Маха в такой его формулировке Хойл и Нарликар развили специальную теорию [18], названную ими теорией прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, однако ее правильнее было бы назвать специальным вариантом теории прямого межчастичного скалярного взаимодействия на фоне искривленного пространства-времени общей теории относительности. Авторы этой теории пытались вывести значения масс выделенных частиц из вкладов от всех других частиц окружающего мира.

Однако теория Хойла и Нарликара обладала рядом недостатков. Во-первых, следует отметить, что эта теория имела эклектичный характер, – в ней производилось смешение двух физических парадигм: геометрической и реляционной. На ее полевой характер в свое время обращали внимание С. Дезер и Ф. Пиранни [19].

Во-вторых, возникал вопрос о значениях введенных параметров, а именно – вопрос о том, чем они лучше прямого постулирования значений масс. Понимая это, авторы при конкретных вычислениях полагали эти параметры равными единице, но в этом случае возникали новые вопросы типа: чем обусловлено отличие масс различных тел, помещаемых в одну и ту же точку пространства-времени?

В-третьих, эта теория обладала недостатками и других ранее названных теорий прямого межчастичного взаимодействия (электромагнитного и линеаризованного гравитационного), главным из которых являлось использование заранее заданного пространства-времени. При этом не так важно – оно плоское или искривленное.

При обсуждении этой теории в научном сообществе назывались и иные недостатки.

Эти замечания относятся к работам Хойла и Нарликара второй трети XX столетия. Впоследствии Нарликар, продолжая исследования реляционного подхода к мирозданию, пришел к важным выводам. Он писал: «Теперь можно обсуждать всю совокупность явлений квантовой электродинамики без обращения к теории поля. В результате этого устраняется любое возражение против принципа дальнего действия, поскольку он применим к электродинамике. Решающую роль во всем процессе вычислений играет отклик Вселенной. При классических расчетах Вселенная, находящаяся в устойчивом состоянии, порождает «правильный» отклик. <...> В квантовых расчетах также можно показать, что явление, асимметричное во времени, например, спонтанный переход электрона в атоме на более низкий уровень, вызывается откликом Вселенной. В противоположность этому квантование максвелловского электромагнитного поля приписывает эти асимметрии так называемому вакууму и правилам квантования. Поэтому подход, основанный на прямом взаимодействии частиц, позволяет получить для электродинамики тот результат, который Мах пытался получить для инерции. Введя отклик Вселенной в локальный электродинамический эксперимент, мы, по существу, включили принцип Маха в электродинамическую теорию» [17].

5. Принцип Маха в последовательной реляционной парадигме

К пятому этапу развития идей принципа Маха отнесем переформулировку теории прямого межчастичного взаимодействия, осуществленную в наших работах в рамках последовательной (унарной) реляционной парадигмы [2, 3, 20]. Развитие этого направления было связано с осознанием того факта, что концепцию дальнего действия, как и сам принцип Маха, следует рассматривать в комплексе с реляционной трактовкой природы классического пространства-времени. В итоге сложились цельные представления о сущности реляционной парадигмы, основанной на трех неразрывно связанных положениях:

1. Реляционная трактовка природы классического пространства-времени, согласно которой пространство-время не является самостоятельной физической сущностью, а представляет собой абстракцию от отношений между материальными объектами, а точнее, между событиями с участием материальных объектов.

2. Концепция дальнего действия, которая неизбежна в случае отказа от самостоятельного (субстанциального) характера классического пространства-времени. Подчеркнем, что принятое в настоящее время описание физических взаимодействий на основе концепции ближнего действия возможно лишь при постулировании априорного характера классического пространства-времени. Отметим, что теории прямого межчастичного взаимодействия Фейнмана–Уилера [21] и Хойла–Нарликара [18] строились на фоне классического пространства-времени, то есть не являлись последовательными теориями в рамках реляционной парадигмы.

3. Принцип Маха оказывается естественным в рамках именно реляционной парадигмы, поскольку в самое основание развиваемой парадигмы вносятся представления о всеобщей связи между всеми материальными объектами Вселенной.

Для развития последовательной реляционной теории долгое время не хватало должного математического аппарата, основы которого были заложены в работах Ю.И. Кулакова [22] и Г.Г. Михайличенко [23] в конце 60-х годов XX века. Однако они долгое время не привлекали к себе внимания из-за общепринятого построения физики в рамках концепции ближнего действия на фоне готового пространства-времени. Отметим, что в работах группы Кулакова были развиты два варианта теории систем отношений: 1) унарные теории на одном множестве элементов и 2) бинарные теории систем отношений – на двух множествах элементов. Для описания общепринятых геометрий и классической физики достаточно использовать теорию систем отношений на одном множестве элементов.

Реляционный подход к физике позволяет под новым углом зрения взглянуть на содержание теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия Фоккера–Фейнмана. С точки зрения последовательной реляционной теории в действии, под интегралом стоят два вида отношений:

ток-токовые и пространственно-временные. Каждый из этих видов характеризуется своим законом отношений, записываемым в виде равенства нулю определителя из парных отношений между фиксированным числом элементов. Один из них соответствует геометрии Лобачевского, а другой – геометрии Минковского. При этом важную роль играют миноры этих определителей. В частности, использование простейшего диагонального 2×2 -минора из закона пространства Лобачевского позволяет перейти от теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия к прямому межчастичному гравитационному взаимодействию, ранее построенному в работах Я.И. Грановского и А.А. Пантюшина [24].

Более того, данный переход с привлечением принципа Маха (суммирования по всем окружающим зарядам) позволяет устранить важный недостаток всех предшествующих вариантов теории прямого межчастичного взаимодействия. Для получения содержательной теории авторам приходилось вводить наряду с действием взаимодействия так называемые действия свободных движений зарядов, что не вяжется с духом реляционной парадигмы. В последовательной формулировке реляционной теории такие слагаемые получаются автоматически как завуалированные вклады взаимодействия отдельных частиц с частицами всего окружающего мира.

6. Принцип Маха в бинарной предгеометрии

К шестому этапу следует отнести развитие идей Лейбница и Маха на основе бинарной предгеометрии. Это направление исследований нацелено на решение ключевой задачи фундаментальной теоретической физики – на вывод и обоснование представлений классического пространства-времени из системы некоторых, более элементарных представлений физики микромира, вместо того чтобы использовать их в качестве априорного фона во всех физических построениях.

Решение данной проблемы оказалось возможным на основе выполненного в нашей группе обобщения (комплексификации) [2; 3; 20] теории бинарных систем вещественных отношений, ранее предложенной в работах Ю.И. Кулакова и Г.Г. Михайличенко.

Как уже отмечалось, в группе Кулакова–Михайличенко было разработано две разновидности теорий систем отношений – на одном и на двух множествах элементов. Теория систем отношений на одном множестве элементов оказалась нужной для реляционной переформулировки классической физики и геометрии, а для замены классических пространственно-временных понятий в физике микромира оказался подходящим второй вид теории систем отношений – на двух множествах элементов. Поскольку теория систем отношений на двух множествах элементов строится по образу и подобию теории систем отношений на одном множестве элементов, а последняя соответствует переформулировке геометрий, то теорию на двух

множествах элементов естественно было назвать новым видом геометрии, точнее – бинарными геометриями.

Для решения поставленной задачи (построения предгеометрии) требовалось, во-первых, обобщить теорию бинарных систем вещественных отношений Кулакова–Михайличенко на случай комплексных парных отношений, поскольку физика микромира строится на базе комплексных чисел.

Во-вторых, следовало должным образом проинтерпретировать два множества элементов. Было предложено трактовать одно множество элементов описывающим начальные состояния микросистем, а второе множество – конечные состояния микросистем. Тогда комплексные парные отношения между элементами двух противоположных множеств следует воспринимать как прообразы комплексной амплитуды перехода микросистем из начальных в конечные состояния. Таким образом, бинарные геометрии оказались адекватно отображающими суть квантовой теории, особенно ее S-матричной формулировки.

Отметим, что в бинарной геометрии ключевую роль играет закон бинарной системы комплексных отношений (БСКО), который записывается в виде равенства нулю определителя из всех возможных парных отношений между s элементами первого множества и r элементами второго множества. Совокупность чисел (s, r) носит название ранга БСКО. Были найдены все возможные законы БСКО, причем эта теория оказалась проще теории систем отношений на одном множестве. Было показано, что от теорий БСКО путем своеобразной «склейки» элементов двух множеств можно перейти к унарным системам (к общепринятой геометрии), что и представляет решение поставленной задачи. При этом был получен ряд важных результатов.

1. Прежде всего, было показано, что элементы БСКО минимального (невырожденного) ранга $(3,3)$ описываются 2-компонентными спинорами. Это можно рассматривать как теоретическое обоснование спинорности элементарных частиц.

2. Было продемонстрировано, что склейкой элементов двух множеств элементов БСКО осуществляется переход к 4-мерной унарной геометрии (на одном множестве элементов) с сигнатурой $(+ - - -)$. Это означает, что если в основу мира положить БСКО ранга $(3,3)$, то это позволяет теоретически обосновать как размерность, так и сигнатуру классического пространства-времени.

3. Переход к простейшему бинарному многомерию, соответствующий замене БСКО ранга $(3,3)$ на случай БСКО ранга $(4,4)$, открывает путь к введению обобщенных 3-компонентных спиноров, названных финслеровыми. На их основе в бинарной предгеометрии предлагается описывать частицы, участвующие в сильных взаимодействиях.

4. Всё предыдущее относилось к реализации первых двух составляющих реляционного подхода: реляционного прообраза пространства-времени в физике микромира и к описанию физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия. Для реализации третьей составляющей – прин-

ципа Маха – оказались важными, во-первых, соотношения констант микро- и мега-мира, о которых писали Вейль, Эддингтон и другие авторы и, во-вторых, тот факт, что в рамках БСКО ранга (3,3) отношения связанных во-едино частиц характеризуются $O(4)$ -симметрией. Последнее заставляет решать вопрос о физическом смысле совокупности вкладов-точек 3-мерной гиперсферы. Этот вопрос решается уже в рамках 7-го этапа развития представлений о принципе Маха.

7. Принцип Маха в реляционно-статистическом подходе

Наконец, к седьмому этапу развития идей принципа Маха относится построение реляционно-статистической теории, основанной на реализации в рамках реляционной парадигмы идеи о статистической (макроскопической) природе классического пространства-времени и других понятий современной физики. Эти идеи высказывались неоднократно в разные годы второй половины XX века, в частности, Ван Данцигом [25], П.К. Рашевским [26], Е. Циммерманом [27], Р. Пенроузом [28], Б. Грином [29] и рядом других авторов.

Ключевой идеей этого этапа явилась идея о том, что проявления принципа Маха обусловлены вкладами в классические пространственно-временные понятия со стороны испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения [2; 3].

При рассмотрении процессов электромагнитного излучения в рамках последовательного реляционного подхода возникает вопрос, что является носителем унарных и бинарных систем отношений? Поскольку в этой парадигме производится отказ от априорного задания пространственно-временного континуума, то возникает естественный вопрос: где находятся свойства испущенного электромагнитного излучения до его поглощения? В последовательной реляционной парадигме ответом могут служить только отношения между возможными поглотителями этого излучения. Более того, естественно положить, что классические пространственно-временные (и импульсные) понятия обусловлены именно вкладами испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения. Но таковых излучений чрезвычайно много. Именно этим можно объяснить статистическую природу классического пространства-времени, то есть те микрофакторы, о которых писал П. К. Рашевский в своей книге «Риманова геометрия и тензорный анализ»: «Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счете образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц. Но, конечно, подходы к этому вопросу должны носить совсем иной характер, поскольку они должны базироваться на квантовой механике – теории совершенно иного стиля, чем теория относительности» [26].

Применение реляционно-статистического подхода для построения теории атома, не обращаясь к понятиям классического пространства-времени, было осуществлено в нашей работе [30], что позволяет реализовать ожидания Рашевского о статистическом характере классических пространственно-временных понятий. Это осуществляется на основе принципа Маха.

Заключение

Исходя из изложенного, можно сделать вывод о чрезвычайной важности принципа Маха в построении реалистичной картины физического мироздания. В связи с этим приведем высказывание американского физика-теоретика Р. Дикке (1916–1997) из его статьи «Многоликий Мах»: «Итак, мы видели, что у Маха много лиц – почти столько же, сколько было исследователей, рассматривающих принцип Маха. Будучи основан на глубоких философских идеях, этот принцип является интуитивным, и его трудно возвысить (или, если угодно, низвести) до уровня количественной теории. Но то, что самого Эйнштейна к его чрезвычайно изящной теории гравитации привели соображения, вытекающие из этого принципа, говорит о многом. Принцип Маха еще может быть очень полезным для физиков будущего» [31. С. 249]. Изложенное выше свидетельствует о том, что в настоящее время мы близки к разгадке сущности и механизма проявлений принципа Маха, то есть, выражаясь словами Дикке, близки к тому, чтобы его «низвести до уровня количественной теории».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Эйнштейн А.* Принципиальное содержание общей теории относительности // А. Эйнштейн. Собр. научных трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 613-615.
2. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 3: Реляционные основания искомой теории. – М.: ЛЕНАНД, 2018. – 256 с.
3. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 232 с.
4. *Владимиров Ю.С.* Природа пространства и времени: антология идей. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 400 с.
5. *Лейбниц Г.* Сочинения в четырех томах. – Т. 1. – М.: Мысль, 1982. – 636 с.
6. Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах: Физика XIX века: сборник – М.: Наука, 1995.
7. *Мах Э.* Механика: историко-критический очерк ее развития. – Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2000. – 456 с.
8. *Мах Э.* Познание и заблуждение: очерки по психологии исследования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 456 с.
9. *Мах Э.* Принцип сохранения работы. История и корень его. – С.-Петербург: Типография т-ва «Общественная польза», 1909. – 68 с.
10. *Эйнштейн А.* Автобиографические заметки // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 4. – М.: Наука. 1967. – С. 268.
11. *Эддингтон А.* Теория относительности. – М.: КомКнига/URSS, 2007.

12. Вейль Г. Основные черты физического мира. Форма и эволюция // Вейль Г. Избранные труды. Математика. Теоретическая физика. – М.: Наука, 1984. – С. 345–360.
13. Дирак П.А.М. Космологические постоянные // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сборник. – М.: Мир, 1979. – С. 538–539.
14. Рязанов Г.В. Неожиданные следствия из дальнего действия в электродинамике // Сборник тезисов докладов 1-й Ионовской школы-семинара по основам теории физического пространства-времени. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 39–41.
15. Wheeler J.A., Feynman R.Ph. Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Reviews of Modern Physics. – 1945. – Vol. 17. – P. 157–181.
16. Фейнман Р.Ф., Моринго Ф.Б., Вагнер У.Г. Фейнмановские лекции по гравитации. – М.: Янус-К, 2000. – 296 с.
17. Нарликар Дж.В. Инерция и космология в теории относительности Эйнштейна // Астрофизика, кванты и теория относительности: сб. – М.: Мир, 1982. – С. 498–534.
18. Hoyle F., Narlikar J.V. Action at a distance in physics and cosmology. – San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974. – 276 p.
19. Deser S., Pirani F.A. Critique of a new theory of gravitation // Proceedings of the Royal Society. 1965. – Vol. A288. – P. 133–145.
20. Владимиров Ю.С. Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 455 с.
21. Wheeler J.A., Feynman R.Ph. Classical Electrodynamics in Terms of Direct Interparticle Action // Reviews of Modern Physics. – 1949. – V. 21. – P. 425–433.
22. Кулаков Ю.И. О новом виде симметрии, лежащей в основании физических теорий феноменологического типа // Доклады АН СССР. – 1971. – Т. 201. – № 3. – С. 570–572.
23. Михайличенко Г.Г. Математический аппарат теории физических структур. – Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского государственного университета, 1997. – 144 с.
24. Грановский Я.И., Пантюшин А.А. К релятивистской теории тяготения. // Известия АН Каз. ССР. Серия физ.-мат. – 1965. – № 2. – С. 65–69.
25. Dantzig D. Van. On the relation between geometry and physics and concept of space-time // Fünfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel, 1955. Bd. 1. – S. 569.
26. Рашиевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967. – 658 с.
27. Zimmerman E.J. The macroscopic nature of space-time // American Journal of Physics. – 1962. – Vol. 30. – P. 97–105.
28. Пенроуз Р. Структура пространства-времени. – М.: Мир, 1972. – 184 с.
29. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. – М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2017. – 288 с.
30. Владимиров Ю.С., Терещенко Д.А. Реляционно-статистическое обоснование O(4)-симметрии атома водорода // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2016. – № 1 (14). – С. 43–53.
31. Дикке Р. Многоликий Мах // Гравитация и относительность: сборник – М.: Мир, 1965. – С. 221–250.

THE DEVELOPMENT OF IDEAS ABOUT THE MACH PRINCIPLE

Yu.S. Vladimirov, D.A. Tereshchenko

*Physical Faculty of Lomonosov Moscow State University,
Institute of Gravitation and Cosmology, RUDN University*

Seven basic stages of the development of ideas about Mach principle are identified and characterized: 1) preliminary considerations of G. Leibniz and other thinkers, 2) formulation of the principle by Mach Einstein when creating GTR, 3) development of the theory of the global absorber R. Feynman and J. Wheeler, 4) works F. Hoyle and J. Narlickar on the substantiation of masses by Mach principle, 5) development of a consistent relational paradigm based on the theory of unary systems of real relations, 6) generalization of the relational paradigm based on the theory of binary relation systems, 7) construction relational-statistical picture of the world as part of a binary pregeometry.

Keywords: Mach principle, relational approach, long-range concept, global absorber, theory of relationship systems, binary pregeometry.

ПРИНЦИП МАХА КАК МЕТАФИЗИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

В.Д. Захаров

Всероссийский институт научной и технической информации

В рамках реляционной парадигмы фундаментальной физики выявляется метафизический характер принципа Маха. На этой основе предпринимается попытка обоснования всей фундаментальной физики с помощью принципа Маха.

Ключевые слова: фундаментальная физика, реляционная парадигма, метафизика, принцип Маха, инерция.

Два представления о пространстве

В истории физики, начиная с древности и до сих пор, были выдвинуты лишь два представления о физическом пространстве. Одно из них – представление об абсолютном пространстве, когда считается, что физическое пространство само является самостоятельной сущностью (субстанцией). Такого представления придерживались в древности Аристотель и атомисты (Левкипп, Демокрит), а в Новое время – Галилей, Ньютон, Декарт. Расхождение между ними состояло лишь в том, что древние атомисты, а также Галилей и Ньютон считали такое пространство пустым (*вакуумом*), а Аристотель и Декарт – заполненным средой (*плenumом*).

Другое представление о пространстве сейчас называется *реляционным*. В древности оно было представлено пифагорейцами и элеатами (вспомните в особенности Зенона), а в новое время оно возродилось в трудах Г. Лейбница (1646–1716), и Дж. Беркли (1685–1753). Они считали, что в физическом пространстве любое положение относительно, как относительно и любое движение. По Лейбницу, ни у пространства, ни у времени нет самостоятельного существования: «пространство» – это всего лишь разделение тел, а «время» – лишь последовательность событий. Беркли замечал, что движение любого тела можно представить, лишь определив его направление, а последнее в свою очередь имеет смысл лишь относительно какого-нибудь другого тела. Поэтому кроме данного движущегося тела необходимо предполагать наличие еще какого-то другого.

Это весьма ясное выражение принципа относительности. Епископ Беркли развивает его следующим образом [1]: «Пусть имеется две сферы и, кроме них, не существует ничего материального. Тогда никак нельзя представить себе вращение этих двух сфер вокруг их общего центра тяжести. Но допустим, что внезапно создано Небо с неподвижными звездами в нем; тогда мы сразу же сможем представить себе движение сфер, определяя мысленно их положения относительно различных участков Неба».

Относительность ускорений

Эти слова были написаны спустя почти столетие после Галилея. Что они содержат нового по поводу относительности движения? Новым было то, что рассматривалось ускоренное – вращательное движение. Рассматривались системы отсчета, ускоренно движущиеся, такие, в которых механика Галилея–Ньютона утрачивает смысл. Речь шла о некоем обобщении принципа относительности на случай неинерциальных систем отсчета. В словах Беркли содержалось предвосхищение некоторого принципа, называемого *принципом Маха*, который позволял говорить о возможности обобщения понятия относительности. Этот принцип, сформулированный Эрнстом Махом (1838–1916) еще в 1872 г. [2], был использован Эйнштейном в качестве важнейшего эвристического принципа при создании теории тяготения. Именно Эйнштейн назвал этот принцип именем Маха.

Э. Мах обращает внимание на то, что движение даже простейшей механической системы, состоящей из двух взаимодействующих масс, невозможно описать, если отвлечься от остального мира. Влиянием на тела всей остальной Вселенной Мах объясняет появление сил инерции тел – сил, возникающих при переходе в ускоренную систему отсчета (например, той силы, которая заставляет искривляться поверхность воды в ньютоновском вращающемся ведре).

«Когда тело вращается относительно неподвижных звезд, – писал Э. Мах [2], то возникают центробежные силы; если же оно вращается относительно какого-то другого тела, но не вращается относительно неподвижных звезд, то никаких центробежных сил не появляется». Это – идея о том, что вращение тела относительно неподвижных звезд эквивалентно вращению этих звезд вокруг тела. В обоих случаях вращение одинаково, то есть относительно. Э. Мах утверждал, что всякое движение тел относительно, будь это движение поступательное или вращательное.

Ньютон считал ускоренное движение абсолютным: вода в его ведре вращается относительно неподвижного абсолютного пространства – само пространство не может вращаться относительно ведра. Мах трактует тот же ньютоновский опыт с ведром противоположным образом. Вода в ведре вращается не относительно пустого пространства, а относительно всех удаленных масс Вселенной («неподвижных звезд»), и это вращение не абсолютно, а относительно: его можно заменить вращением всей Вселенной относительно ведра, то есть относительно системы отсчета, жестко связанной с вращающимся ведром.

Для Эйнштейна идея Маха явилась вторым основанием (после принципа эквивалентности) для расширения принципа относительности на случай неинерциальных систем отсчета.

Объяснение инерции

Эвристическая ценность принципа Маха для Эйнштейна этим не ограничилась. Проиллюстрируем идею Маха на следующей модели. Представим себе Солнце и падающее на него тело ничтожной в сравнении с ним массы. Система из этих двух тел находится во Вселенной, в которой на больших расстояниях находятся большие количества вещества. С точки зрения Маха, можно высказать два физически равносильных утверждения: 1) данное тело падает на Солнце; 2) тело покоится, а Солнце падает на него.

Если Солнце падает на тело, то можно предположить, что падает (иначе говоря, подвергается ускорению) все вещество – все остальные массы, расположенные во Вселенной на больших расстояниях. Оба утверждения эквивалентны: речь идет лишь о выборе системы отсчета.

Э. Мах предположил, что гравитационная сила, действующая на малое тело в той системе координат, где оно не ускорено и стоит на месте, распадается на две – на гравитационное притяжение со стороны Солнца и на гравитационное воздействие с удаленными звездами, веществом остальной Вселенной. Эту вторую *гравитационную* силу Э. Мах назвал силой *инерции*.

В этой модели существенны два момента. Во-первых, сила инерции считается гравитационной силой: *инерция есть гравитация*. При рассмотрении законов физики в двух системах координат, одна из которых является ускоренной по отношению к другой, та сила, которая в одной системе координат была силой инерции, в другой системе может выступать в качестве силы тяготения. Иначе говоря, силы инерции и гравитационные силы взаимопревращаемы – они являются проявлением одной и той же сущности. Во-вторых, сила инерции порождена гравитационным взаимодействием тела с веществом, находящимся во Вселенной на больших расстояниях. Если это вещество удалить, то, согласно Маху, сила инерции должна исчезнуть. Э. Мах предлагает вариант объяснения природы этой таинственной силы. *Сила инерции любого тела обусловлена его гравитационным взаимодействием со всеми удаленными массами Вселенной* – таково выражение принципа Маха. Еще проще его можно выразить короткой фразой: *материя там определяет инерцию здесь*.

Из принципа Маха уже как вторичный эффект вытекает закон Галилея – независимость ускорения от состава падающего тела. Выбранная специальная система отсчета в данной модели такова, что малое тело в ней покоится. Это значит, что в этой системе отсчета (гравитационной) сила инерции уравновешена непосредственным (гравитационным) притяжением со стороны Солнца. Сумма этих двух сил (результатирующая сила) равна нулю при замене этого тела любым другим. Следовательно, в этой системе отсчета как свинцовый, так и резиновый грузы будут покоиться, а в какой-либо другой системе отсчета они будут иметь одинаковое ускорение.

По Ньютону, сила инерции тела порождается действием на него абсолютного пространства. Э. Мах сформулировал свой Принцип для того, что-

бы показать: инерция порождается не пустым пространством, а массами, со-державшимися в пространстве. Пустое пространство бессодержательно: пространство может обладать только такими свойствами, которые обусловлены наличием в нем материи.

Эйнштейн понял эту мысль Маха. Из нее возникла мысль Эйнштейна о зависимости свойств пространства-времени от распределения и движения материи.

Правда, в окончательной формулировке общей теории относительности (ОТО) выяснилось, что гравитация в общем случае не сводится к инерции. Эффекты гравитации могут быть заменены действием сил инерции не для любых, а только для однородных полей тяготения. Это можно выразить по-другому, сказав, что гравитация эквивалентна инерции лишь в ограниченных (строго говоря, в бесконечно малых) областях пространства.

Согласно ОТО, поверхность воды в ведре Ньютона, вращающемся в совершенно пустом пространстве, принимает вогнутую форму. Казалось бы, это полностью исключает реляционную точку зрения, поскольку свидетельствует об абсолютном ускорении.

Однако вспомним про эффект Лензе–Тирринга, открытый еще в 1918 году. Он означает: подобно тому, как массивные объекты искривляют пространство и время, так и вращающиеся предметы увлекают за собой пространство-время. Этот эффект был впоследствии назван *эффектом увлечения локально-инерциальной системы отсчета*. Так, астероид, свободно падающий на быстро вращающуюся звезду или черную дыру, будет захвачен в воронку вращающегося пространства и начнет двигаться по закрученной траектории. В системе отсчета, связанной с астероидом, он падает «прямо вниз» по координатной сетке. Поскольку пространство закручено, то, с точки зрения удаленного наблюдателя, его падение будет не «прямо вниз», а по искривленной траектории.

Чтобы возвратиться к проявлению принципа Маха в ОТО, рассмотрим эффект увлечения, вызываемого вращающимся массивным телом, но полым внутри. Будет ли пространство-время внутри такой вращающейся сферы захватываться вращательным движением и закручиваться как в водовороте? Ответ утвердительный: «Да!». Причем этот ответ подтвержден строгими решениями уравнений ОТО. Эти расчеты, восходящие еще к Эйнштейну, были существенно продвинуты в 1965 году Д. Бриллом и Дж. Коэном [4] и окончательно завершены в 1985 году Г. Пфистером и К. Брауном [5]. Из их результатов следует, что если ведро с водой, неподвижное по отношению к удаленному наблюдателю, поместить внутрь такой вращающейся сферы, то вращающееся пространство окажет свое воздействие на неподвижную воду, заставив ее приподняться вблизи стенки ведра, из-за чего поверхность воды примет вогнутую форму.

«Этот результат безмерно порадовал бы Маха, – пишет по этому поводу Брайан Грин [6]. – Хотя ему могло бы не понравиться описание в терминах “вращающегося пространства” (поскольку эта фраза подразумевает, что

пространство является некой сущностью), но его чрезвычайно обрадовал бы тот факт, что именно *относительное* вращательное движение между сферой и ведром вызывает изменение формы поверхности воды». Действительно, если масса сферической оболочки достаточно велика, так что оказываемое ею гравитационное воздействие сравнимо с гравитационным воздействием со стороны всей Вселенной, то указанные выше расчеты убеждают нас: не важно, считать ли сферу вращающейся вокруг ведра или ведро вращающимся внутри сферы, результат от этого не изменится. «И поскольку в расчетах используются только уравнения общей теории относительности, – заключает Б. Грин, – то рассмотренный пример явно отражает точку зрения Маха в теории Эйнштейна».

С этим нельзя не согласиться: ОТО демонстрирует примеры проявления принципа Маха. Однако эти примеры, основанные на эффекте увлечения, вызываемого вращением, отражают некий локализованный принцип Маха. Они лишь показали, что достаточно массивная сфера может полностью блокировать влияние пространства за пределами самой сферы. Тем не менее, ОТО расходится с рассуждением Маха, предсказывавшим, что поверхность воды останется плоской, если ведро будет вращаться в совершенно пустом пространстве.

Более того, проявления принципа Маха в ОТО ограничиваются только вращательными эффектами. Между тем принцип общей ковариантности в ОТО допускает не только вращательное, но и поступательное движение и даже состояние покоя. Возьмем, например, гравитационное поле Шварцшильда. Поведение пробных тел в этом поле определяется только силой, исходящей из центрального тела. Где же тут влияние Вселенной?

Еще пример: недавно открытые гравитационные волны. Это – волны самого пространства-времени, существующие в отрыве от породившего их источника и свидетельствующие о том, что пространство-время – это самостоятельная сущность (субстанция). Она существует вне всякой связи с удаленными массами Вселенной.

Как видим, принцип Маха лишь частично (можно сказать, условно) соблюдается в ОТО: в одних гравитационных полях он соблюдается, в других – нет.

Метафизика принципа Маха

Э. Мах, как мы знаем, активно боролся против ньютоновской метафизики. Более того, он выступал против всякой метафизики в науке, будучи по своему мировоззрению позитивистом. Позитивизм отрицает реальное бытие вещей: он утверждает только реальность наших ощущений. Именно Маху принадлежит формулировка основного принципа позитивизма, называемого *принципом наблюдаемости*: реально только то, что наблюдаемо, то есть доступно ощущениям (принцип наблюдаемости был им сформулирован в книге «Познание и заблуждение» [8]).

Действительно, Э. Мах использовал свой Принцип для ниспровержения метафизического абсолютного пространства Ньютона, но мы знаем и то, что разрушение метафизики Ньютона влечет за собой разрушение его физики. Физическая теория не может обойтись без метафизических гипотез, хотя, по мировоззрению ее создателя, эти гипотезы часто скрыты, то есть не формулируются в явном виде. Может быть, и Мах, борясь против метафизики, *неявно* вводил в физику метафизический элемент?

Остается фактом, что в течение всего XX века «принцип Маха» так и не получил единодушного признания со стороны физиков. Эйнштейн подчеркивал гносеологический (философский) характер этого принципа: различные ученые по-разному оценивали его роль и значение в физике в зависимости от их собственных философских воззрений. Так, Вигнер был уверен, что принцип Маха занял прочное место в методологии науки. Другие (например, Дирак) считали, что этот принцип физически непонятен и, следовательно, стоит вне настоящего физического знания.

Не случайно многие ученые (например, Р. Дикке) указывали, что принцип Маха никто однозначно так и не сформулировал «количественным образом», то есть математически. Каждый из исследователей воспринимал принцип Маха в рамках той или иной физической модели, лишь качественно выражая суть этого принципа (одна такая модель была здесь представлена на рисунке). «У Маха много лиц – почти столько же, сколько было исследователей, рассматривавших принцип Маха», – писал Р. Дикке в статье «Многоликий Мах» [3]. Этим принцип Маха напоминает метафизический принцип инерции, который тоже оказалось невозможно сформулировать строго научно. Это неудивительно: источники сил инерции ненаблюдаемы. Если они существуют, то либо находятся на бесконечности (Мах лишь условно называет их «неподвижными звездами»), либо они – «вся Вселенная». И «бесконечность», и «вся Вселенная» – это метафизические, недоступные эмпирическому познанию понятия. Принцип Маха по своему существу – принцип метафизический.

Как ни «изгонял» Мах метафизику в дверь, она вошла через окно. И сейчас принцип Маха может считаться существенным метафизическим основанием фундаментальной физики в ее реляционной парадигме.

Принцип Маха в реляционной парадигме

Оставим геометрическую парадигму пространства и обратимся к другой парадигме – реляционной. Здесь мы увидим полное торжество принципа Маха. Это объясняется тем, что в реляционной парадигме определяющим является *дальнодействие*, а это и есть реализация принципа Маха. В этой концепции принцип Маха означает всеобщую связь тел во Вселенной. Так, например, Ю.С. Владимиров пишет [7]: «В самом широком смысле под принципом Маха следует понимать идею обусловленности локальных свойств частиц закономерностями и распределением всей материи мира, то

есть глобальными свойствами Вселенной». Это вполне вписывается в реляционную парадигму, где дальноедействие понимается как *отсутствие посредника* в передаче взаимодействия.

Концепция дальногодействия (после временного торжества теоретико-полевой парадигмы) возродилась в продолжение немецкой физической школы середины XIX века в трудах ученых XX века, разрабатывавших теорию прямого межчастичного взаимодействия: А.Д. Фоккера, Г. Тетроде, Р. Фейнмана, Ф. Хойла и др.

Наконец, нельзя не отметить влияние идей Э. Маха на формирование квантовой механики, в процессе создания которой пришлось пересмотреть вслед за Махом многие положения классической физики. Это относилось, в частности к открытию Гейзенбергом соотношения неопределенностей, исключившего возможность одновременного измерения координаты и импульса частицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беркли Дж. Трактат о принципах человеческого знания // Беркли Дж. Сочинения. Ин-т философии АН СССР. – М.: Изд-во «Мысль», 1978.
2. Мах Э. Механика // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сборник статей. – М.: Изд-во «Мир», 1979.
3. Дикке Р. Многоликий Мах // Гравитация и относительность (сборник статей). – М.: Изд-во «Мир», 1965.
4. Brill Dieter R., Cohen Jeffrey M. Rotating Masses and Their Effect on Inertial Frames // Phys. Rev. – 1966, 25 March. – № 143. – Issue 4. – P. 1011.
5. Pfister H., Braun K.H. Induction of correct centrifugal force in a rotating mass shell // Classical and Quantum Gravity. – 1985. – Vol. 2 – № 6. – P. 909.
6. Грин Б. Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. – М.: URSS, 2009.
7. Владимиров Ю.С. Между физикой и метафизикой. – Кн. 4: Вслед за Лейбницем и Махом. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
8. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003.

MACH PRINCIPLE AS METAPHYSICAL BASIS OF FUNDAMENTAL PHYSICS

V.D. Zakharov

All-Russian Institute for Scientific and Technical Information

In the scope of the relation paradigm of the fundamental physics the metaphysical character of E. Mach principle is revealed. On this basis the attempts to justify all the fundamental physics on the Mach principle are undertaken.

Keywords: fundamental physics, relation paradigm, metaphysics, Mach principle, inertia.

РЕЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ И ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С «ЗАЩИЩЕННОСТЬЮ ХРОНОЛОГИИ»

В.В. Аристов

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

В данной реляционной статистической концепции строится модель пространства и времени, более общая по сравнению с обычной, что позволяет связать части физической теории, а также конструктивным образом определять необратимое время. Многопараметрическое описание времени (что связано, по сути, с реализацией принципа Маха) дает новые возможности в задании не только времени как течения, но и времени как момента. Это намечает пути к разрешению некоторых известных проблем, в частности «защиты хронологии».

Ключевые слова: пространство и время, реляционная статистическая модель, необратимое время, защищенность хронологии.

Построение моделей времени и пространства на основе реляционного статистического подхода позволит приблизиться к разрешению некоторых современных проблем физики. Можно сказать, что в таком подходе проводится поиск «открытых параметров» (но не скрытых), поскольку пространство и время оказываются многомерными (многопараметрическими) величинами. В ОТО допустимы «возвраты во времени», известны замкнутые временеподобные кривые для определенных классов решений. Но без определения момента времени «возвращение во времени» оказывается формальным понятием. Приходится вводить различные ограничения, дополнительные по отношению к существующему физическому аппарату, чтобы избежать известных парадоксов, связанных с нарушением принципа причинности. Проблематика «защиты хронологии» в терминах С. Хокинга [1] может подразумевать создание обобщенной теории, позволяющей, не выходя за ее рамки, «сохранять историческое время» и получить модель необратимого времени.

Чтобы придать желаемым построениям точный смысл, надо различать два понятия: время как течение и время как момент. При нестрогом обсуждении проблемы времени часто эти две стороны данной категории смешивают. При этом понятие момент (миг) времени используют в некотором «обычном», неточном смысле, соотнося с ним множество разнообразных впечатлений, относящихся к какому-то «неповторимому моменту жизни». То, что эти две стороны, отражающие разные свойства времени, присутствуют при обсуждении проблемы, может быть кратко продемонстрировано на различных способах перевода известных слов «о мгновении» из «Фауста» Гете: “Verweile doch! du bist so schön!” (дословно – «Пребудь же! Ты столь пре-

красно!»). Один из самых вариантов известных: «Остановись, мгновенье, ты прекрасно!», но есть и другой: «Продлись, постой» (Холодковский). Первый вариант отражает представление о «времени-моменте», второй – о бесконечно малом, но все же элементе длительности.

В физике момент времени – это точка на временной оси, а основную роль играют интервалы времени, поскольку в физических уравнениях фигурируют производные по времени, временные сдвиги, что означает фактически неопределенность, произвольность точки отсчета. Таким образом, на кинематический и динамический характер движения влияют только интервалы времени. Более подробное описание по сравнению с традиционным подходом позволяет в реляционной статистической модели конструктивно обсуждать необратимость времени. Для соотнесения традиционного физического времени с временем «историческим», где играют роль не только временные интервалы, но и каждый индивидуальный «исторический момент», необходимо конструктивным образом определить понятие «мгновения». Тогда будет задано время как состояние, что соответствует термодинамической терминологии.

Для того чтобы вводить обобщения, необходимо хотя бы кратко описать свойства вводимого нами реляционного статистического пространства-времени [2]. Можно сказать, что фундаментальными инструментами для измерения мы и создаем те образы пространства и времени, которыми затем оперируем. Поэтому, если мы можем предъявить мысленные приборы (по аналогии с понятием «мысленный эксперимент»), которые удовлетворяют нашим представлениям о пространстве и времени, то мы фактически построим модели пространства и времени, соответствующие стандартным представлениям об этих понятиях. Рассмотрение ведется на масштабах от атомарных до космологических. Согласно Ю.С. Владимирову и его последователям [3; 4], реляционная статистическая концепция должна удовлетворять некоторым требованиям. Разрабатываемая нами концепция реляционная, поскольку время выражается через пространственные отношения, а пространство – через конфигурации масс. Статистичность проявляется в осреднении: определенные суммы воспроизводят закономерности операций фундаментальных приборов – часов и линеек. Дальнодействие в данной модели связано со способом определения одновременности пространственно-разделенных событий. Обобщенный принцип Маха заключается в обнаружимых связях микро- и макроявлений.

Макроскопическое пространство-время (что проявляется в процедурах осреднения по множеству элементов при построении моделей линеек и часов) теряет свои свойства на микромасштабах. Здесь неоднозначность понятия расстояния на дискретной системе пространства ведет к индетерминизму и квантовым эффектам, строится своеобразная неевклидова геометрия. Наличие тела, вносящего массовую пространственную неоднородность, которая опознается в сравнении с однородным распределением масс в эталонной среде на макромасштабах, дает риманову геометрии и определяет грави-

тационные эффекты. В общем случае возможно учитывать взаимоотношения двух «неевклидовых геометрий», что ведет к более обобщенным по сравнению с обычными уравнениям и описывает и квантовые, и гравитационные эффекты. Результаты представлены в [5]. Заметим, что здесь мы опирались на понятие интервала времени.

В традиционной физике говорят в основном о необратимости (или обратимости) процессов. И понятию необратимости времени (стрела времени) пытаются придать смысл, связав это понятие с тем или иным физическим процессом. В реляционной статистической концепции вводится понятие времени, являющегося в некотором смысле суммой всех процессов, происходящих в системе, при этом процесс описывается на языке пространственных перемещений. Вопрос о необратимости («невозвратимости») времени должен быть связан с понятием «момент времени», который может трактоваться как некий пространственный вектор, тогда и приращение времени будет вектором.

Задание «момент времени» подразумевает конструктивное введение реляционного времени как состояния, что аналогично термодинамическим функциям состояния: температуре, давлению, энтропии и т. д. Работа, поток тепла q не являются функциями состояния, можно измерить dq (в строгом смысле это не дифференциал), но нельзя определить q как состояние. Вполне естественная аналогия заключается в том, что можно измерить (по часам) приращение времени dt , которым обычно и интересуется физика. Но в традиционной физике не удается придать смысл t как физическому состоянию, поскольку, как указано, физические уравнения безразличны к точке отсчета на временной оси.

В предположении, что пространство построено, можно определять реляционную статистическую модель времени. Пространственные координаты элементов и их приращения могут быть найдены по идеальным фотографиям. Причем на такой фотографии можно опознать не только положения частиц, но и сдвиги в движении. Действительно, для идеального фотоаппарата с малой, но не нулевой «выдержкой» на фотографии видны следы траекторий частиц, что фактически задает интервалы смещения всех координат. Следовательно, можно определять и момент (мгновение) времени, и приращение времени. В заданной системе отсчета, например, с декартовой системой координат определяются радиусы-векторы частиц по «фотографиям». Тогда точка в конфигурационном пространстве, определяемая через радиус-векторы N частиц в системе, вводит момент времени τ .

Приращение времени определяется бесконечно малыми приращениями координат частиц. Движение «стрелки часов» представляет равномерное, непрерывное и однонаправленное течение времени. Постулируется уравнение для приращения реляционного статистического времени $d\tau$, в котором моделируются свойства времени. Интервал реляционного статистического времени вводится как некое среднее от пространственных перемещений всех частиц системы. Выражение для этого временного интервала (точнее – для

квадрата этой величины) является дисперсией, среднеквадратичным отклонением приращений координат всех частиц от их среднего значения. В таком уравнении связаны инфинитезимальные величины (заметим, что в термодинамике тоже связываются малые приращения величин). Но здесь, по сути, фигурирует и интегральный образ – при осреднении берется сумма по всем элементам. То есть в одном уравнении присутствуют дифференциальная и интегральная величина. Известные физические уравнения, о которых говорилось выше, выводятся из этого соотношения.

Значит, момент времени является в такой модели определенной конструктивной величиной и формализуется как набор радиусов-векторов всех элементов, определяемых по фотографии. Совокупность их образует вектор. Другая фотография содержит другой набор радиусов-векторов и другой обобщенный вектор. Так что момент времени индивидуален. Изменение этих глобальных векторов и задает векторное необратимое время. Действительно, чтобы «время вернулось», надо, чтобы все радиусы-векторы между опытами (фотографиями) (1) и (2) равнялись с противоположными знаками радиусам-векторам между опытами (2) и (3). В таком случае можно будет сказать, что моменты времени (1) и (3) совпали. Если количество частиц (элементов) в системе велико и движение этих частиц неупорядоченно, то совпадение двух моментов маловероятно. Для Метагалактики, где число атомов (нуклонов) равно числу Эддингтона 10^{80} , такое совпадение практически невероятно, поэтому так задаваемое физическое время, апеллирующее к измерениям по обычным часам, является необратимым.

Все же надо договориться о терминах: мы называем время необратимым, поскольку оно демонстрирует принципиальную возможность возвращаться, но из-за статистических свойств точная обратимость маловероятна.

Для малой подсистемы с небольшим количеством элементов можно определить по аналогии внутреннее время системы. Тогда указанное совпадение допустимо, его можно даже «организовать руками», то есть для такого времени необратимость можно продемонстрировать. Для глобальной системы (с выделением в качестве элементов галактик) расширение Вселенной задает вполне объяснимый с данной точки зрения эффект необратимости времени. Действительно, если считать, что расстояния в каждый момент времени между галактиками меняются, то согласно предлагаемой реляционной статистической модели и момент времени будет иным. Последнее совпадает с представлением о стреле времени, связанной именно с расширением (или возможным сжатием) Вселенной.

Такое «векторное необратимое время» требует, конечно, и адекватного скалярного выражения для приращений. На одном интервале (1) – (2) можно использовать выражение для прежде введенного интервала с соответствующим осреднением. Скаляр необратимого времени для двух интервалов (1) – (2) – (3) будет отличаться от прежнего интервала времени, в котором допустима аддитивность, соответствующая обычному сложению интервалов времени: по обычным часам интервалы времени складываются, то есть про-

межуток между моментом (1) и (3) равен сумме промежутков (1) – (2) и (2) – (3).

При этом соотношение между этими двумя скалярными интервалами позволяет подойти к введению аналогов термодинамических величин. Скалярная величина интервала для необратимого времени меньше или равна величине интервала для обычного физического времени, что легко показывается с учетом неравенства Коши–Буняковского. Но и так понятно, что при векторном сложении модуль суммы меньше или равен сумме модулей. Интервал необратимого времени может вообще зануляться.

Следовательно, обратимость классических динамических уравнений обретает в таких терминах новый смысл. Можно использовать необратимое время, интервал которого на интервале (1) – (2) совпадает с обычным. Но обращение времени имеет теперь не формальный, но содержательный характер: процесс (2) – (3) не приведет точно к (1) состоянию. Также и возвращение времени должно носить конструктивный характер, что подразумевает статистическую «защиту хронологии», то есть в рамках одной теоретической модели с большой вероятностью заключаем, что время не может вернуться в ту же историческую точку.

Таким образом, встает вопрос о создании термодинамики времени. Здесь на основе введенных времен задается аналог статистической энтропии, характеризующей рост беспорядка в системе или сохраняющей постоянную величину для равновесного процесса. В самом деле, если определять энтропийное время как относительную разность интервалов времени, моделирующего обычное время, измеряемое по часам, и необратимого времени между моментами (1) – (2) – (3), то получим данное утверждение. Рассматриваемая разность равна нулю, только если все частицы на интервалах (2) – (3) движутся точно так же, как на интервалах (1) – (2). Что соответствует обратимому термодинамическому процессу. Если в момент времени (2) происходят «столкновения» и изменяются траектории некоторых частиц, то приращение такого времени оказывается положительным, что соответствует термодинамическому необратимому процессу. Вводится соответствующую величину энтропии. Тогда теория строится согласно подходу статистической термодинамики [6].

Столь общие физические вопросы подходят близко к важным философским и даже метафизическим проблемам. «Защищенность хронологии» подразумевает и открытость истории, поскольку становится ясным хотя бы на формальном уровне неповторимость исторического момента. Но это же означает и гипотетическую возможность «возвращения времени» и «взаимодействие времен» и, в духе идей русских космистов, приоткрывание далекого пути к созданию космоса времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hawking S.W.* Chronology protection conjecture // *Phys. Rev. D.* 46: 603. – 1992.
2. *Аристов В.В.* Построение реляционной статистической модели пространства-времени и новые физические представления // *Метафизика.* – 2018. – № 1 (27). – С. 66–72.
3. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. – М.: Бином, 2008.
4. *Владимиров Ю.С.* Значение принципа Маха для космологии // *Метафизика.* – 2016. – № 1 (19). – С. 31–45.
5. *Аристов В.В.* Реляционное статистическое пространство-время и единое описание квантовых и гравитационных эффектов // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия.* – 2018. – № 4 (*в печати*).
6. *Куттель Р.* Статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1978.

RELATIONAL-STATISTICAL SPACETIME AND PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE “PROTECTION OF CHRONOLOGY”

V.V. Aristov

Dorodnicyn Computing Center of Russian Academy of Sciences

In this relational statistical concept, more general models of space and time are constructed in comparison with the usual ones. That allows us to connect parts of the physical theory, and also to solve some problems in a constructive way, in particular, to determine irreversible time. The multiparameter description of time, which is connected, in essence, with the implementation of the Mach principle, gives new possibilities in setting not only time as a flow, but also time as a moment. Such an approach, within the framework of the model, can resolve, for example, the problem of the “protection of chronology”.

Keywords: relational statistical spacetime, irreversible time, chronology protection, thermodynamics of time.

ТИПЫ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ И ВАРИАНТЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В.А. Панчелюга, М.С. Панчелюга*

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики
Российской академии наук*

Объектом рассмотрения настоящей работы является понятие элементарного отношения, которое благодаря его крайне общей природе лежит в основе таких чрезвычайно важных понятий современной науки, как число, симметрия, взаимодействие, пространство-время и др. В работе выявлена связь между категориями элементарного отношения, качества и целостности, а также определены принципы, на которых может быть основано построение теории элементарных отношений. Рассмотрен ряд примеров, иллюстрирующих «присутствие» некоторых типов элементарных отношений в различных концепциях, моделях, явлениях окружающей действительности.

Ключевые слова: отношение, элементарное отношение, связь, качество, целостность, система, взаимодействие, полярность, многополярные отношения, принцип компенсации.

Введение

Во всем разнообразии явлений окружающего мира можно выделить три основные группы всего существующего: 1) предметы или вещи; 2) их свойства и отношения; 3) связи между ними [1], обычно рассматриваемые в литературе [1–5] как категории «вещь», «свойство», «отношение». Эти категории «представляют собой важнейшие понятия, позволяющие отобразить динамизм организованного бытия и познание материального мира» [2. С. 3]. Они составляют ядро категориальной системы философской картины, отображающей динамику самоорганизации бытия реального мира и логику его познания [3].

Любое знание, какое мы имеем о том или ином фрагменте материального мира, фиксируется в понятиях вещи, свойства и отношения» [2. С. 3]. Эти категории имеют одинаковое значение для любой науки, которая, независимо от того каков ее предмет, изучает вещи, их свойства и отношения [4]. Утверждается, что «можно изучать главным образом вещи, преимущественно отдельные свойства или отношения, но нельзя изучать что-либо иное, кроме вещей, свойств и отношений» [4. С. 3].

Троичная структура, характерная для категорий «вещь», «свойство», «отношение» выявлена также в работах, исследующих основания физики. Так, в [6] отмечается, что «чрезвычайно важным фактором метафизического характера является выделенность в редукционистском подходе троичности

* E-mail: victorpanchelyuga@gmail.com

базовых начал (частей целого). В фундаментальной теоретической физике это три физические (метафизические) категории: (П-В) пространство-время, (Ч) частицы (на квантовом уровне – фермионы) и (П) поля переносчиков взаимодействий (бозонов: фотонов, Z-бозонов, глюонов и т.д.)» [6. С. 164]. В [6] также рассматриваются дуалистические парадигмы, в которых физическая картина мира строилась не на трех из названных категорий, а на двух: обобщенной – объединяющей в себе две из вышеназванных и оставшейся [6]. К таким парадигмам относятся теоретико-полевая (Ч + П), геометрическая (П-В + П) и реляционная (П-В + Ч).

Отмечается, что «анализ развития теоретической физики в XX в. свидетельствует об общей тенденции построения единой теории, опирающейся на одну обобщенную категорию, что можно трактовать как поиск теории, соответствующей монистической парадигме» [6. С. 166–167]. Автор [6–10], Ю.С. Владимиров, считает, что для решения этой задачи наиболее подходит реляционная парадигма.

Базовой категорией реляционной парадигмы являются отношения. Утверждается, что «...вся физика имеет дело не с чем иным, как с различными отношениями между физическими объектами...» [12. С. 7]. Отношение заменяет идею абсолютного пространства и времени у Лейбница и Маха, в геометрии – это метрика, в специальной и общей теориях относительности рассматриваются отношения между парами событий (интервал) и т.д. [6].

В работах [6-12] объектом изучения являются свойства систем отношений – вещественных и комплексных. Когда мы говорим о системе отношений, естественным образом возникает вопрос о составляющих ее элементах, то есть об элементарном отношении или отношениях, которые неразложимы на более простые.

Необходимо отметить, что существующие в настоящее время теории отношений неявно предполагают единственный тип элементарных отношений – бинарные. Говоря о других типах отношений, например тернарных, в действительности говорят об определенных системах бинарных отношений, в данном случае – трех. При этом попытки рассмотрения иных, кроме бинарных, элементарных отношений отсутствуют, как отсутствует и само понятие *элементарного* отношения. В то же время как в инженерной практике, так и в естественнонаучных моделях существуют примеры использования небинарных отношений. В качестве примеров, которые будут подробно рассмотрены в дальнейшем, можно привести системы из трех и шести базовых цветов в цветоведении, лежащие в основе многочисленных инженерных приложений – цветной печати, цветного телевидения, систем записи и отображения видеoinформации. Второй пример – кварковая модель, созданная как основа для систематизации наблюдаемой феноменологии адронов, в которой вводятся цветовые заряды кварков и постулируется, что наблюдаемые адроны – бесцветные частицы. Наличие такого рода примеров небинарных отношений также основывает задачу изучения элементарных отношений.

В работах [12–15] были рассмотрены некоторые аспекты теории элементарных отношений. Настоящая статья является дальнейшим развитием указанных работ и нацелена, в первую очередь, на более детальное рассмотрение некоторых типов элементарных отношений, а также практических примеров, которые могут служить их иллюстрацией. Для полноты изложения кратко напомним основные положения теории элементарных отношений.

Основы теории элементарных отношений

Отношения обычно определяются как множество упорядоченных пар [16]. Такие отношения называются двухместными. Можно рассмотреть трехместное отношение как класс упорядоченных троек, четырехместное – упорядоченных четверок и т.д. [17]. Но в основе таких n -местных (иногда говорят n -арных) отношений, как правило, лежат n бинарных отношений. Существующие теории отношений концентрируют внимание на таких свойствах отношения, как рефлексивность, симметрия, транзитивность и др. Но для нас важно, что каждое такое бинарное отношение характеризуется наличием двух противоположностей.

Дальнейший анализ [12–15] показывает, что данные противоположности имеют диалектический характер и представляют собой «взаимодействие противоположных, взаимоисключающих сторон качества, которые вместе с тем находятся во внутреннем единстве и взаимопроникновении» [18]. Их характерной особенностью является то, что, будучи полярными проявлениями некоторого качества, они в то же время неразрывно связаны, едины, немислимы друг без друга. Подобные противоположности в дальнейшем будем называть *полярными атрибутами* (ПА), а по количеству ПА будем называть такие состояния *двухполярными*.

Рассмотрим два произвольных объекта, имеющих онтологический статус, между которыми существует элементарная связь. Ее наличие означает, что изменения свойств одного из объектов вызывает изменения свойств другого. Подобное изменение, очевидно, возможно только в том случае, когда между ними существует какое-либо взаимодействие. Таким образом, утверждения, что между объектами существует связь и что между ними существует взаимодействие, оказываются синонимичными. В силу этого мы можем рассматривать взаимодействие как онтологический аспект связи.

Вместе с тем понятие «связь» также синонимично понятию «отношение». При этом обычно отмечается, что «...любая связь есть отношение, но не всякое отношение есть связь» [19. С. 286], то есть отношение выступает более общим понятием: оно может характеризовать логический аспект связи, являясь, в силу этого связанным с соответствующим взаимодействием, или быть чисто логическим, характеризуя соотношенность неких мыслимых объектов. В силу наличия онтологического статуса у рассматриваемых нами объектов случай «не всякое отношение есть связь» автоматически исключает

ется из рассмотрения. Суммируя, приходим к выводу, что понятия «отношение» и «взаимодействие», будучи соответственно логическим и онтологическим аспектами связи, являются тесно связанными.

Рассматриваемые нами объекты связаны. Говоря о связи, необходимо отметить, что она возможна только между *различающимися* вещами. Поэтому утверждение о существовании связи влечет за собой вывод о различии объектов. Но, как известно, «Способность вещей, явлений, событий отличаться от всех других вещей, явлений, событий называется качеством» [20. С. 31].

Таким образом, исходя из факта существования рассматриваемых объектов и существования между ними связи, мы можем говорить о составляющих исследуемую систему объектах как о качествах.

Связь между рассматриваемыми нами объектами – элементарная. Требование элементарности связи тождественно требованию отсутствия частей, структуры, другими словами, неделимости объектов. Действительно, предположим, что рассматриваемые объекты имеют структуру, то есть в них можно выделить части. В таком случае связь между объектами может мыслиться как состоящая из связей между частями каждого из них. В этом случае вместо элементарной связи мы будем иметь систему связей. В то же время неделимость – определяющее свойство целостности. Следовательно, об объекте можно говорить как о целостном, только если он является неделимым, атомарным, лишенным частей.

Итак, рассматриваемая нами система состоит из двух связанных целостных объектов, имеющих характер качеств. В силу их целостности и, следовательно, – атомарности связь между рассматриваемыми объектами – элементарная.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что категория *элементарного отношения* неразрывно связана с категориями *качества* и *целостности*. Вместе они образуют понятийное единство, смысловыми проекциями которого являются три названные категории и в силу которого теория элементарных отношений является в то же время теорией качества [20-25] и целостности [26].

Необходимо отметить, что понятие элементарного отношения и связанные с ним понятия качества и целостности являются «доколичественными». Поэтому в настоящей работе рассматривается только качественный аспект теории элементарных отношений, а количественный – теория числовых систем, изоморфных определенным системам элементарных отношений, является предметом дальнейших исследований [13].

Полярные атрибуты

Двухполярное качество

Выше упоминалось о полярных атрибутах двухполярного качества. Необходимо отметить, что природа полярных атрибутов идентична природе

качества. В онтологическом аспекте ПА задают крайние, полярные проявления свойств качества. В логическом аспекте они могут рассматриваться как способ описания данного спектра свойств.

На рис. 1, *а* показан хорошо известный символ инь-ян, являющийся графическим выражением одноименной концепции, занимающей центральное место в философских учениях ряда древнекитайских школ. Способ, с помощью которого изображены ПА (белая и черная части рисунка, помеченные знаками «+» и «-» соответственно) на рис. 1, *а*, удачно подчеркивает следующие важные свойства полярных атрибутов двухполярного качества:

1) полярные атрибуты не являются отдельными сущностями – они есть проявления свойств целого, а поэтому неделимого, бесструктурного объекта – качества;

2) в силу целостной природы качества между его полярными атрибутами не могут существовать отношения. Отношения возможны только между двумя различными качествами.

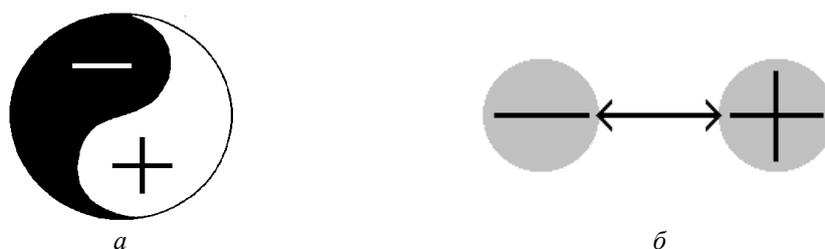


Рис. 1. Графическое изображение полярных атрибутов двухполярного качества.
Пояснения в тексте

Для удобства мы будем представлять полярные атрибуты качества, как это сделано на рис. 1, *б*. При этом для изображения на рис. 1, *б* справедливы все те же замечания, что и для рис. 1, *а*. Например, в случае, показанном на рис. 1, мы можем рассматривать объекты (-) и (+) как заряды электрона и позитрона соответственно.

Трехполярное качество

По аналогии с предыдущим примером мы можем представить полярные атрибуты трехполярного качества, как показано на рис. 2, *а*. Здесь три круга обозначают его полярные атрибуты, а связывающий их треугольник символизирует взаимопереходы между ними и подчеркивает целостный характер рассматриваемого качества.

Интересно отметить, что в культуре Востока существует символ, рис. 2, *б*, принцип построения которого аналогичен принципу построения символа на рис. 1, *а*. Это изображение можно рассматривать как другой способ представления полярных атрибутов 3-полярного качества, удачно подчеркивающий его целостный характер и дающий более отчетливое представление о взаимопереходах между его ПА. Как можно видеть из рис. 2, *б*, относительная обособленность трех его элементов в своем единстве образу-

ет неделимое целое, которое тождественно взаимопереходам между полярными атрибутами трехполярного качества, показанным на рис. 2, *а* в виде черного треугольника.



Рис. 2. Полярные атрибуты трехполярного качества (*а*); другое изображение связи между полярными атрибутами 3-полярного качества, подчеркивающее его целостный характер (*б*); пример суперпозиции трех двухполярных качеств (*в*)

Взаимопереходы между полярными атрибутами 3-полярного качества, показанные на рис. 2, *а* в виде темного треугольника, не нужно путать со случаем системы состоящей из трех двухполярных качеств, показанной на рис. 2, *в*. Тогда как на рис. 2, *а* и рис. 2, *б* показан единичный, целостный, неделимый, бесструктурный объект, то система на рис. 2, *в* имеет структуру и, соответственно, в ней могут быть выделены части или подсистемы.

Примером полярных атрибутов 3-полярного качества могут служить три основных цвета – красный, синий и зеленый в цветоведении. Каждый из ПА на рис. 2 соответствует одному из этих цветов. В зависимости от состояния связи между ними качество «цвет» для внешнего наблюдателя будет проявлять себя как один из цветов цветового спектра.

Шестиполярное качество

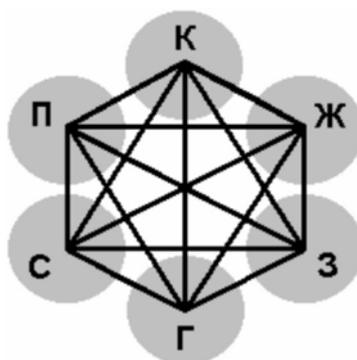


Рис. 3. Полярные атрибуты шестиполярного качества

Третьим примером для иллюстрации понятия полярных атрибутов является взаимосвязь между шестью цветами: красным (К), синим (С), зеленым (З), голубым (Г), желтым (Ж) и пурпурным (П) (рис. 3). Данные цвета дают пример ПА шестиполярного качества. Аналогично трехполярному качеству 6-полярное качество будет проявлять себя как *один* из цветов цвето-

вого спектра. Также для данного качества существует «нейтральное», бесцветное состояние.

Но, в отличие от двух предыдущих примеров, из цветов, являющихся полярными атрибутами б-полярного качества, можно составить не одну, а шесть бесцветных комбинации: {КСЗГЖП}, {КСЗ}, {ЖПП}, {КГ}, {СЖ}, {ЗП}, каждая из которых соответствует одному из циклов полного графа, показанного на рис. 3.

Принципы

Компенсированное состояние (КС)

Для приведенных выше примеров можно заметить общую характерную особенность. В случае двухполярных качеств существует нейтральное состояние, для трехполярного качества – бесцветное. То есть такие состояния, в которых качества «заряд» и «цвет» не проявлены. Для общности назовем подобные состояния компенсированными. *Компенсированное состояние*, мы определяем как такое, в котором отсутствуют любые внешние проявления качества, то есть любые проявления его свойств.

Понятие КС позволяет дать строгое определение введенному выше понятию полярности качества: *полярностью качества называется минимальное число полярных атрибутов, необходимых для достижения компенсированного состояния.*

Важно отметить, что полярность есть именно минимальное количество полярных атрибутов, необходимых для достижения компенсированного состояния. Если число полярных атрибутов меньше полярности качества, то компенсированное состояние не может быть достигнуто.

Так, например, качество «электрический заряд» имеет полярность, равную двум, так как для него КС достигается наличием двух полярных атрибутов: e^+ и e^- . Очевидно, что присутствие только одного из них никогда не даст компенсированного, нейтрального состояния. Во втором примере полярность равна трем и, соответственно, КС достижимо только в случае присутствия трех основных цветов – красного, синего и зеленого. Любые два из них никогда не дадут компенсированное, бесцветное состояние.

Принцип компенсации (ПК)

Можно заметить, что для приведенных примеров существует вторая характерная особенность: будучи предоставленными сами себе, рассмотренные качества стремятся к достижению КС. Так, электрические заряды разного знака стремятся к распределению, наиболее близкому к нейтральному. Для трехполярного качества в качестве примера можно привести уже упоминавшийся во введении принцип, согласно которому в природе реализуются только такие адроны, в которых цветовые заряды составляющих их кварков образуют нейтральное в смысле цветового заряда, то есть бесцветное состояние. Исходя из этого, сформулируем принцип компенсации (ПК): *любое качество стремится к достижению компенсированного состояния;*

Данный принцип постулирует, что естественным состоянием любого качества является КС и внутренняя природа качества такова, что оно всегда стремится достичь компенсированного состояния, то есть стремится минимизировать любые свои внешние проявления. Поэтому если мы допустим существование невозмущающего наблюдателя и полностью изолированного, единичного качества, то наблюдатель не обнаружит никаких внешних признаков его существования.

Очевидно, что ПК позволяет ввести принцип взаимодействия в его наиболее общем виде. Для этого рассмотрим понятие поляризации.

Поляризация

Изолированное качество, согласно ПК, находится в КС. Введем понятие поляризации: *поляризацией называется любой процесс, выводящий качество из компенсированного состояния.*

Понятие поляризации дает возможность говорить о компенсированном состоянии как о состоянии с нулевой поляризацией. Поэтому ПК может быть переформулирован следующим образом: *любое качество стремится к состоянию с нулевой поляризацией.*

Согласно ПК, поляризация изолированного качества всегда равна нулю. Для ее возникновения должно нарушиться состояние изолированности. То есть поляризация качества всегда вызывается его окружением.

Поляризованное качество, согласно ПК, стремится вернуться в состояние с нулевой поляризацией. По отношению к вызывающему поляризацию окружению это тождественно возникновению сил, стремящихся скомпенсировать внешнее поляризующее воздействие. Таким образом, нарушение КС приводит к возникновению силового взаимодействия. Отсюда следует важный вывод: КС качества связано с концепцией взаимодействия. При этом понятие КС является первичным по отношению к понятию взаимодействия: тип взаимодействия будет зависеть от типа компенсированного состояния.

Предположим, что в качестве поляризующего окружения выступает другое качество. Тогда условием их взаимной поляризации должно быть наличие одинаковых КС у каждого из качеств. По этой причине, например, двухполярное качество не может быть поляризовано при помощи трехполярного в силу различия их КС.

Спектр компенсированных состояний (СКС). Взаимодействие качеств

На рис. 3 был рассмотрен пример 6-полярного качества, для которого существуют шесть компенсированных состояний различной полярности: одно 6-полярное: {КСЗГЖП}, два 3-полярных: {КСЗ}, {ЖГП} и три 2-полярных: {КГ}, {СЖ}, {ЗП}. Будем говорить, что КС: {КСЗГЖП}, {КСЗ}, {ЖГП}, {КГ}, {СЖ}, {ЗП} дают спектр компенсированных состояний 6-полярного качества.

Замечательной особенностью СКС 6-полярного качества является то, что все вместе они образуют полный граф (рис. 3). При этом каждому КС соответствует один непересекающийся цикл полного графа.

Рассматривая изображения полярных атрибутов качества, приведенных на рис. 1, б и рис. 2, а, мы должны заключить, что, как и рис. 3, они также являются полными графами. На самом деле это обстоятельство служит выражению идеи целостной природы качества, так же как и изображения типа тех, которые показаны на рис. 1, а и рис. 2, б.

Действительно, как уже отмечалось, полярные атрибуты не являются отдельными сущностями. Они есть крайние, а потому отличающиеся, несовместимые друг с другом, проявления свойств качества – целостного, неделимого объекта. Так как эти проявления различные, в логическом отношении мы можем рассматривать полярные атрибуты как отдельные. В то же время, в силу целостной природы качества, каждый из его полярных атрибутов должен быть связан со всеми остальными. Это требование соотнесенности каждого из ПА со всеми остальными приводит к тому, что взаимопереходы между ними могут быть представлены как аналог полного графа, вершинами которого являются полярные атрибуты качества. Будем называть его *графом полярных атрибутов* (ГПА).

Вместе с тем линии, соединяющие вершины показанных на рис. 1 б, рис. 2, а и рис. 3 графов, нельзя рассматривать как его ребра. Так, например, связь между полярными атрибутами 3-полярного качества, показанная на рис. 2, а, это не три различных ребра, соединяющих три вершины (допуская подобное предположение, мы неизбежно приходим к случаю показанному на рис. 2, в, то есть происходит подмена 3-полярного качества системой из трех 2-полярных качеств), а единый замкнутый цикл. Целостность качества требует, чтобы взаимосвязи между его полярными атрибутами выражались через соответствующие КС циклы. Для случая двух полярных атрибутов, показанных на рис. 1, б, цикл вырождается в линию.

Как можно видеть из рис. 1, б и рис. 2, а, графы полярных атрибутов 2-полярного и 3-полярного качеств состоят из одного цикла. Очевидно, что эти циклы также соответствуют компенсированным состояниям рассматриваемых качеств, так как включают в себя полный набор их полярных атрибутов.

Итак, граф полярных атрибутов качества состоит из набора замкнутых циклов, соответствующих спектру его компенсированных состояний. Согласно ПК, КС тесно связано с понятием взаимодействия и, следовательно, взаимосвязи между качествами. Последнее, как уже отмечалось, ведет к понятию элементарного отношения. Следовательно, СКС качества определяет и спектр возможных для него типов элементарных отношений.

Двух- и трехполярные качества имеют одно компенсированное состояние, в то время как для качеств с полярностью больше трех число компенсированных состояний всегда не меньше двух.

Изучение СКС двух качеств позволяет исследовать вопрос о возможности и типах взаимодействий между ними. Взаимодействие между двумя качествами возможно только в том случае, когда в СКС данных качеств есть совпадающие компенсированные состояния. По этой причине, например,

невозможна поляризация двухполярного качества трехполярным. Речь идет именно о принципиальной невозможности такого взаимодействия: какой бы чувствительностью ни обладал двухполярный прибор, он никогда не сможет зарегистрировать трехполярную динамику. Но 3-полярное качество может поляризовать 6-полярное, так как в СКС последнего есть 3-полярные КС. В свою очередь, целостная динамика 6-полярного качества при наличии в СКС последнего 2-полярных КС способна поляризовать 2-полярное качество. Таким образом, благодаря возможности косвенной поляризации через 6-полярное качество мы в принципе можем обнаружить проявление 3-полярной динамики при помощи 2-полярного прибора.

Спектры компенсированных состояний некоторых качеств

Ниже рассмотрены примеры СКС некоторых качеств. Кроме более детального, чем это было сделано ранее, рассмотрения СКС данных качеств, здесь будут рассмотрены также некоторые дополнительные примеры, иллюстрирующие как сформулированные выше положения, так и «присутствие» различных типов элементарных отношений (качеств различной полярности) в различных концепциях, моделях, явлениях окружающей действительности.

Однополярное качество

Данное качество можно представить, как показано на рис. 4, где схематически представлены два однополярных качества. Так как в данном случае мы имеем только один полярный атрибут, то связь отсутствует. То есть любые взаимодействия с подобным качеством, в силу отсутствия связи, невозможны. А это означает также принципиальную невозможность обнаружения объекта, обладающего подобным качеством.



Рис. 4. Схематическое представление двух однополярных качеств

В силу невозможности связи становится невозможным образование каких-либо структур и любого рода динамические процессы и, следовательно, – какие-либо конструкции пространства и времени.

Не касаясь вопроса о реальности существования подобных качеств, необходимо отметить, что любое качество, как целостная система, в какой-то мере подобно однополярному. Действительно, согласно принципу компенсации, абсолютно изолированное качество стремится к состоянию, в котором сведены к минимуму внешние проявления его полярных атрибутов, а следовательно, и возможность взаимодействия. То есть в случае полной компенсации любое качество будет подобно однополярному с тем отличием,

что однополярное – единственное из качеств, которое не может быть поляризовано.

Двухполярное качество

Граф полярных атрибутов двухполярного качества (см. рис. 1, б) состоит из единственного цикла. Рассматриваемое качество – первое в ряду качеств, позволяющих поляризацию и взаимодействие. Как было отмечено выше, большинство явлений действительности может быть охарактеризовано наличием двух полярных атрибутов, и, следовательно, они являются манифестациями тех или иных двухполярных качеств.

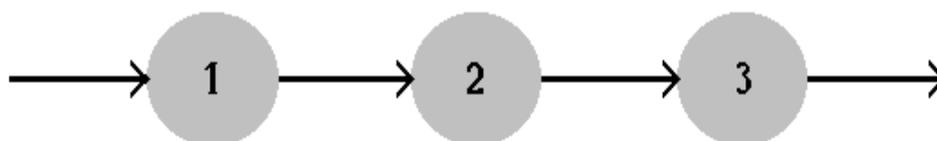


Рис. 5. Динамика двухполярного качества

Если рассмотреть динамику двухполярного качества, то локально, в силу двухполярности связи, единственному начальному состоянию может соответствовать единственное конечное и процесс изменения являет собой последовательную смену состояний $1, 2, \dots, n$, то есть переход от предыдущего состояния 1 к последующему 2, после чего 2 становится предыдущим по отношению к 3 и т.д. (рис. 5). В силу очевидной единственности связи из любого данного состояния качество, в силу его целостности, может перейти лишь в единственное следующее положение, чем определяется *линейность* его изменений. Простым примером динамики двухполярного качества может служить механическое движение материальной точки, которое аналогично процессу на рис. 5: она может двигаться вдоль любой непрерывной линейной траектории только так, что из данного положения может перейти в единственное следующее, то есть переход типа изображенного на рис. 6, когда предыдущее положение связано с двумя последующими, – невозможен.

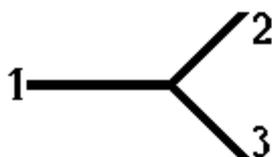


Рис. 6. Пример нелокального перехода $1 \rightarrow (2, 3)$

Важным выводом из вышесказанного является то, что динамика, «развертывание», свойств двухполярного качества неизменно приводит к появлению множества линейных шкал. Например, шкала температуры: «теплый-холодный», вес: «легкий-холодный», количество: «больше-меньше» и т.д. Во всех этих шкалах переход от одного полюса к другому проходит через множество последовательно проходимых промежуточных значений.

Результат любого измерения, как процесса сравнения двух качественно однородных величин, одна из которых имеет эталонное количество, также

выражается при помощи полярной пары «больше-меньше» и является двухполярным, что обуславливает двухполярный характер измерительной базы современного естествознания.

Обычно используемые конструкции пространства и времени, рассматриваемые как способ параметризации некоторой динамики в явном виде, используют для этого четыре линейные шкалы: одну временную и три пространственные. Использование линейных шкал и определяет двухполярный характер конструкций пространства и времени. Вместе с тем двухполярность пространства также следует из уже рассмотренного пространственного движения механической системы – линейности ее траектории. Возможно, справедливо и обратное: сама возможность существования известного нам пространства основана на двухполярности процессов нашего мира. Анализ конструкций времени также приводит к полярности, равной двум. Действительно, рассмотрение времени как параметра в описании динамических процессов основано на использовании некоторого эталонного процесса, по возможности, с постоянной длительностью и подсчета числа периодов этого эталонного процесса в ходе наблюдения изучаемого динамического процесса. Таким образом, время конструируется как переход от предыдущего момента t_1 с числом циклов эталонного процесса n_1 к последующему моменту t_2 с числом циклов n_2 . Полярными состояниями здесь являются моменты t_1 и t_2 . И так же как и раньше, мы не можем перейти от момента времени t_1 к временам t_2 и t_3 «одновременно». То есть время, как и пространство, является линейно упорядоченным двухполярным процессом.

Процедура упорядочения произвольных величин, количеств, как правило основанная на полярной паре «больше-меньше», лежит в основе формирования числового ряда – множества действительных чисел. Расширение понятия числа на гиперкомплексные числовые системы основано на суперпозиции двухполярных действительных числовых осей, что в конечном итоге приводит к числовым системам, которые также двухполярны [13].

В силу сказанного, по нашему мнению, понятия «классический» и «двухполярный» в большинстве случаев могут рассматриваться как синонимы. И когда мы говорим, что с уменьшением размеров объекта мы с определенного момента должны учитывать квантово-механические закономерности, то дело здесь, очевидно, не в размере, а в том, что объекты микромира качественно отличаются от макрообъектов – их существование связано с другими – не двухполярными типами отношений. Если классический, двухполярный объект бесконечно уменьшать в размерах, то это не приведет к появлению у него новых свойств.

Нам доступна для восприятия, измерения, описания, преимущественно та часть действительности, которая двухполярна. Это находит свое выражение, например, в принципе Бора – требовании, чтобы описание квантовой реальности производилось на обычном языке, дополненном терминологией классической физики. Результаты расчетов в математических моделях

должны быть выражены в действительных числах для того, чтобы они могли сравниваться с экспериментом [27].

В заключение нам хотелось бы обратить внимание на важный для нашего рассмотрения факт, что границы человеческого восприятия определяются логической структурой субъект-объектного отношения, через призму которого преломляется восприятие, мышление личности. Так как человек осознает себя как субъект, а все остальное им воспринимается в качестве некоторого совокупного объекта, то субъект-объектное отношение, которое, как известно [28], представляет собой полярную пару, определяет собой глобальную логическую структуру сознания индивида. Так как восприятие любого объекта, мышление о нем осуществляется через призму двухполярного субъект-объектного отношения, то данный факт можно рассматривать как существование некоторого двухполярного фильтра, ограничивающего возможности прямого восприятия только двухполярными качествами.

Двухполярная приборная база современного естествознания, двухполярность математических конструкций и, как следствие, основанных на них математических и физических моделей и, наконец, двухполярность сознания, по крайней мере, той его части, которую обычно называют «обыденным сознанием» в контексте многополярной действительности, наличия в окружающем нас мире недвухполярных отношений, ведет к необходимости рассмотрения понятия двухполярной проекции. Ее суть заключается в том, что любой процесс или явление для того, чтобы быть воспринятыми, измеренными, должны быть «спроецированы» на тот или иной двухполярный процесс, прибор, понятие, логическую конструкцию. Уже упоминавшиеся примеры двухполярной проекции: числовой – всё, что имеет отношение к физической реальности, должно быть выражено в действительных числах, физический – любое измерение является классическим и, следовательно, двухполярным.

Из всего вышесказанного о двухполярном качестве следует его чрезвычайная важность, выделенность, как в окружающей нас действительности, так и во всех аспектах человеческой практики. Но эта выделенность не должна умалять значение других типов отношений, к рассмотрению которых мы переходим.

Четырехполярное качество

Четырехполярное качество – первое в ряду качеств, чей граф полярных атрибутов состоит более чем из одного цикла. Следовательно, в данном случае мы должны говорить о спектре компенсированных состояний. Граф полярных атрибутов 4-полярного качества показан на рис. 7 где греческими и латинскими буквами (α , β , a , b) обозначены его полярные атрибуты. Разложение на непересекающиеся циклы дает: $(aba\beta)$, $(a\alpha)$, $(b\beta)$.

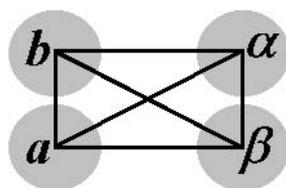


Рис. 7. Спектр компенсированных состояний четырехполярного качества

Как можно видеть из приведенного СКС (см. рис. 7), в отличие от рассмотренных выше примеров 2-полярного и 3-полярного качеств, СКС 4-полярного качества состоит из одного 4-полярного и двух 2-полярных КС. Соответственно этому 4-полярное качество может быть поляризовано двумя типами взаимодействий: 2-полярными и 4-полярным, что и определяет связанные с ним типы элементарных отношений.

Наличие в СКС 4-полярного качества 2-полярных КС также говорит о возможности его приборной регистрации и наблюдения. При этом важно отметить, что двухполярные КС существуют в СКС четырехполярного качества и, в силу целостности последнего, их проявления должны отличаться от проявлений двух 2-полярных качеств, имеющих те же КС. Очевидно, что данные проявления должны быть взаимосогласованы. Тогда как для двухполярного качества динамика – последовательная смена проявлений его полярных атрибутов, то для четырехполярного это должна быть смена последовательных проявлений свойств двухполярных качеств, каждое из которых связано со своей парой полярных атрибутов.

Примером четырехполярного качества может служить электромагнитное поле. В этом случае двухполярным КС соответствуют его электрическая и магнитная компоненты. При этом мы не можем регистрировать электромагнитное поле как таковое, а только его компоненты, то есть двухполярные проекции четырехполярного качества.

Если мы попробуем представить динамику электромагнитного поля аналогично тому, как это было сделано для двухполярного качества (см. рис. 5), то в качестве начального состояния должны взять элементарный излучатель, а в качестве конечного – фронт волны, который согласно принципу Гюйгенса можно представить состоящим из множества элементарных излучателей, которые мы, в свою очередь, можем рассматривать как начальное состояние для следующего положения фронта волны и т.д. То есть, в отличие от двухполярного качества, в рассмотренном случае возможен переход между начальным и конечным состояниями, как это показано на рис. 6. Следовательно, динамика четырехполярного качества нелокальна. Также мы не можем говорить о линейной упорядоченности применительно к динамике четырехполярного качества.

Трехполярное качество

Граф полярных атрибутов трехполярного качества был рассмотрен ранее. Трехполярное и двухполярное качества – единственные, у которых ГПА состоит из одного цикла. Это значит, что прямые попытки его обнаружения будут безрезультатными. В силу невозможности взаимодействия между

двух- и трехполярными качествами также невозможно чувственное восприятие последних.

В силу возможности поляризации для трехполярного качества, очевидно, возможно построение трехполярной динамики и аналогов понятий пространства и времени. Но такой трехполярный мир будет полностью необнаружим и недоступен восприятию сознанием, логика работы которого определяется субъект-объектным отношением.

Пятиполярное качество

Пятиполярное качество первое в ряду качеств, значение полярности которых – простое число, а ГПА состоит более чем из одного цикла. Граф полярных атрибутов пятиполярного качества показан на рис. 8, а. Очевидно, что согласно определению непересекающихся циклов в нем могут быть выделены циклы: $(abcde)$ и $(acebd)$. Данные циклы и соответствующие им КС имеют одинаковую полярность, но отличаются порядком следования полярных атрибутов при обходе цикла.

Выше была проиллюстрирована тесная связь концепции Инь-Ян с двухполярным качеством. Пример подобного рода связи можно привести также для пятиполярного качества. Его ГПА связан с положениями концепции У-Син. Рассмотрим эту связь более подробно.

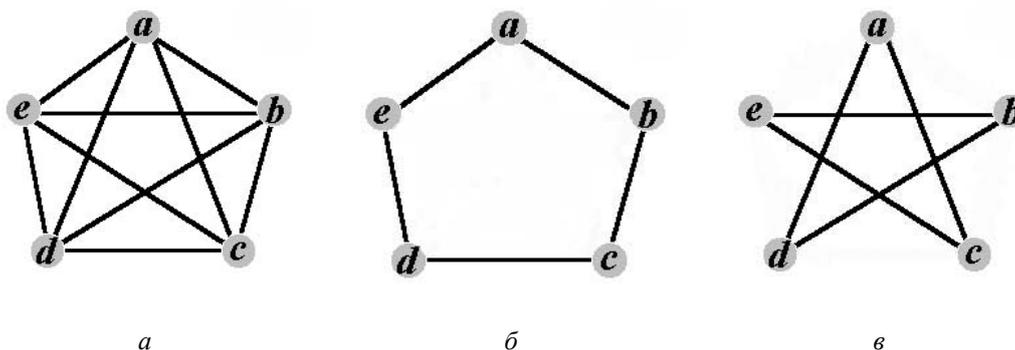


Рис. 8. Граф полярных атрибутов пятиполярного качества (а).

Компенсированные состояния пятиполярного качества: продуктивный цикл (б) и деструктивный цикл (в)

Концепция У-Син характеризуется сложной диалектической связью, выражающейся двумя циклами: продуктивным циклом (рис. 8, б), или кругом жизни, и деструктивным циклом (рис. 8, в), или кругом смерти. Первоэлементы продуктивного цикла связаны между собой следующим образом: дерево (b) рождает огонь (c), огонь рождает землю (d), земля рождает металл (e), металл рождает воду (a), вода рождает дерево, замыкая круг. В деструктивном цикле связь между первоэлементами следующая: дерево (b) побеждает землю (d), земля побеждает воду (a), вода побеждает огонь (c), огонь побеждает металл (e), металл побеждает дерево [18]. Древневосточные врачи применяли концепцию У-Син для анализа жизнедеятельности организма человека и упорядочения сущности многообразных отношений человека и

природы. В настоящее время данное учение наиболее часто применяется во врачебной практике рефлексотерапии.

Как правило, в У-Син принято изображение первоэлементов, так же как это сделано на рис. 8, б, в для полярных атрибутов 5-полярного качества. То есть циклы СКС 5-полярного качества полностью соответствуют циклам У-Син.

Шести- и двенадцатиполярное качества

В заключение мы хотели бы рассмотреть примеры шести- и двенадцатиполярных качеств. Шестиполярное качество было рассмотрено выше. Оно первое в ряду качеств, которые содержат в своих СКС одновременно двух- и трехполярные КС, что, как отмечалось, дает возможность опосредованной регистрации трехполярного качества.

Исходя из набора КС, мы можем заключить, что данное качество может проявлять себя через двух-, трех- и шестиполярные элементарные отношения.

Если попробовать представить динамику шестиполярного качества (в силу наличия трехполярных КС такая попытка очень условна), то это могла бы быть поляризация трехполярного КС, которая согласно принципу компенсации приведет к компенсирующей ее поляризации второго трехполярного КС. Поляризация трехполярных КС будет вести к противоположной по знаку поляризации двухполярных КС. Очевидно, что поляризация трехполярных КС связана со своим типом нелокальности, а поляризация двухполярных КС происходит синхронно в отличие от, например, четырехполярного качества, где двухполярные КС проявляют себя поочередно.

Двенадцатиполярное качество – последнее, которое мы ставим целью рассмотреть в настоящей работе. Оно интересно тем, что, с одной стороны, может быть поляризовано любым из уже рассмотренных двух-, трех-, четырех- и шестиполярных КС, а с другой – может поляризовать любое из них. Данное качество имеет шесть двухполярных компенсированных состояний, четыре трехполярных, три четырехполярных, два шестиполярных и два двенадцатиполярных компенсированных состояния. Следовательно, оно может проявлять себя через двух-, трех-, четырех-, шести- и двенадцатиполярные элементарные отношения.

Очень трудно привести пример двенадцатиполярного качества, который иллюстрировал бы все особенности его СКС. Так как в СКС двенадцатиполярного качества существуют два шестиполярных КС, то на основе этого можно предположить, что известные на сегодня шесть кварков и шесть антикварков могут рассматриваться как полярные атрибуты двенадцатиполярного качества. При этом цветовые заряды кварков формируют двух-, трех-, четырех-, шести- и двенадцатиполярные КС в СКС двенадцатиполярного качества. Если подобное предположение справедливо, то в силу строения СКС двенадцатиполярного качества такой объект должен обладать богатым набором свойств, часть из которых недоступна прямой регистрации.

Аналогично рассмотренной выше связи пятиполярного качества с концепцией У-Син, двенадцатиполярное демонстрирует такое же соответствие своего СКС основным закономерностям в астрологии.

Заключение

В настоящей работе нами введено понятие элементарного отношения, выявлена связь между категориями элементарного отношения, качества и целостности, а также определены принципы, на которых может быть основано построение теории элементарных отношений. Категории качества и целостности, являясь предметом существующих теорий качества [20–25], не выходят за рамки двух полярных атрибутов, подчиненных диалектическому единству противоположностей. В то же время рассмотренные в работе принципы закладывают основы теории качества произвольной полярности, в которой ее двухполярный вариант [20–25] является частным случаем. В силу связанности категорий качества и элементарного отношения список элементарных отношений также не может быть ограничен только бинарными.

Одним из важных аспектов работы является связь ее построений с категорией целостности. Целостность, важность которой не столь очевидна в области физико-математических наук, становится тем важнее, чем ближе мы подходим к области наук о жизни, где создание языка ее формального описания одна из насущных задач. Решение такой задачи упирается в ряд антиномий целостности [26]. «Единоутробность» категорий целостности и элементарного отношения, на наш взгляд, дает надежду в будущем найти подход к такому описанию, так как отношения практически всегда лежат в основе любой формальной системы.

В работе продемонстрирована выделенность двухполярных отношений, их связь с понятием «классический»: двухполярность приборной базы современного естествознания, бинарный характер субъект-объектного отношения, производными которого являются интеллект, знание и в конечном итоге язык, которому, как и любой семиотической системе, присущ бинарный или двухполярный характер.

В то же время из проведенного анализа следует, что существуют только два «истинно фундаментальных» элементарных отношения: двух- и трехполярное, так как только в этих случаях мы имеем ГПА, характеризующийся одним-единственным циклом. В силу выделенности двухполярного отношения можно предположить, что и трехполярное – также выделено и играет некую исключительную роль. Возможно, что роль трехполярного отношения может прояснить логический анализ процессов творчества и феноменов духовного опыта, описанных в практиках различных религий. Результаты такого анализа ведут к заключению, что человеческое сознание потенциально способно выйти за пределы бинарности субъект-объектного отношения в новое не двухполярное качество, логически и онтологически несовместимое с качеством двухполярным. Из проведенного в статье анализа, на наш

взгляд, следует, что таким качеством может быть только трехполярное. В заключение хотелось бы отметить, что роль двух- и трехполярных отношений, возможно, в чем-то синонимична символизму дикирия и трикирия в православии. Трактую расширительно – мир «земной» и «небесный».

Но самой главной задачей настоящей работы нам видится постановка проблемы исследования элементарных отношений и привлечения внимания к факту существования отношений, которые не двухполярны. Осознание их наличия, на наш взгляд, необходимо, может быть, не столько для осмысления того, что не укладывается в привычные рамки двухполярных отношений, сколько для понимания границ их применимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тугаринов В.П.* Избранные сочинения. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988.
2. *Райбекас А.Я.* Вещь, свойство, отношение как философские категории. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1977.
3. *Райбекас А.Я.* Категории вещь, свойство, отношение: историко-философский очерк. – Красноярск: Издательский центр Красноярского госуниверситета, 2000.
4. *Уемов А.И.* Вещи, свойства и отношения. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.
5. *Рыбалко В.К.* Становление диалектической концепции «вещь-свойство-отношение». – Харьков: Основа, 1991.
6. *Владимиров Ю.С.* Реляционные основания физики и метафизика // *Метафизика. Век XXI. Альманах.* – Вып. 2. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. – С. 150–204.
7. *Владимиров Ю.С.* Физика, метафизика, математика // *Метафизика. Век XXI. Альманах.* – Вып. 4: метафизика и математика / под ред. Ю.С. Владимирова. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. – С. 219–239.
8. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 1: Диамату вопреки. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
9. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 2: По пути Клиффорда–Энштейна. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
10. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 3: Геометрическая парадигма: испытание временем. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
11. *Кулаков Ю.И., Владимиров Ю.С., Карнаухов А.В.* Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. – М.: Изд-во «Архимед», 1992.
12. *Панчелюга В.А., Добровольская Л.В.* Основы общесистемной модели качества // *Деп. в ВИНТИ, 28.12.2000, №3302-В00* – 43 с.
13. *Панчелюга В.А.* Генезис числовых систем и общая теория отношений // *Число, время, относительность: труды научной конференции. Москва, 10–13 августа 2004 г.* / ред. Д.Г. Павлов, Г.С. Асанов; МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова. – М., 2004. – С. 76–78.
14. *Панчелюга В.А.* Основы теории элементарных отношений // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике.* – 2009. – № 2 (12). – Т. 6. – С. 176–195.
15. *Панчелюга В.А.* Основания физики и теория элементарных отношений // *Метафизика.* – 2018. – № 1 (27). – С. 86–92.
16. *The Encyclopedia of Philosophy. V. 5.* / ed. Paul Edwards, – N.-Y.: The Macmillan Company & The Free Press, 1967.
17. *Уемов А.И.* Системные аспекты философского знания. – Одесса: Негоциант, 2000.
18. *Философский энциклопедический словарь.* – М.: Советская энциклопедия, 1989.

19. *Овчинников Н.Ф.* Принципы сохранения. – М.: Наука, 1966.
20. *Ахлибинский Б.В., Храленко Н.И.* Теория качества в науке и практике: методологический анализ. – Л.: Изд-во Ленигр. ун-та, 1989.
21. *Кравченко Л.Г.* Проблема качества в философии: историко-методологический очерк. – Минск: Наука и техника, 1971.
22. *Дмитриев Ю.Я.* Категории качества, количества и меры в историко-философском процессе: Генезис, закономерности развития, функции. – М.: Наука, 1995.
23. *Хайдаров И.М., Калачинова Б.Д.* Диалектика развития системности качества. – Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР, 1990.
24. *Саркисян С.Д.* Проблема свойства (терия свойства). – Ереван: Изд-во Ереванского ун-та, 1978.
25. *Гегель Г.В.Ф.* Энциклопедия философских наук. – Т. 1: Наука логики. – М.: Мысль, 1974.
26. *Блауберг И.В.* Проблема целостности и системный подход. – М.: Эдиториал УРСС, 1997.
27. *Бор Н.* Избранные научные труды. – Т. 2. – М.: Наука, 1970.
28. *Лекторский В.А.* Субъект, объект, познание. – М.: Наука, 1980.

ELEMENTARY RELATIONS AND SOME OF THEIR APPLICATIONS

V.A. Panchelyuga, M.S. Panchelyuga*

Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of RAS

The object of this paper is the notion of elementary relation. The notion because of its extremely general nature underlies such the most general concepts of contemporary science as, for example, notion of number, symmetry, interaction, space-time, and so on. The work demonstrates the interconnection between the categories of elementary relation, quality, and wholeness. Also, the basic principles underlying the elementary relations theory are reveals. A number of examples of elementary relations and some of their applications are considered.

Keywords: relation, elementary relation, quality, wholeness, system, interaction, polarity, multipolar relations, principle of compensations.

* E-mail: victorpanchelyuga@gmail.com

СООТНОШЕНИЕ РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ С ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ РЕЛЯЦИОННОГО ПОДХОДА К КОСМОЛОГИИ

А.Б. Молчанов *

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

В статье рассматриваются ключевые этапы развития современной космологии в контексте реляционного подхода. Показывается, что реляционные идеи применительно к космологическим моделям высказывались видными учеными XX века практически на всем пути становления этой науки. Уделяется внимание некоторым теоретическим предсказаниям, которые за давностью лет были забыты, но в настоящее время представляют большой интерес. Наконец, обсуждаются перспективы развития космологии на базе реляционной концепции.

Ключевые слова: Космология, реликтовое излучение, Большой взрыв, темная энергия, реляционный подход.

Введение

Космология ставит своей задачей описание Вселенной как целого. Несмотря на то что представление о Вселенной как о пространстве, заполненном однородно и изотропно распределенной материей, сформировалось еще в XVI –XVII веках, решение этой задачи научными методами стало возможным только после создания общей теории относительности (ОТО). Дело в том, что в рамках механики Ньютона существовал так называемый парадокс Зеелигера, который гласит, что для однородного изотропного распределения вещества ни в одной точке пространства не существует гравитационного потенциала. Это было одним из главных обстоятельств, мешающих корректной постановке космологической задачи. Несовершенство наблюдательных

* E-mail: alexeybm2009@gmail.com

приборов и экспериментальных методов для получения данных о далеких астрономических объектах также было важным обстоятельством, которое было преодолено лишь к началу двадцатого столетия.

В XX веке развитие космологии уместно разделить на два направления. Первое апеллирует к принципу Маха и берет свое начало в пионерской работе Эйнштейна 1917 года, где он представил свою космологическую модель. В последующие десятилетия этот принцип проявлялся явно или неявно в разных космологических теориях, зачастую даже не связанных друг с другом.

Второе направление, напротив, более целостное в плане выработанных моделей восходит к работам Фридмана и Леметра, а в качестве опорной идеи предлагается эволюция Вселенной из начальной сингулярности. В данной статье мы проследим за прогрессом в этих направлениях и убедимся в том, что на протяжении всего XX века возникали ситуации, когда в одном из этих направлений накапливались неразрешенные проблемы и научное сообщество склонялось к выбору другого. Содержание статьи отражает данные этапы, при этом нечетные этапы характеризуют изменения в первом направлении, а четные – во втором.

Описанная ситуация, по всей видимости, имеет место в настоящий момент, поскольку за два последних десятилетия XXI века существенных изменений в космологической картине не произошло, а основные положения стандартной космологической модели Λ CDM (Λ -colddarkmatter), являющейся венцом второго направления, не получили прямого подтверждения наблюдениями. В частности, наличие темной энергии и скрытой массы до сих пор не было подтверждено прямыми экспериментами. Таким образом, фундаментальные проблемы стандартной космологии, связанные с интерпретацией этих сущностей и с согласованием их свойств с квантово-полевыми теориями, существенно подорвали ее статус.

В последние годы активно ведется поиск новых подходов к преодолению этих трудностей. Так, в группе Ю.С. Владимирова развивается реляционный подход к природе пространства-времени и физических взаимодействий, а автор данной статьи применяет эти идеи для описания космологических эффектов.

Основными аспектами реляционной парадигмы являются следующие положения [1. С. 30]:

- 1) реляционное понимание природы пространства-времени (как абстракции от отношений между объектами микромира);
- 2) описание взаимодействий в рамках концепции дальнего действия;
- 3) обусловленность локальных свойств материи глобальными свойствами всего окружающего мира (принцип Маха).

С опорой на эти положения открывается перспектива нового описания космологических эффектов без привлечения ненаблюдаемых видов материи. За последние годы в этом направлении были достигнуты определенные успехи [2; 3]. Все это заставляет вспомнить, что космологические идеи в ду-

хе реляционного подхода высказывались на протяжении всего XX века. Отметим наиболее интересные из них, следуя, где это возможно, хронологии.

Этап I. Статическая Вселенная

Начало современной космологии было положено в статье А. Эйнштейна «Космологические соображения к общей теории относительности», опубликованной 8 февраля 1917 года [4]. Известно, что Эйнштейн, находясь под влиянием взглядов Спинозы, считал, что Вселенная существует вечно. Будучи сторонником идей Э. Маха, в своих ранних работах по ОТО он полагал, что наличие материи необходимо и достаточно для существования инерциальных систем отсчета. По этой причине модель, предложенная Эйнштейном, имела постоянную положительную кривизну, была статической и заполненной неподвижной материей постоянной плотности. Добиться этого удалось, проведя процедуру, аналогичную вычитанию из левой части уравнения Пуассона гравитационного потенциала с некоторым постоянным коэффициентом. В уравнениях ОТО это привело к появлению члена, пропорционального метрике, с постоянной Λ , которая впоследствии была названа космологической и получила статус универсальной константы. Сам Эйнштейн подчеркивал, что эта величина напрямую связана с полной массой вещества в мире: любому локальному изменению массы должно соответствовать изменение космологической постоянной и радиуса мира, что, по сути, есть проявление принципа Маха.

Буквально следом за его работой осенью 1917 года опубликовал статью голландский математик и астроном (хороший знакомый Эйнштейна) Виллем де Ситтер, в которой он предложил собственную космологическую модель на основе частного решения уравнений ОТО [5]. В этой модели принцип Маха явно не соблюдался, поскольку материи не было вовсе. Вклад космологической постоянной и ненулевая кривизна пространства-времени формировали пустой статический мир.

В сравнении с моделью Эйнштейна это решение имело ряд интересных особенностей, которые де Ситтер обозначил в своей работе. Так, пространственные координаты и время в модели были равноправны, в то время как у Эйнштейна время было фактически абсолютным, отделенным от пространства. Это равноправие привело к весьма нетривиальному следствию, вылившемуся в экспериментальное предсказание: при приближении к космологическому горизонту (расстоянию, на котором временная и первая пространственная компоненты метрического тензора меняются ролями) время должно замедляться, а на самой границе и вовсе остановиться. Как было показано в той же статье, подобная ситуация должна приводить к наличию космологического красного смещения, возрастающего с расстоянием, по словам де Ситтера, «вызывая ложные лучевые скорости» [5. С. 26].

К 1917 году уже были получены данные о красном смещении астрономических объектов [6]. Де Ситтер об этом упомянул, однако в то время еще

не было до конца ясно, все ли объекты, для которых были произведены измерения, являются внегалактическими, да и самих данных было мало. Тем не менее модель де Ситтера получила преимущество, что, по свидетельству видных ученых, было холодно воспринято Эйнштейном и стало в его глазах первым камнем, брошенным в огород идей Маха [7].

Однако и модель Эйнштейна могла в свое время обзавестись сильным экспериментальным предсказанием. На один любопытный эффект, который мог бы возникнуть в этой модели, указал немецкий физик-теоретик Герман Вейль. Он рассуждал следующим образом. Свет от звезд в такой замкнутой Вселенной может проходить одну и ту же точку множество раз, это означает, что мы должны были бы наблюдать «призраки прошлого» от каждой звезды. Однако, как пишет Вейль, свет, вероятнее всего, довольно сильно рассеивается, и это приводит к тому, что звезды поглощают столько же света, сколько излучают. Таким образом во Вселенной устанавливается равновесное состояние излучения, эквивалентное излучению абсолютно черного тела [8. С. 370]. Единственное, чего Вейль не сделал, он не оценил температуру этого излучения. Такая оценка была проведена Эддингтоном лишь в 1926 году в совершенно другом контексте [9. С. 371]. Аппроксимировав общее излучение далеких звезд на небесной сфере светом тысячи звезд первой величины, он получил значение «температуры межзвездного пространства», равное 3,18 К. А к середине 1930-х годов эта оценка была уточнена немецкими физиками Эрихом Регенером и Вальтером Нернстом [10]: их результат составил 2,8 К! Тем не менее, поскольку о космическом микроволновом фоне тогда еще не знали, а данные о красных смещениях уже стали интерпретировать в пользу расширяющейся Вселенной (см. далее), развитие теоретической космологии пошло по другому пути, и данный результат, по сути, остался не у дел.

Отметим еще одну интересную идею, которая неявным образом обнаружила связь космологии с принципом Маха [11]. Она была оформлена в ряде работ Вейля по единой теории поля начиная с 1917 года. В то время было распространено мнение, что за стабильность электрона может отвечать гравитационное взаимодействие. Вейль провел сравнительный анализ характерных длин, связанных с электроном, и показал, в частности, что классический радиус электрона превышает его гравитационный радиус примерно в 10^{40} раз, заключив таким образом, что гравитация слишком слаба для обеспечения стабильности. Позже Вейль заметил, что полученное число близко к отношению радиуса мира в моделях Эйнштейна и де Ситтера к классическому радиусу электрона, так что отношение радиуса мира к гравитационному радиусу электрона составляет уже 10^{80} . В этот момент встал вопрос о причине такого совпадения, который лишь обострялся в связи с последующим открытием новых соотношений, дающих «большие числа» порядка 10^{40} или их целые степени.

После оценки отношения массы Вселенной к массе протона $i = 10^{80}$ в работе 1926 года Вейль писал: «Таким образом, мистический числовой

фактор 10^{40} оказывается связанным с этим числом N (которое можно принять как случайное) зависимостью типа \sqrt{N} . Если сказанное принять всерьез, то отсюда следует, что сила притяжения двух частиц зависит от величины общей массы Вселенной! Эта идея является не столь уж странной, какой она кажется на первый взгляд. Э. Мах давным-давно попытался представить инерционную массу тела как результирующую всех масс, находящихся во Вселенной. Теория гравитации Эйнштейна не удовлетворяет постулату Маха, хотя последний исторически и сыграл определенную роль в разработке этой теории. Постулат Маха все еще ждет своей теории (но будет ли это статистическая теория гравитации, на которую вроде бы указывает квадратный корень в законе \sqrt{N} ?)»

Этап II. Расширяющаяся Вселенная

Целый букет новых космологических решений был обнаружен советским математиком и физиком Александром Фридманом в 1922–1924 годах [12; 13]. Ключевой особенностью всех его моделей была нестационарность Вселенной. Более того, цилиндрический мир Эйнштейна и сферический мир де Ситтера проявились как частные случаи. В конце своей статьи 1922 года Фридман писал: «Следует отметить, что в полученных нами формулах «космологическая» величина Λ не определяется, являясь лишней константой задачи; быть может, электродинамические соображения смогут определить эту величину». Фактически этим выводом он не только отмечает принцип Маха, но и предлагает переложить возникшую проблему интерпретации космологической постоянной «в карман» теории, никак не связанной с ОТО (на тот момент). Эйнштейн, которому Фридман направил свою статью, отозвался о ней с резкой критикой, назвав полученные решения ошибочными. Годом позже, признав их формальную истинность, он написал, что эти модели едва ли имеют физический смысл [14. С. 2].

Надежда на статическую Вселенную начала таять и со стороны модели де Ситтера. В 1923 году Артур Эддингтон показал, что космологическое красное смещение в этой модели можно рассматривать как эффект Доплера при выборе определенной системы координат. Он вычислил соотношение между расстоянием и красным смещением, получив в результате, что последнее должно быть квадратичным в главной асимптотике. Эддингтон тогда не знал о работе Фридмана и не старался переводить стрелки на нестационарную Вселенную. Он писал: «Мы можем поэтому рассматривать красное смещение для далеких покоящихся предметов как некоторое «предварение» движения удаления от нас, которое будет осуществлено лишь тогда, когда свет достигнет нас» [15. С. 308].

В том же году Герман Вейль, проанализировав модель де Ситтера, показал, что в ней можно получить красное смещение, представляющее собой тангенс отношения расстояния до объекта к радиусу мира, то есть линейное

в первом приближении [16. С. 405]. Причем Вейль настаивал именно на доплеровской интерпретации.

В 1920–1926 годах американский астроном Эдвин Хаббл, работавший в обсерватории Маунт Вилсон с самым большим на тот момент телескопом, оформил и ввел новый способ определения расстояний до астрономических объектов, которые были слишком далеки для применения метода параллакса [17]. Он предложил использовать зависимость период-светимость для пульсирующих звезд – цефеид. Как только была произведена калибровка нового метода, стало возможным измерять расстояния до внегалактических объектов, для которых уже были известны красные смещения.

В следующем году бельгийский священник, по совместительству физик и астроном, Жорж Леметр опубликовал свою работу по космологии [18]. В ней он, независимо от Фридмана, предложил модель на основе уравнений ОТО, в которой Вселенная расширялась от начального состояния замкнутого мира Эйнштейна. Эта идея была подкреплена последними данными из обсерватории Маунт Вилсон, которую Леметр посещал в том же году. В рамках своей модели Леметр вывел закон для красного смещения, которое оказывалось линейным по расстоянию и было чисто доплеровским. На сольвейской конференции 1927 года Леметр изложил свои взгляды Эйнштейну, и тот, после некоторых технических замечаний и упоминания о работе Фридмана, заключил, что «с физической точки зрения эта идея кажется отвлеченной» [12. С. 4]. Поразительно то, что в своей статье Леметр на основе экспериментальных данных получил численное значение «постоянной Хаббла», то есть коэффициента, связывающего скорость, определенную через красное смещение, с расстоянием до астрономического источника. Однако, поскольку его работа была опубликована в малоизвестном журнале, никто на это внимание не обратил.

Двумя годами позже, в январе 1929-го года, Хаббл опубликовал свою статью, в которой на основе анализа большого числа данных, как из каталогов В. Слайфера, так и из измерений М. Хьюмаса, коллеги Хаббла, было так же показано, что радиальная скорость далеких внегалактических объектов пропорциональна расстоянию и было получено численное значение коэффициента пропорциональности, который оказался порядка 575 либо 600 (км/с)/Мпк (в зависимости от группы данных) [19]. Поскольку Леметр использовал те же данные, хотя и малую их часть, он в свое время получил близкие значения. В своей работе Хаббл по умолчанию придерживался доплеровской интерпретации, вообще нигде не используя термин «красное смещение». Это было довольно странно, поскольку, как утверждает его аспирант, а впоследствии и известный астроном Аллан Сэндидж, Хаббл всегда старался оставить интерпретацию экспериментальных данных компетентным людям [20]. Дело тут в том, что двое физиков-теоретиков из Калтеха Ричард Толмен и Говард Робертсон, следовавшие теории Вейля, уговорили его провести тест на линейную зависимость скорости от расстояния [21]. Поскольку результат оказался утвердительным, работа Хаббла вошла в ис-

торию как первое свидетельство расширения Вселенной, а коэффициент пропорциональности стал носить его имя. Тем не менее, в следующей статье за тот же 1929 год Хаббл писал: «...трудно поверить, что эти скорости реальны; что вся материя рассеивается прочь от области нашего наблюдения. Легче предположить, что световые волны удлиняются, а линии спектров испытывают красное смещение, как если бы объекты удалялись, из-за некоторых свойств пространства или сил, действующих на свет во время его долгого путешествия к Земле» [22].

Буквально месяц спустя американский астрофизик, швейцарец по происхождению, Фриц Цвикки предложил гипотезу о том, что свет при движении от далекого внегалактического объекта может терять энергию, взаимодействуя с частицами, наполняющими межгалактическую среду, и за счет этого приобретает красное смещение, пропорциональное расстоянию [23]. Эта идея впоследствии получила название гипотезы «старения света». Забегая вперед, отметим, что данная гипотеза не стала пользоваться большой популярностью у научного сообщества, поскольку более глубокий анализ практически сразу показал, что она должна приводить к ненаблюдаемым явлениям (рассеяние света от далеких источников, зависимость красного смещения от длины волны и т. д.).

Этап III. Стационарная Вселенная с изменением фундаментальных констант

В январе 1930-го де Ситтер вместе с Эддингтоном публично заявил о непригодности своей модели для описания реальной Вселенной [9]. Вскоре после этого Леметр прислал им свою статью, и те сразу же увидели в ней великое открытие. В течение последующих двух лет в группе Эддингтона велись обсуждения эволюционирующей Вселенной, и он показал, что с этой точки зрения модель Эйнштейна является неустойчивой. Также известно, что в одной из дискуссий Леметр предложил модифицированную модель с расширением не от эйнштейновского радиуса, а из так называемого «первичного атома», указав на связь этой идеи с иудейско-христианскими представлениями о творении мира богом. По свидетельству историков физики, Эддингтон, тогда ответил Леметру, что, может быть, так рассуждать и можно, но «Ваша идея отвратительна» [24]. Как бы то ни было, именно эта модель стала в итоге прототипом «Большого взрыва». К 1931 году Эйнштейн признал нестационарную модель как наиболее вероятную и вместе с де Ситтером опубликовал новую работу, в которой космологическая постоянная отсутствовала, а Вселенная, начиная расширение из начальной точки, переходила к сжатию, которое так же заканчивалось сингулярностью [25]. После этого к космологии Эйнштейн не притрагивался, а в историю вошла его известная фраза о том, что космологическая постоянная была самой большой ошибкой («biggest blunder») в его жизни.

Новая модель Леметра (теперь уже правильнее называть ее моделью Фридмана–Леметра, поскольку Фридман первым получил аналогичное решение) позволяла, опираясь на экспериментально измеренную постоянную Хаббла, оценить возраст Вселенной. И вот тут начались проблемы. Дело в том, что полученная величина составила менее двух миллиардов лет, хотя к тому моменту уже было достоверно известно, что возраст Земли был значительно больше. Эта трудность не разрешалась еще в течение двух десятков лет и стала самой главной причиной, по которой концепция «Большого взрыва» еще долгое время не получала статус общепринятой. На рубеже 1930–1940-х годов развитие космологии стало не таким бурным, каким было в 1920–е годы. Тем не менее, был предложен ряд интересных идей, среди которых нельзя не отметить «гипотезу больших чисел» одного из отцов основателей квантовой механики П.А.М. Дирака [11].

В 1937 году Дирак обратился к обнаруженным Вейлем совпадениям «больших чисел» порядка 10^{40} [26]. К тому моменту накопилось достаточно много таких совпадений. К уже известным добавились отношение кулоновской и гравитационной сил между протоном и электроном, отношение хаббловского радиуса к классическому радиусу электрона, а также квадратный корень из полного числа частиц в наблюдаемой Вселенной и другие комбинации. Основная идея состояла в том, что подобные совпадения не случайны, а эквивалентность таких величин должна следовать из зависимости фундаментальных физических констант от возраста Вселенной. Дирак видел в этом возможную основу для теоретической космологии, и его идея привлекла большой интерес со стороны ученых, который проявляется и по сей день. Однако следует признать, что строгой теории на основе соотношений больших чисел, или же формализма, позволяющего встроить эту гипотезу в существующие теории, так и не было создано, хотя первая серьезная попытка построить такую теорию была предпринята британским физиком и математиком Эдвардом Милном [27].

Космологическая модель, предложенная Милном в рамках его «кинематической теории относительности» в 1948 году, позиционировалась не просто как альтернатива известным космологическим моделям, но как попытка вывести динамические понятия и законы из одной лишь кинематики Вселенной.

Милн рассматривал систему разлетающихся галактик, причем пренебрегал их массами, так что их разлет фактически должен происходить в пространстве-времени Минковского. Однако Милн сразу указывал на то, что структура пространства и шкала времени могут быть введены только наблюдателями, связанными с ядрами галактик. Из соображений простоты наблюдатель должен выбрать евклидово пространство, а шкала времени должна быть установлена так, чтобы воспринимать других эквивалентных наблюдателей движущимися равномерно (кинематическое время). Таким образом, при применении космологического принципа сразу выполняется

закон Хаббла. Далее становится возможным вывести закон динамики для свободной частицы и закон притяжения для двух пробных тел.

Интересно то, что выведенные таким образом законы переходят в классические в «модифицированном» времени, которое связано с кинематической шкалой логарифмическим преобразованием. Таким образом, Милн указал на различие лабораторного и космологического времени. На самом деле идея о различии двух шкал времени высказывалась им в 1935 году, и уже тогда за ней последовала мысль о возможном изменении гравитационной постоянной с космологическим временем. Именно эта идея произвела на Дирака большое впечатление, побудив его к развитию гипотезы больших чисел.

Гипотеза об изменении фундаментальных постоянных требовала также изменения с космологическим временем полного числа частиц во Вселенной. В духе этой идеи в 1948 году тремя британскими физиками-теоретиками Ф. Хойлом, Г. Бонди и Т. Голдом была предложена весьма хитрая модель. Они предположили, что в расширяющейся Вселенной может непрерывно рождаться новая материя, и ввели тем самым «совершенный космологический принцип». Согласно этому принципу наблюдатель должен видеть Вселенную в среднем одинаковой по всем направлениям не только из любой точки в пространстве, но и в любой момент времени. Они назвали свою идею моделью стационарного состояния, поскольку Вселенная должна была в такой ситуации расширяться вечно, не имея ни начала, ни конца во времени, в темпе, характеризуемом постоянной Хаббла. Главной математической особенностью теории было добавление в уравнения Эйнштейна так называемого поля творения, которое обеспечивало непрерывное рождение материи. По расчетам Хойла, оказывалось, что при известной постоянной Хаббла в одном кубометре должна рождаться одна частица примерно раз в 300 000 лет, так что напрямую этот процесс было просто невозможно зафиксировать.

Хойл также сформулировал критерий, по которому можно было отличить Вселенную стационарного состояния от модели «Большого взрыва» (этот термин указал именно он). Во Вселенной, имеющей начало, удаленные звездные скопления должны обладать большей плотностью и иметь, в частности, больше слабых радиоисточников, в то время как в модели Хойла – Бонди – Голда плотность вещества постоянна в любой момент времени. Проверить это удалось лишь на несколько десятилетий позже, так что теория стационарного состояния в свое время привлекла к себе много внимания [28].

Этап IV. Горячая Вселенная

Развитие ядерной физики в 1940-е годы позволило более реалистично взглянуть на состояние Вселенной в моделях, где присутствовало расширение от начальной сингулярности. Вместо гигантского первичного атома

Леметра наш соотечественник – физик-теоретик Я.Б. Зельдович предложил и начал отстаивать идею о том, что ранняя Вселенная состояла из холодных нейтронов. Георгий Гамов противопоставил этой концепции свою модель горячей Вселенной, ранние заготовки которой появились в начале 1940-х гг. Он предположил, что в начальном сверхкомпактном состоянии вещество находилось в термодинамическом равновесии с излучением при колоссальной температуре. К нарушению равновесия должны были приводить ядерные реакции, в результате которых в течение короткого времени образовались все известные химические элементы. В работе 1948 года Гамов более подробно рассмотрел расширение Вселенной из такой горячей плазмы и пришел к выводу, что на некотором этапе температура должна снизиться настолько, что плотность вещества станет меньше плотности излучения, так что последнее продолжит свободно распространяться и будет остывать по мере расширения. Впоследствии это излучение было названо «реликтовым»; термин ввел советский физик И.С. Шкловский.

В последующие годы Гамовым и его учениками Ральфом Алфером и Робертом Херманом были получены оценки температуры реликтового излучения: 5 К (1948), 7 К (1953), 6 К (1958) и 50 К (1961) [10]. Однако, поскольку недооцененный возраст Вселенной оставался основной проблемой в такой модели, результаты Гамова не привлекли особого внимания.

Однако, уже в начале 1950-х годов ситуация в космологии стала меняться, когда немецкий астрофизик Вальтер Бааде обнаружил наличие в галактиках эмиссионных туманностей, которые ранее астрономы, в том числе и Хаббл, принимали за ярчайшие звезды. Кроме того, Бааде внес поправки в зависимость период–светимость для пульсирующих цефеид. Это означало, что необходимо пересмотреть результаты измерений постоянной Хаббла. В 1958 году ученик Хаббла Аллан Сэндидж провел новые измерения расстояний до удаленных галактик и обнаружил, что значения, полученные Хабблом, были преуменьшены в 6–7 раз! По новым оценкам, постоянная Хаббла оказывалась лежащей в пределах от 50 до 100 км/с/Мпк. Такой результат позволил значительно повысить возраст Вселенной – с двух до 15–20 млрд лет.

За последующие десять лет Сэндидж не только уточнил величину константы Хаббла, но и построил новый ярус лестницы расстояний, позволивший выйти на существенно большие масштабы. Основная идея состояла в том, что крупнейшие эллиптические галактики имеют почти одинаковую абсолютную величину блеска и видны с огромных расстояний, поэтому достаточно было измерить расстояния хотя бы до одной-нескольких из них, чтобы выйти на новую шкалу. Это и сделал Сэндидж. К 1968 году значение постоянной Хаббла составило около 75 км/с/Мпк [29].

Следующим ключевым событием в истории современной космологии стало обнаружение космического микроволнового излучения в 1964 году. На самом деле, первое свидетельство его существования было получено еще в 1941 году, когда американский астроном Эндрю Мак-Келлар случайно об-

наружил, что некоторые молекулы CN в межзвездном газе наблюдаются в возбужденном состоянии, энергия которого соответствует температуре около 2,3 К. Тогда этот эффект не получил объяснения. Следующий прецедент произошел в 1955 году, когда в Пулковской обсерватории молодой аспирант Т.А. Шмаонов проводил измерения радиоизлучения из космоса и отметил наличие микроволнового шума, соответствующего температуре 4 ± 3 К.

В начале 1960-х наш соотечественник физик-теоретик Я.Б. Зельдович и принстонский физик Роберт Дикке фактически переоткрыли результаты работ Георгия Гамова и вновь обратили внимание научного сообщества на реликтовое излучение. Тогда, в 1964 году учеными в Принстоне было принято решение о постройке радиоантенны для его поиска. Однако еще до завершения строительства, в 1965 году, им позвонили двое коллег из соседнего Холмдейла, сообщив, что обнаружили «паразитный» СВЧ-шум с температурой около 3,5 К в своей новой рупорно-параболической антенне. Это были два радиоастронома Арно Пензиас и Роберт Вилсон, за которыми впоследствии и закрепилось открытие. В 1978 году за это им была присуждена Нобелевская премия по физике [30. С. 154].

В последующие годы были предсказаны эффекты, которые должны вызывать неоднородности реликтового излучения. Кроме того, академиком А.Д. Сахаровым было предложено объяснение формирования крупномасштабной структуры Вселенной из неоднородностей первичной плазмы эпохи рекомбинации (так называемые «сахаровские осцилляции»).

Тем не менее, к началу 1970-х годов перед космологией того времени встал очередной ряд проблем. В 1972 году Аллан Сэндидж, проводя измерения по уточнению постоянной Хаббла, обратил внимание на одну интересную особенность. Модели Фридмана, в которых предсказывается закон Хаббла, как и любые другие космологические модели в рамках ОТО, применимы для однородного распределения материи, то есть справедливы только на больших масштабах, которые начинаются с расстояний больше 100–200 Мпк. Однако сам Хаббл установил свой закон, опираясь на данные о галактиках, расстояния до которых не превышают 20 Мпк (с учетом коррекции, проведенной на рубеже 1950–1960-х годов). Повторные наблюдения Сэндиджа подтверждали этот факт. Парадокс Хаббла–Сэндиджа остается неразрешенным и по сей день.

К концу 1970-х годов вследствие того, что ранние эпохи Вселенной стали главной темой для изучения физиками-теоретиками, занимавшимися космологией, на передний план вышла проблема начальных значений. Она представляла собой целую группу вопросов о том, какими должны быть параметры физических величин в ранней Вселенной, чтобы ее эволюция привела к миру, который мы наблюдаем.

Оказалось, что в начальном состоянии Вселенная должна была быть в крайне высокой степени однородной и изотропной, что практически невозможно после «взрыва». Более того, вычисления размеров причинно-связанной области в эпоху рекомбинации показали, что эта область была на

несколько порядков меньше, чем охват наблюдений в современную эпоху. Тогда стало непонятно, почему реликтовое излучение имеет одну и ту же температуру по всей небесной сфере. К тому же была не ясна причина возникновения начальных флуктуаций плотности, которые должны были привести к сахаровским осцилляциям реликтового излучения и определить крупномасштабную структуру Вселенной.

Этап V. Космология с модифицированной гравитацией и с принципом Маха

Гипотеза «больших чисел» Дирака дала импульс для развития целого класса теорий, в которых для учета принципа Маха ОТО модифицировалась добавлением дополнительного скалярного поля. Первый вариант тензорно-скалярной теории гравитации был предложен самим Дираком, а самый известный – в 1961 году Брансом и Дике, в котором массы всех тел были пропорциональны скалярному полю, зависящему от координат и времени. Главной причиной, по которой скалярно-тензорные теории были холодно приняты научным сообществом, было нарушение сильного принципа эквивалентности.

Однако был предложен и другой ход для введения в теорию скалярного поля. В 1964 году Фред Хойл совместно с индийским астрофизиком Джайнтом Нарликарсом разработали модель [31], в которой было сразу два скалярных поля в смысле прямых межчастичных взаимодействий: первое («С-поле») вводилось для устранения сингулярностей, а второе, массовое, – для обеспечения выполнимости принципа Маха. Идея состояла в том, чтобы представить действие свободной частицы и, следовательно, ее массу как результат ее прямого межчастичного взаимодействия со всеми частицами окружающего мира. Общей же целью было объединить в одну сущность гравитацию, электромагнетизм и два названных скалярных поля. В полной мере этого добиться не удалось, так что от электромагнитного и «С-поля» было решено отказаться. В итоге получилась теория гравитации, обобщающая ОТО, содержащая в себе принцип Маха и дающая механизм возникновения масс частиц, но, конечно, в существенно макроскопическом случае.

Еще одно направление исследований, открывшееся в 1980-е годы, связано с попытками изменения известных законов динамики в некотором пределе. Дело в том, что в этот период перед астрофизиками остро встал вопрос объяснения наблюдаемых кривых вращения галактик, на который массово стали обращать внимание в ряде работ, хотя сама проблема проявилась еще в конце 1930-х годов в наблюдениях Ф. Цвикки. Научное сообщество последовало по пути, намеченному Цвикки, и общепринятым обоснованием выхода скоростей звезд на плато стало введение ненаблюдаемой темной материи. Альтернативный вариант решения проблемы был предложен в пионерских работах израильского физика М. Милгрота, опубликованных в 1983–1984 годах [32; 33]. Милгром рассмотрел два варианта модифициро-

ванной ньютоновской динамики (MOND): в первом изменении подвергался второй закон Ньютона путем домножения на функцию, отличную от единицы в пределе малых ускорений; во втором варианте соответствующим образом модифицировался закон всемирного тяготения. Примечательно то, что «малая» константа ускорения, введенная в эту теорию, как потом оказалось, близка к обнаруженному в конце XX века ускорению расширения Вселенной.

Этап VI. Теория инфляции и стандартная космологическая модель

Многие из вопросов, касающихся состояния Вселенной до эпохи рекомбинации в модели Большого взрыва, удалось разрешить в рамках так называемой теории инфляции. Первые идеи были выдвинуты в начале 1980-х годов независимо друг от друга нашим соотечественником гравитационистом и космологом А.А. Старобинским и американским физиком-теоретиком Аланом Гутом.

Основа теории инфляции состоит в предположении, что сразу после Большого взрыва в течение очень короткого времени (с 10⁻⁴² до 10⁻³⁶ с) Вселенная расширялась не в степенном, а в экспоненциальном (де-ситтеровском) темпе с постоянной Хаббла, почти на 60 порядков превышающей ее современное значение. Обеспечить такой темп расширения должно гипотетическое скалярное поле, названное «инфлатонным», которое распадается к концу инфляционной стадии, и энергия распада передается веществу и излучению, образуя горячую Вселенную. Таким образом, в рамках данной теории автоматически соблюдаются условия однородности и изотропии, поскольку причинно-связанная область в начале инфляционной эпохи оказывается достаточно большой, а возникновение начальных флуктуаций плотности связывается с флуктуациями самого инфлатонного поля. Забегая вперед, отметим, что с помощью теории инфляции разрешается также проблема плоскостности, поскольку быстрый темп расширения приводит к «разглаживанию» возможных флуктуаций пространственной кривизны [34. С. 233].

В 1983 году в СССР был запущен космический аппарат РЕЛИКТ-1 для исследования свойств реликтового излучения, а в 1989-м с той же целью состоялся запуск американской космической обсерватории COBE (Cosmic Background Explorer). Собранные данные были обработаны к 1992 году с обеих сторон, и в январе этого года российскими учеными было объявлено об открытии анизотропии реликтового излучения на масштабе около 10 градусов. Буквально через три месяца команда COBE обнародовала свои результаты с аналогичным выводом, а также с наиболее точными данными, показывающими, что спектр излучения соответствует абсолютно черному телу. В 2006 году за это была присуждена Нобелевская премия по физике руководителям группы COBE Джорджу Смуту и Джону Мазеру.

Более точные измерения анизотропии были проведены в стратосферных экспериментах MAXIMA и BOOMERanG в 1997–2000 годах. В них удалось измерить угловой размер первого пика сахаровских осцилляций, который оказался порядка одного градуса. С этим результатом стало возможным вычислить кривизну пространственного сечения Вселенной. Оказалось, что она нулевая с точностью до 10%. В соответствии с моделями Фридмана это означало, что плотность вещества во Вселенной должна совпадать с так называемой критической плотностью. Это, однако, не соответствовало наблюдениям: видимого вещества оказалось значительно меньше. Так проблема скрытой массы, возникшая при изучении динамики галактик и их скоплений, перешла на космологию в целом.

К концу 1990-х годов для измерения расстояний в космологии стал массово использоваться новый метод. Были найдены сверхновые определенного типа (Ia), которые имеют одинаковую абсолютную светимость в максимуме блеска и видны с очень больших расстояний. Это позволило построить новый ярус лестницы расстояний и использовать сверхновые Ia в качестве «стандартных свеч».

В 1998–1999 годах две независимые группы американских астрономов – одна, возглавляемая А. Риссом и Б. Шмидтом, другая – под руководством С. Перламуттера, проведя анализ большого числа удаленных сверхновых типа Ia, обнаружили, что эти объекты расположены дальше, чем это предписывает линейный закон Хаббла. Характеристикой нелинейности считается так называемый параметр замедления (раньше считали, что расширение Вселенной, вероятнее всего, замедляется, так происходит в моделях без космологической постоянной), и по результатам измерений он оказался отрицательным. Сразу же был сделан вывод об ускоренном расширении Вселенной, а в 2011 году вышеназванные ученые были удостоены за свое открытие Нобелевской премии [34. С. 68].

После открытия ускоренного расширения и измерения кривизны пространства сложились все условия для того, чтобы из всего многообразия космологических моделей выбрать одну-единственную.

Выбор был сделан в пользу модели с космологической постоянной (Λ) и холодной темной материей (CDM), состоящей, по некоторым предположениям, из слабо взаимодействующих массивных нерелятивистских частиц и компактных слабоизлучающих астрофизических объектов. При этом в качестве интерпретации космологической константы, следуя идеям Глинера, Старобинского и Гута, постулировалась субстанция, названная «темной энергией» (термин введен американским космологом Майклом Тёрнером в 1998 году по аналогии с «темной материей» Фрица Цвикки). После инфляционной стадии эта модель предполагает расширение, которое постепенно замедляется под действием гравитации, а когда плотность материи становится меньше плотности темной энергии, последняя начинает доминировать и вызывать ускоренное расширение, которое будет продолжаться бесконечно долго [34. С. 57]. По последним данным космической обсерватории

«Планк», на долю темной энергии приходится 69,2% всей энергии, на темную материю – 26,2% и на обычную барионную материю – 4,6%.

Несмотря на то что в настоящий момент эта модель является стандартной в космологии, она содержит ряд проблем, которые остаются неразрешенными с момента ее создания. Во-первых, это вопрос космологической постоянной, который сталкивается с серьезной трудностью в квантовой теории поля, где эта величина оказывается больше на 100 с лишним порядков. Во-вторых, проблема точной настройки: если бы начальные параметры теории хоть немного отличались, Вселенная могла бы очень сильно отличаться от той, что мы наблюдаем сейчас. Кроме того, в ней вообще, скорее всего, не возникли бы наблюдатели. Для возможного объяснения этого все большая часть ученых склоняется к антропному принципу. В-третьих, проблема темной материи отчасти также переходит в русло другой, квантово-полевой парадигмы и физики элементарных частиц. Многолетние поиски до сих пор не привели к прямому обнаружению частиц-кандидатов в темную материю и даже установили, что в пределах Солнечной системы этой материи нет. Наконец, наблюдения последних лет свидетельствуют, что значения параметра Хаббла в современную эпоху, определенные по красному смещению и по реликтовому излучению, могут не совпадать: в пределах точности современных измерительных аппаратов эти величины различаются более чем на три сигма.

Этап VII. Реляционный подход к космологии

В 1990-х годах неожиданное развитие, а точнее, неожиданную переформулировку получила модель Э. Милна в работах нашего соотечественника, физика и математика В.Л. Рвачёва. Теория Рвачёва была основана на развитом им неархимедовом исчислении [35]. Он показал, что можно ввести числовое поле с максимальным числом, которое будет изоморфно полю действительных чисел. В новом поле были введены новые (релятивистские) операции сложения и умножения, переопределены элементарные функции, их производные и интегралы. Нетривиальным достижением было применение этого формализма к пересчету больших расстояний в космологии в статье 1994 года: это привело к возникновению эффекта космологического красного смещения во Вселенной с предельным расстоянием. Рвачёв неоднократно подчеркивал соответствие этого результата идеям Милна: модифицированная шкала расстояний была связана с архимедовой шкалой логарифмическим преобразованием, так же как и в теории Милна были связаны две шкалы времени. Следует заметить, что если в модели Милна с модифицированным временем космологическое красное смещение получалось линейным по расстоянию (как в законе Хаббла), то в модели Рвачёва с модифицированными расстояниями этот эффект в главной асимптотике оказывался квадратичным.

Идеи, оформленные Милном и Рвачёвым, оказались созвучны развивающемуся в настоящее время в группе Ю.С. Владимирова реляционному подходу, ключевым аспектом которого является положение о макроскопической природе пространственно-временных понятий. С необходимостью принимаются еще два аспекта: описание взаимодействий в рамках концепции дальнего действия и принцип Маха в самой общей формулировке (как обусловленность локальных свойств объекта глобальными свойствами всего окружающего мира).

Основываясь на этих положениях, становится возможным построить новое описание процессов излучения и поглощения и указать на новую интерпретацию эффекта космологического красного смещения. Так, в нашей работе 2015 года [2] было показано, что плотность энергии наблюдаемого расширения Вселенной в области линейности закона Хаббла (при доплеровской интерпретации) совпадает с плотностью энергии испущенного, но не поглощенного излучения, которое в реляционном подходе ответственно за формирование классических пространственно-временных представлений. В следующей работе [3] было установлено соответствие между результатами Рвачёва и современными наблюдательными данными о параметре замедления: было показано, что формула Рвачёва дает правильное значение параметра замедления при предельном расстоянии, совпадающем с гравитационным радиусом наблюдаемой Вселенной (что также находится в согласии с принципом Маха).

Кроме того, в работах Ю.С. Владимирова и М.Ю. Ромашки было дано реляционное обоснование MOND. Был применен формализм модифицированных координат, позволивший исключить темную материю из законов динамики галактик и их скоплений, сохранив при этом правильную величину эффекта отклонения лучей света, что в обычной теории MOND представляло проблему.

Заключение

К началу XXI века космология открыла перед учеными ряд проблем, которые заставляют обратиться к исследованиям оснований самой физики.

Мы убедились, что на протяжении всей истории современной космологии исследования то в одном, то в другом направлениях давали нетривиальные результаты, позволяющие продвинуть вперед космологию в целом. Начиная со второй половины XX века направление, связанное с эволюцией Вселенной из начальной сингулярности, все же стало восприниматься как магистральное, а теории оппозитного направления были отодвинуты на второй план из-за их разобщенности или недостаточной обоснованности. Тем не менее эти исследования не носили локального характера в истории, а вполне могли бы сложиться в некоторую единую, по словам Вейля, «статистическую теорию гравитации». Главной причиной, почему этого до настоящего времени не произошло, было, вероятно, то, что авторы не вставляли в

полной мере на реляционный путь, который является наиболее подходящим для реализации заложенных идей. В частности, исследователи не учитывали ключевой аспект современного реляционного подхода о макроскопической природе пространственно-временных понятий.

Конечно, при изучении космологии в рамках реляционного подхода остается ряд вопросов. Следует, в частности, установить более четкую связь с программой Милна, а также с классом теорий со скаляризмом в геометрическом подходе. Необходимо дать исчерпывающее реляционное обоснование наличия во Вселенной космического микроволнового излучения и его наблюдаемой анизотропии. Эти вопросы представляют большой интерес и прорабатываются в настоящее время.

Хочется надеяться, что реляционный подход сможет объединить исследования в рамках направления, связанного с принципом Маха. Если это произойдет и для целого класса теорий будет найдено реляционное обоснование, то исторически первое направление снова «перетянет канат на себя» и наука о Вселенной в целом сделает рывок вперед.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. – М.: ЛЕНАНД, 2017.
2. *Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B.* Relational Justification of the Cosmological Redshift // *Gravitation and Cosmology*. – 2015. – Vol. 21. – No. 4. – P. 279–282.
3. *Владимиров Ю.С., Молчанов А.Б.* Обобщенный закон Хаббла в реляционном подходе // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. – 2017. – № 2. – С. 24–35.
4. *Einstein A.* Kosmologische Betrachtungen zur Allgemeinen Relativitätstheorie, Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften. – Berlin, 1917. – Seite 142–152.
5. *Sitter W. de.* On Einstein's Theory of Gravitation and its Astronomical Consequences // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 9 November 1917. – Vol. 78. – Issue 1. – P. 3–28.
6. *Nebulae V. Slipher* // *Proceedings of the American Philosophical Society*. – 1917. – Vol. 56. – P. 403–409.
7. *Вайнберг С.* Проблема космологической постоянной // *Успехи физических наук*. – 1989, август. – Т. 158. – Вып. 4. – С. 640–678.
8. *Вейль Г.* Пространство, время, материя: лекции по общей теории относительности / пер. с нем. В.П. Визгина. – 5-е изд., перераб. – М.: Янус, 1996.
9. *Eddington A.* The internal constitution of the stars. – Cambridge: University Press, 1930.
10. *Assis A.K.T., Neves M.C.D.* The Redshift Revisited // *Astrophysics and Space Science*. – 1995. – Vol. 227. – Issue 1–2. – P. 13–24.
11. *Томилин К.А.* Большие числа и гипотеза зависимости от времени мировых констант // *Исследования по истории физики и механики*. 1995–1997. – М.: Наука, 1999. – С. 141–159.
12. *Friedmann A.* Über die Krümmung des Raumes // *Zeitschrift für Physik*. – 1922. – 10. – P. 377–386. На русском: URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1187035/>
13. *Friedmann A.* Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes // *Zeitschrift für Physik*. – 1924. – 21. – P. 326–332.
14. *Nussbaumer H.* Einstein's Conversion from his Static to an Expanding Universe // *European Physics Journal – History*. – 2014. – 39. – P. 37–62.

15. Эддингтон А. Теория относительности / пер. Л.Э. Гуревича, И.Ю. Нелидова и В.В. Солодовникова; под ред. Д.Д. Иваненко. – М.-Л.: ОНТИ Гос. технико-теоретическое изд-во, 1934. – 508 с.
16. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with the Absorber as the Mechanism of Radiation // Rev. Mod. Phys. – 1945. – 17, 157.
17. Hubble E. Extragalactic nebulae // Astrophysical Journal. – 1926. – 64. – P. 321–369.
18. Lemaitre G. Un Univers homogene de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nebuleuses extra-galactiques // Annales de la Societe Scientifique de Bruxelles, A47. – 1927. – P. 49–59.
19. Hubble E. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae // PNAS. March 15, 1929. – 15 (3). – P. 168–173.
20. Sandage Edwin Hubble 1889-1953 // Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. – December 1989. – Vol. 83. – No. 6. – URL: https://apod.nasa.gov/debate/1996/sandage_hubble.html
21. Belenkiy A. Discovery of Hubble's Law as a Series of Type III Errors // The Physics Teacher. – 2015. – 53. – P. 20–24.
22. Hubble E. A Clue to the Structure of the Universe // Astronomical Society of the Pacific Leaflets. – 1929. – Vol. 1. – No. 23. – P. 93.
23. Zwicky F. On the Red Shift of Spectral Lines through Interstellar Space // PNAS – 1929. – 15. – P. 773–779.
24. Уилер Дж. А. Эйнштейн: что он хотел? // Проблемы физики: классика и современность. – М.: Мир, 1982. – С. 94–95.
25. Einstein A. Zum Kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie, Sitzungsberichte der Preussische Akademie der Wissenschaften. – Berlin, 1931. – P. 235–237.
26. Dirac P.A.M. A New Basis for Cosmology // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1938. – 165. – 199–208.
27. Мартюшев Л., Бирзина А. Эдвард Милн: его судьба, космология и неравномерное время // Наука и Жизнь. – 2017. – № 2. – С. 10–18.
28. Левин А. Забытый соперник Большого взрыва: Мирная альтернатива, Популярная Механика, 2006. – URL: <https://www.porpmech.ru/science/5446-zabytyy-sopernik-bolshogo-vzryva-mirnaya-alternativa/>
29. Ефремов Ю.Н. Постоянная Хаббла. Астронет. – URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1198710/>
30. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и Эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1975.
31. Hoyle F., Narlikar J.V. The C-field as a Direct Particle Field // Proc. Roy. Soc. – 1964. – P. 178-283.
32. Milgrom M. A Modification of the Newtonian Dynamics as a Possible Alternative to Hidden Mass Hypothesis // The Astrophysical Journal. – 1983. – 270. – P. 365–370.
33. Bekenstein J., Milgrom M. Does the missing mass problem signal the breakdown of Newtonian gravity? // The Astrophysical Journal. – Part 1. – 1984. – Vol. 286. – P. 7–14.
34. Вайнберг С. Космология / пер. с англ.; под ред. и предисл. И.Я. Арефьевой, В.И. Санюка. – М.: УРСС: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2013.
35. Рвачёв В.Л. Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. – Харьков: Препринт АН Украины. Ин-т проблем машиностроения, 1990. – № 337.

PRECONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RELATIONAL APPROACH TO COSMOLOGY

A.B. Molchanov

Physical Faculty of Lomonosov Moscow State University

The article discusses the key stages in the development of modern cosmology in the context of a relational approach. It is shown that relational ideas as applied to cosmological models were expressed by prominent scientists of the 20th century practically all along the way of the formation of this science. Attention is paid to some theoretical predictions that have been forgotten over the years, but are now of great interest. Finally, the prospects for the development of cosmology based on the relational concept are discussed.

Keywords: cosmology, relic radiation, Big Bang, dark energy, relational approach.

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ТРЕХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМАХ

И.А. Бабенко

*Учебно-научный институт гравитации и космологии
Российского университета дружбы народов*

В статье кратко рассмотрена история развития представлений об источниках генерации магнитного поля Земли и других астрофизических объектов. Обсуждается механизм динамо, а также гипотеза Сазерленда и Эйнштейна. Особое внимание уделено обоснованию гипотезы Сазерленда в рамках реляционной и геометрической физических концепций.

Ключевые слова: главное магнитное поле Земли, гипотеза Сазерленда, теория механизма динамо, реляционная физическая концепция, геометрическая парадигма, разделение зарядов, объемный положительный и поверхностный отрицательный заряды.

Одна из основных задач теории в любой области знаний – найти позицию, с которой объект виден в предельной простоте.

*Джозайя Уиллард Гиббс,
американский физик, XIX в. [1]*

Введение

На сегодняшний день вопрос о механизме формирования магнитного поля Земли стоит довольно остро, так как, выражаясь словами А.И. Дьяченко, «какие бы гипотезы ни строили сегодня ученые относительно поведения геомагнитного поля, очевидно одно – магнитное поле планеты пробудилось и проявляет какую-то активность. Вот только какую? Необычное поведение магнитных полюсов и резкое падение общей напряженности поля – лишь ее проявление. При этом не следует забывать, что наша Земля – лишь один из атомов в организме беспредельной Вселенной, взаимосвязь с которой может оказаться гораздо сложнее, чем представляется сегодня. Магнитосфера Земли погружена в гелиосферу – магнитную капсулу Солнечной системы, которая, в свою очередь, мчится в пространстве через неизведанные галактические магнитные поля. Думается, что понимание подобных взаимодействий позволит геофизике XXI века сделать качественный шаг вперед» [2].

Ф. Буссе утверждает, что А. Эйнштейн считал эту проблему одной из трех важнейших проблем физики [3]. В связи с этим уместно привести рассуждения А.В. Викулина: «Несмотря на колоссальные усилия сотен физиков, занимающихся этой проблемой, нет ни одного достаточно серьезного успеха в этом деле. Проследим еще одну цепочку. Если магнитное поле на Земле обязано динамо-эффекту в жидком железном ядре (что не подвергает-

ся сомнению), то почему магнитное поле раньше было на Марсе, Луне, Ио, Ганимеде, а потом исчезло? (Возможно, что на Ганимеде поле еще существует). Почему оно обнаружено на Меркурии, но его нет на Венере? Почему магнитное поле имеется на больших планетах (по своей структуре однотипных с земным), где, по-видимому, нет железного ядра? Разговоры относительно того, что, дескать, динамо на этих планетах “раскручивается” в жидком водороде и вообще эти планеты “холодные”, “разбиваются” результатами наблюдений космической станцией Вояджер, которая обнаружила, что тепловой поток на этих планетах значительно превышает поток тепла от Солнца на их расстояниях» [4].

Таким образом, можно утверждать, что проблема разработки всеобъемлющей и адекватной теории генерации магнитного поля Земли и других астрофизических объектов, которая могла бы объяснить все характеристики этого явления, – одна из актуальных проблем фундаментальной физики на сегодняшний день.

В предлагаемой работе приведен краткий исторический обзор обнаружения и накопления информации о магнитном поле Земли. Рассмотрены попытки построения теории генерации магнитного поля Земли, такие как динамо-процесс, гипотезы Сазерленда и Эйнштейна. Проанализированы основные вопросы, задаваемые в связи с гипотезой Сазерленда.

1. Краткий исторический обзор обнаружения и накопления информации о магнитном поле Земли

Проследить всю историю знакомства человечества с магнитным полем Земли и его основными характеристиками довольно непростая задача в силу ее обширности и фрагментарности. Но в процессе изучения геомагнитного поля Земли есть несколько важных моментов, существенных для понимания идеи об источнике и генерации магнитного поля Земли и последующего обобщения для астрофизических объектов.

Сами исследования магнитного поля Земли начались непосредственно с фиксации его на поверхности Земного шара и в непосредственной близости от него. На этом этапе выполнялось экспериментальное определение элементов земного магнетизма (магнитного склонения, магнитного наклонения, модуля вектора магнитной индукции) в разных точках Земного шара и составлялись магнитные карты.

В 1492 году Х. Колумбом во время плавания из Европы в Америку было открыто магнитное склонение. Открытие же магнитного наклонения, как считается, принадлежит мастеру Георгу Гартману из Нюрнберга. Уже на этом этапе исследований земного магнетизма возникли вопросы об источнике магнитного поля Земли. В 1576 году английский гидрограф Р. Норман впервые высказал идею, что причина, по которой стрелка устанавливается в определенном направлении, находится внутри Земли [5].

К концу XVI века в Европе стали известны два факта, полученные экспериментально: отклонение стрелки от истинного меридиана и изменение величины отклонения от места к месту. В 1600 году У. Гильбертом была опубликована работа «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле», где было высказано утверждение, что Земля представляет собой магнит, полюсы которого совпадают с географическими полюсами, а источник земного магнетизма находится внутри Земли, что подтверждалось опытами с намагниченным железным шаром. В доказательство своей теории У. Гильберт приводит явление наклона магнитной стрелки, которое оказалось примерно одинаковым как для маленькой модели Земного шара, изготовленного из природного магнита, так и для Земли в целом. При этом для объяснения явления склонения, которое противоречило его теории, Гильберт выдвинул предположение о намагниченности материков, которые производят отклоняющее действие на стрелку. С этого времени Гильбертом было введено понятие истинных магнитных полюсов, которые располагались где-то в Арктике и Антарктике, но где точно – тогда еще не было известно [5].

Примерно к 1634 году Г. Геллибрандом на основе измерения склонения в Лондоне были открыты вековые вариации склонения [5].

В 1701 году после путешествия по Атлантике английский астроном Эдмон Галлей (1656–1742) опубликовал первую настоящую карту магнитных склонений, покрывшую весь Атлантический океан [6].

В 1811 году Кристофер Ханстин опубликовал работу «Исследования магнетизма Земли», в которой были собраны все наблюдения магнитного поля, сделанные к тому времени, вместе с картами и попытался построить математическую модель, которая воспроизводила бы результаты наблюдений на основе идеи о системе дипольных магнитов внутри Земли. Вывод Ханстина был таков: «...одного магнита явно недостаточно, требуется как минимум два. Получается всего четыре магнитных полюса». Из них два новых должны быть где-то в Сибири и в юго-восточной части Тихого океана; при этом два первичных полюса Ханстин расположил на далеком севере Канады и в Восточной Антарктике. Удивительно, что в своей работе Ханстин правильно указал не только местонахождение двух главных магнитных полюсов, но и приблизительное положение двух крупнейших мировых магнитных аномалий, которые он называл «полюсами второго, малого диполя» [5].

Что касается непосредственно измерений напряженности магнитного поля, то, по сути, до конца XVII века все наблюдения земного магнетизма сводились к измерениям склонения и наклона. Только в 1785 году, после того как Ш. Кулон предложил метод измерения вращающего момента, появилась возможность разработать метод измерения напряженности магнитного поля [6].

В конце XVIII века, после того как был разработан метод измерения горизонтальной составляющей, были обнаружены вариации наклона [2].

Следующим важным моментом в накоплении информации о магнитном поле Земли стало определение географических координат магнитных полюсов Земли и изменений этих координат с течением времени. Впервые измерения координат Северного магнитного полюса были сделаны английским мореплавателем Джеймсом Кларком Россом в 1831 году, а в 1841 году были измерены координаты южного магнитного полюса [6].

С 1903 года Амундсен на острове Кинг-Уильям в течение 19 месяцев выполнял непрерывные измерения магнитного поля и обнаружил, что средняя точка магнитного полюса сместилась к северу от точки, установленной экспедицией Росса. В итоге было обнаружено смещение северного магнитного полюса на 46 км к северу в период с 1831 по 1904 год. В ходе измерений также стало известно, что магнитный полюс это не одна точка, а скорее область, простирающаяся на несколько километров, в которой существует множество отдельных полюсов с наклоном 90° . По сути, магнитные полюса Земли – это средние точки областей полюсов. Также было установлено, что зона северного магнитного полюса вращается по часовой стрелке, в отличие от южной, которая вращается против часовой стрелки [6]. Рядом других экспедиций было установлено смещение полюсов на сотни километров.

Но одним из самых важных стало открытие, сделанное французским геофизиком Бернаром Брюнесом в 1906 году и японским геологом Мотонори Матуюми в 1920 году, – это обнаружение инверсии магнитных полюсов Земли в прошлом [6].

Резюмируя вышеприведенное, можно сказать, что к началу XX века было выполнено моделирование главного магнитного поля Земли и выявлены элементы земного магнетизма в разных географических координатах. Также стало известно, что северный и южный магнитные полюса не фиксированные точки, а представляют собой средние точки областей с наклоном в 90° . При этом они находятся все время в движении и в прошлом неоднократно менялись местами между собой, то есть происходила инверсия магнитного поля Земли.

Безусловно, постепенно с накоплением экспериментального материала становилось очевидным, что магнитное поле Земли имеет довольно сложную структуру. Все это нуждалось в теоретическом обосновании.

2. Математическое описание магнитного поля Земли

В 1835 году русский ученый И. Симонов опубликовал работу «Опыт математической теории земного магнетизма», в которой показал, что магнитное поле Земли, вызванное суммарным действием магнитных частиц, находящихся внутри нее, будет тождественно с полем диполя, если допустить, что частицы распределены равномерно. При этом выражение потенциала диполя как функции широты и долготы оказалось тождественным с

первым членом разложения потенциала, выведенного впоследствии К. Гауссом [5].

Следом за работой Симонова в 1839 году появились знаменитые работы К. Гаусса: «Напряженность земной магнитной силы, приведенная к абсолютной мере» и «Общая теория земного магнетизма». В первой работе К. Гаусс дал теоретическое обоснование метода измерения горизонтальной составляющей в абсолютных единицах и обосновал технику соответствующих экспериментов. Во второй работе К. Гаусс на основе идеи о внутреннем источнике земного магнетизма предложил выражение для магнитного потенциала в любой точке поверхности Земного шара в виде функции координат (широты и долготы), разложенной в бесконечный ряд по шаровым функциям. Используя конечное число членов этого ряда, можно было определить (применяя результаты наблюдений) коэффициенты этого ряда и теоретически вычислять потенциал в любой точке земной поверхности [5]. Данная теория решала задачу о структуре магнитного поля Земли, но не давала объяснения происхождения магнитного поля Земли.

Физическую интерпретацию указанных К. Гауссом членов разложения дал русский ученый Н. Умов в своей работе «О построении геометрического образа потенциала Гаусса как приеме изыскания законов земного магнетизма» [5]. Это позволило определить вековые изменения геомагнитного поля. Указанные теоретически члены ряда Гаусса–Симонова соответствуют диполям, квадруполям, октуполям и мультиполям. Только к 1950 году были рассчитаны численные значения всех основных коэффициентов ряда Гаусса–Симонова [7], но, что характерно, коэффициенты, соответствующие диполю Симонова, за столетие уменьшились примерно на 7 %, что говорит о том, что Земля постепенно размагничивается. На сегодняшний день, наблюдения за магнитным полем Земли показывают, что магнитный момент планеты уменьшился на 10 % [6].

Данные исследования позволили сделать вывод, что почти 95 % современного геомагнитного поля можно описать диполем Симонова, расположенным вблизи центра Земли. При этом ось диполя наклонена к оси вращения Земли на 11,5 градусов. (Отметим, что в северном полушарии находится южный магнитный полюс, а в южном – северный.) Разница между эталонным дипольным полем и наблюдаемым в текущее время составляет 5 %. Эта разница связана с мировыми магнитными аномалиями (Бразильской, Сибирской, Канадской) [8]. Стало очевидно, что главное геомагнитное поле испытывает медленное вращение (вековые вариации) с периодом от 10 до 10^4 лет: 10–20, 60–100, 600–1200 и 8000 лет. Период в 8000 лет характеризуется изменением дипольного момента в 1,5–2 раза. Для мировых аномалий характерно то, что в ходе вековых вариаций они движутся, распадаются и возникают вновь. Из-за вековых вариаций геомагнитный полюс прецессирует относительно географического полюса с периодом около 1200 лет [7].

В 1895 году Пьером Кюри было открыто явление исчезновения остаточной намагниченности тела при нагреве до критической температуры, которая была названа точкой Кюри. При ее достижении скачкообразно изменяются и другие свойства твердых тел – удельная электропроводность и теплоемкость. Но главное состоит в том, что для железа такая температура $t_k = 758$ °С, а для никеля $t_k = 374$ °С, которые достигаются в недрах Земли в пределах литосферы до 200 км. Таким образом, гипотеза Гильберта о магните в центре Земли, которая являлась основной до начала XX века, оказалась несостоятельной [9].

3. Первые гипотезы обусловленности магнитных полей вращением объектов

Как видно из вышеизложенного, теории Гильберта и Гаусса решали задачу о нахождении закономерностей в распределении элементов земного магнетизма, но не давали ответа на вопрос о происхождении магнитного поля Земли. Ответы на поставленные вопросы необходимо было искать в иных теориях. Исторически именно идея о перераспределении зарядов в недрах Земного шара была выдвинута в качестве основной причины, объясняющей генерацию магнитного поля Земли в целом.

В 1891 году А. Шустер, рассматривая вид солнечной короны, предположил, что Солнце может иметь магнитное поле, и поставил вопрос о том, не «является ли всякая вращающаяся масса магнитом» [10].

В 1909 году в свет вышла известная работа П.Н. Лебедева «Магнитометрическое исследование вращающихся тел. Сообщение первое» [11]. В этой работе Лебедев поставил задачу «непосредственно магнитометрически исследовать магнитные явления, вызываемые вращением тел». В работе были подвергнуты экспериментальной проверке две гипотезы центробежных сдвигов, согласно которой вращающееся тело приобретает отрицательный поверхностный заряд вследствие центробежных ускорений, так что отрицательные заряды, согласно этой гипотезе, испытывают большее ускорение, чем положительные.

Для проверки этой гипотезы Лебедевым была построена специальная установка, в которой испытуемое тело (кольцо диаметром в 6 см) из эбонита, латуни (медно-цинковый сплав), воды и бензола приводилось во вращение со скоростью в 30.000 – 35.000 оборотов в минуту, а магнитное поле измерялось непосредственно чувствительным магнетометром.

Эти опыты дали отрицательный результат. При этом, как показали расчеты, выполненные на основании данной гипотезы, чувствительности магнетометров было достаточно для обнаружения ожидаемого Лебедевым магнитного поля.

Несмотря на полученный Лебедевым отрицательный результат, идею о намагничивании тела при вращении развивал Вильсон [12], Блэккет [13], Ступонченко [14] и др. Но после того как было выполнено измерение в шах-

тах горизонтальной составляющей магнитного поля, показавшее, что значение с глубиной увеличивается, С.А. Арсеньев в своей статье [7] опровергает гипотезы, предложенные Вильсоном, Блэккетом и Ступонченко.

С.А. Арсеньев в своей работе [7] исследует, почему эксперимент Лебедева, а также Свонна и Лангарка в 1928-м и русского физика Васильева в 1894 году оказался отрицательным. Для экспериментов использовались диэлектрики, пара- и диамагнетики, а Лебедеву было необходимо использовать ферромагнетик (железо, никель и кобальт). Тогда бы он в результате смог бы получить магнитное поле. Данное явление было открыто в 1909 году Самуэлем Барнеттом и в 1908 году английским физиком О. Ричардсом, который, исследуя связь намагничивания и вращения, согласно уравнениям Максвелла, обнаружил возможность обратного гиромангнитного эффекта – ферромагнитное тело, намагниченное вдоль некоторой оси, приобретает около нее вращательный импульс, пропорциональный намагниченности. В 1915 году этот эффект был экспериментально обнаружен де Гаазом и А. Эйнштейном. Если это явление принять как источник магнитного поля Земли, то это сразу же приводит к серьезному противоречию, так как эффект Барнетта, де Гааза и А. Эйнштейна пропадает при температурах выше точки Кюри t_k , которая как раз достигается в ядре Земли. Мантия также не подходит, так как ее силикатный состав не приводит к намагничиванию.

4. Теория магнитного динамо

Параллельно вышеназванным теориям, основанным на вращении Земли, развивалась другая идея о генерации магнитного поля Земли посредством механизма динамо. Она стартовала с открытия Хэйлом в 1903 году сильных магнитных полей вокруг пятен на Солнце [7]. Английский физик-теоретик Джозеф Лармор в 1919 году для объяснения магнитного поля Солнца выдвинул идею механизма динамо [15].

Идею Лармора в 1933 году попытался развить Каулинг. Но ему тогда на этой идее не удалось объяснить ни магнитные поля солнечных пятен, ни основные поля Земли и Солнца [13].

В 1939 году немецкий физик Вальтер Эльзассер попытался приписать ток термоэлектрическим ЭДС, возникающим вследствие разности температур в жидком ядре, обусловленным конвекционными движениями. По его мнению, именно этот механизм и создает главное магнитное поле Земли [16].

Но в 1945 году Каулинг показал, что термические эффекты, вызываемые конвекцией во вращающемся Солнце, дают лишь правильный знак поля, а по величине только 10^7 Гс·см³ от измеренного значения. Он показал также, что время электромагнитного спада общего магнитного поля Солнца составляет 10^{10} лет, поэтому, возможно, что наблюдаемое на сегодняшний день поле – это остатки от первичного состояния [13]. Однако еще

Лэмб в 1920 году показал [17], что спадание токов в Земле происходило бы слишком быстро и к настоящему времени его бы уже не существовало.

Помимо этого в 1947 году русский физик Я.В. Френкель показал, что термоэлектрическая теория ведет к существенным трудностям и предложил заменить термоэлектрические токи токами вертикальной конвекции, возникающими из-за выделения теплоты при распаде тяжелых радиоактивных веществ в ядре Земли. Кстати, именно он первым сравнил ядро Земли с турбогенератором. При этом система конвекционных токов выполняет роль своего рода турбины. Слабое начальное поле будет усиливаться этими токами. Френкель показал [18], что, согласно его представлениям, магнитное поле внутри Земли достигает 10 000 эрстед, что является довольно большой величиной, однако, по его мнению, ее можно снизить. Для этого необходимо разбить конвекцию на ряд ячеек, подобно ячейкам Бернара.

В 1963 году Лоус и Уилксон [19] в лабораторных условиях построили модель работающего динамо, которая показала способность менять полярность магнитного поля. Это был основной фактор в пользу этой модели, так как, согласно наблюдениям, инверсия магнитного поля Солнца происходит каждые 22 года, а на Земле последняя была примерно 700 000 лет назад и по всем признакам на сегодняшний день готовится к смене полярности магнитного поля. При этом теория динамо объясняет инверсию поля нестабильностью самого механизма генерации поля и вариациями в структуре ядерных течений.

Предложенная модель конвективного динамо Я.И. Френкеля была впоследствии развивалась в многочисленных работах М. Эльзассера, Э. Булларда, Е. Паркера, Я.Б. Зельдовича, Д.Д. Соколова, С.И. Брагинского и т.д.

Но при всем этом теория магнитного гидродинамо позволяет объяснить основные характеристики магнитного поля Земли только на качественном уровне. Как отмечает Арсеньев: «Хотя модели динамо позволяют качественно объяснить основные особенности главного магнитного поля, окончательная теория, дающая метод расчета и прогноза магнитного поля Земли, до сих пор не построена» [7. С. 31].

Основные трудности теории связаны с решением полной системы уравнений магнитной гидродинамики, которые состоят из уравнений гидродинамики и уравнений Максвелла. Решение совместных уравнений трудная и почти не решаемая задача. Во всяком случае, на сегодняшний день, она не решена. Для того чтобы как-то приблизиться к ее решению, многие исследователи прибегают к ряду упрощений, порождающих большое количество моделей динамо, обзор которых можно встретить в ряде работ [7–9; 13; 18; 20–23]. В итоге к настоящему времени нет единой теоретической модели динамо. Огромное количество противоречащих друг другу моделей $\alpha\omega$ – динамо: α^2 – динамо, динамо Рикитаке, диск Фарадея и т.д. ставят вопрос о правильности такого подхода к обоснованию магнитного поля Земли. При этом важным моментом многих моделей динамо является наличие во внеш-

нем ядре сильного тороидального поля. По некоторым моделям интенсивность тороидального поля больше дипольного в 500 раз. Тем не менее, тороидального поля на поверхности Земли не обнаружено. Его можно было бы обнаружить на земной поверхности, если бы, например, в ядре был обнаружен сверхпроводящий экран. Но электромагнитное зондирование дает отрицательный результат на этот счет [4].

В дополнение к этому следует иметь в виду критические замечания И.Л. Жулановой: «Несмотря на гигантский массив расчетов и физические эксперименты, доводы в пользу ячеистой конвекции мантийных масс, оставляют большие сомнения в том, что она может рассматриваться как фактор сопряженного проявления тектонических сил (горизонтальное движение плит, субдукция) и петрогенетических (вплавление огромных объемов магм на границе плит) процессов. Дело в том, что стационарная ячеистая конвекция способна реализовываться только в закрытых термодинамических системах, будучи направлена на выравнивание внутренних тепловых неоднородностей. Она несовместима с выносом энергии и вещества вовне, сопровождающим вулканизм» [20].

5. Гипотезы Сазерленда и Эйнштейна

Неудачи теории динамо и более ранних работ, основанных на вращении астрофизических объектов, заставляют вспомнить еще один блок идей, высказанных в начале XX века В. Сазерлендом и затем усовершенствованных А. Эйнштейном.

В. Сазерленд в ряде своих работ (1900-1908 гг.) [25] выдвинул необычную, на первый взгляд, гипотезу о происхождении магнитного поля Земли. Он предположил, что наблюдаемое магнитное поле производится вкладами двух противоположно направленных магнитных полей, генерируемых вращениями 1) объемного (положительного) и 2) поверхностного (отрицательного) зарядов. Полагалось, что создаваемые ими электрические поля скомпенсированы, но это не означало, что скомпенсированы и их магнитные поля.

В модели Сазерленда существовало также остаточное поле, ответственное за разницу между осью вращения Земли и магнитной осью, а также за движение полюсов. При этом наклон магнитной оси определялся несимметричным распределением проводящего материала. Это распределение также полагалось ответственным за вековые вариации магнитного поля Земли.

Но самое важное в гипотезе Сазерленда состояло в том, что происхождение двух видов зарядов внутри Земли связывалось с различием электрических полей, создаваемых электроном и протоном.

А. Шустер в 1912-м и Брэнт в 1913 году подробно исследовали теорию, основанную на гипотезе Сазерленда о неравенстве сил, действующих между одинаковыми и неодинаковыми частицами атома. В их работах было

показано, что разделение положительного и отрицательного зарядов Солнца не может обусловить больше чем 10^{15} Гс·см³ магнитного поля Солнца [13].

В 1925 году Эйнштейн (неизвестно, был ли он знаком с работами Сазерленда) [26] высказал предположение об очень малом (вне пределов разрешимости современной аппаратурой) различии значений зарядов тяжелых – положительно заряженных и легких – отрицательно заряженных частиц. Это приводит к возникновению избытка заряда у достаточно массивных астрофизических объектов, имеющих объемный положительный заряд, кулоновское поле которого компенсируется редуцируемыми отрицательными частицами. А вращение астрофизических объектов приводит к генерации наблюдаемого дипольного магнитного поля. Гипотеза Эйнштейна соответствовала и уточняла гипотезу Сазерленда.

Но в том же 1925 году А. Пиккард и Е. Кесслер показали, что значения зарядов протона и электрона одинаковы до 20-го знака (10^{-20}) [27], и тем самым поставили под сомнение гипотезу Эйнштейна. На данный момент экспериментально подтверждается сохранение зарядов протона и электрона до 21-го знака (10^{-21}) [28].

Однако гипотезы Сазерленда и Эйнштейна окончательно не были забыты. Так, гипотеза Сазерленда обсуждалась в трудах Б.М. Яновского, где он отмечал, что «гипотеза требует дополнительного предположения о причинах разделения зарядов». При этом он писал в полном согласии с Сазерлендом: «Существование предполагаемых зарядов также предполагает наличие электрических полей на земной поверхности, которые бы взаимно уничтожились, а магнитные поля, создаваемые каждым из них, по абсолютной величине оказались бы разными. Эти заряды, принимая участие в суточном вращении Земли, образуют замкнутые токи, которые в свою очередь создают магнитное поле. Поэтому при соответствующем выборе величины заряда магнитное поле могло быть равным наблюдаемому магнитному полю Земли» [5].

Как следует из изложенного, основным вопросом к гипотезе является проблема обоснования различия зарядов по абсолютной величине.

6. Обоснование гипотезы Сазерленда в рамках геометрической парадигмы

Все попытки обоснования происхождения магнитного поля Земли в рамках теорий «не динамо», и в частности гипотезы Сазерленда, предпринимались в рамках ныне доминирующей теоретико-полевой физической концепции. Данный подход включает в себя представление о классическом пространстве-времени как априори заданном плоском фоне, в который вкладываются поля источников (частиц) и поля переносчиков физических взаимодействий. Это путь классической теории поля.

Однако в последнее время уже было обращено внимание на наличие еще двух (также дуалистических) парадигм: 1) геометрической и 2) реляци-

онной, основанной на идеях, в свое время сформулированных в работах Г. Лейбница и Э. Маха.

Основу геометрического подхода составляет общая теория относительности и ее обобщения в виде многомерных геометрических моделей (типа Калуцы или Клейна, теорий с кручением, с сегментарной кривизной и др.), в которых поля-переносчики геометризуются, то есть трактуются как проявление геометрии искривленного пространственно-временного многообразия подходящей топологии и размерности [29].

К идее малой зарядовой асимметрии и предлагаемому на этой основе объяснению магнитных полей астрофизических объектов можно было прийти на рубеже 20–30-х годов в рамках многомерных геометрических моделей физических взаимодействий, где физические поля, в частности электромагнитное, описываются смешанными компонентами $G_{\mu\alpha}$ многомерного метрического тензора G_{AB} . Здесь индекс μ пробегает 4 значения: 0, 1, 2, 3, а индекс α может принимать значения: 4, 5, Соответствующие полям заряды, в частности электромагнитный, описываются через циклическую зависимость волновых функций заряженных частиц от 5-й или иных дополнительных координат. Анализ показывает, что в рамках общего термина «5-мерная теория Калуцы-Клейна» можно говорить о двух различных теориях, имеющих дело с разными дополнительными размерностями, которые нацелены на описание разных сторон физической реальности. Вариант Т. Калуцы предназначен для геометризации электромагнитных взаимодействий, а вариант О. Клейна – для геометризации масс [29].

Синтез теории Калуцы и Клейна можно осуществить в рамках 6-мерной геометрической модели с двумя дополнительными координатами: x^4 и x^5 , где волновые функции частиц зависят от двух координат в данной модели [29]. Редукция на 4-мерное пространственно-временное сечение осуществляется с помощью диадного метода (1+1+4-расщепления) в калибровке типа дважды хронометрической, введенной в ОТО. Взаимодействие частиц описывается посредством диадного оператора 4-мерного дифференцирования, инвариантного при преобразованиях двух дополнительных координат и ковариантного относительно 4-мерных преобразований. Одна из дополнительных недиагональных компонент метрического тензора $G_{5\mu}$ отождествляется с векторным потенциалом электромагнитного поля, а другая – $G_{4\mu}$ остается физически неопределенной. В работах Ю.С. Владимирова [29–30] было также предложено отождествить ее с векторным потенциалом электромагнитного поля. В этом случае в качестве дополнительного электрического заряда будет выступать величина, пропорциональная массе частиц. Однако поскольку массы отрицательно заряженного электрона много меньше массы положительно заряженного протона, то это приводит к обоснованию высказанной еще Эйнштейном гипотезы о разности зарядов главных частиц, из которых построен наш мир.

Расчеты показывают, что индуцируемый таким образом дополнительный («массовый») электрический заряд определяется формулой

$\Delta q = 2\sqrt{G}m$. Учитывая, что для электрона масса $m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-28}$ Г, получаем для него отношение дополнительного заряда к основному: $\frac{\tilde{q}}{q} \equiv \frac{\tilde{e}}{e} \sim 10^{-21}$.

Очевидно, что такая поправка в электромагнитное взаимодействие частиц лежит далеко за пределами точности лабораторного эксперимента. Однако для больших электрически квазинейтральных масс, когда электрические заряды частиц двух знаков в среднем компенсируются, «массовый вклад» в электромагнитное взаимодействие, обусловленный квадратичным по зарядам слагаемым, может оказаться существенным [30].

Очевидно, что кулоновское поле объемно распределенных электрических зарядов астрофизических объектов будет скомпенсировано внешними зарядами противоположного знака, распределенными вблизи поверхности этих объектов. Но это не означает, что будут скомпенсированы и создаваемые из-за вращения их противоположно направленные магнитные поля. Наблюдаемое магнитное поле представляет результат их наложения. Эти рассуждения полностью соответствуют идее, высказанной Сазерлендом в начале XX века.

Так как первичный электрический заряд и дипольный магнитный момент остаются практически неизменными, то такие эффекты, как изменения полярности дипольного момента Земли, Солнца, дрейф магнитного полюса, отклонение магнитного полюса от географического, можно связать с процессами перераспределения абсорбированных электрических зарядов.

Тогда, согласно оценкам на основе вышеприведенной формулы для дополнительного заряда, первичный дипольный магнитный момент Земли $M_1 \simeq 1 \cdot 10^{27}$ Гс·см³ оказывается близким по порядку к известному эффективному значению момента Земли $M_1 - M_2 = M_{exp} \simeq 8 \cdot 10^{25}$ Гс·см³. Последний составляет 8 % от первичного магнитного момента [30].

7. Обоснование гипотезы Сазерленда в рамках реляционной парадигмы

В рамках реляционного подхода пространство-время трактуется как специфическая система отношений между объектами микромира. Более того, в рамках этой парадигмы ставится и решается задача вывода свойства классического пространства-времени (протяженность, размерность, сигнатура) из свойств микроскопических ансамблей взаимодействующих частиц путем некоторых статистических процедур, аналогичных тому, как в термодинамических системах возникает понятие температуры. Идейные основы реляционного подхода были заложены в трудах Г. Лейбница, Р.И. Бошковица, Э. Маха и ряда других мыслителей. В XX веке эти идеи развивались в трудах А. Фоккера, Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла и ряда других физиков-теоретиков в рамках так называемых теорий прямого межчастичного взаимодействия. Реляционный подход содержит три составляющие: 1) реляционную трактовку понятий классического пространства-времени, 2) описание физических взаимодействий на базе релятивистски-

инвариантной концепции дальнего действия и 3) принцип Маха. Подчеркнем, что принятие первой составляющей делает неизбежным использование второй и естественной – третью [31].

Подробное изложение реляционного подхода дано в ряде публикаций Ю.С. Владимирова (см. [31–33]). Не вдаваясь в подробности оснований и уже полученных принципиально важных результатов, отметим, что в работе Ю.С. Владимирова и С.В. Болохова [32] на самом фундаментальном уровне было продемонстрировано возникновение малой зарядовой асимметрии у различающихся по массе частиц. Этот факт сказывается на определенных квантово-полевых представлениях о характере электромагнитных взаимодействий [33]. Но условия, при которых данный эффект может давать вклад, являются большие массы (астрофизические объекты).

Заключение

Таким образом, отметим, что на протяжении всего процесса накопления информации о магнитном поле Земли выдвигались различного рода гипотезы о механизме происхождения этого поля, причем, как правило, это делалось в рамках общепринятой теоретико-полевой парадигмы. В рамках этой парадигмы данная проблема так и не была решена. Ныне наиболее популярная теория динамо описывает магнетизм планет на качественном уровне. Безусловно, как показали измерения, магнитное поле Земли и планет имеет довольно сложную структуру, и описать его с позиции какой-то частной теории довольно затруднительно, – необходима «общая теория», которая была бы способна описать все нюансы магнетизма планет. Ныне предложенные теории динамо представляют собой лишь «частные теории», так как описываемый ими механизм запускает уже изначально имеющееся, притом уже дипольное магнитное поле. «Общая теория» должна описывать возможность появления дипольного затравочного магнитного поля и лишь потом допускать механизм динамо.

Предложенная Сазерлендом гипотеза и идея Эйнштейна о малом отличии абсолютных значений зарядов электрона и протона, суточное вращение которых обеспечивало бы наблюдаемое магнитное поле, основывалась на не вполне ясном механизме разделения электрических зарядов. Поэтому данная теория не получила должного развития и была забыта. Но если взглянуть на эту проблему не с позиции теоретико-полевой концепции, в рамках которой она до этого рассматривалась, а с реляционной или геометрической физических концепций (парадигм), то возникает возможность обосновать гипотезу Сазерленда и идею Эйнштейна. В итоге открывается новый путь для теоретического обоснования происхождения наблюдаемых магнитных полей астрофизических объектов и описания их свойств и поведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гиббс Дж.В.* Термодинамика. Статистическая механика. – М.: Наука, 1982.
2. *Дьяченко А.И.* Магнитные полюса Земли. – М.: Московский центр непрерывного математического образования, 2013.
3. *Буссе Ф.* Магнитная гидродинамика земного динамо // Вихри и волны. – М.: Мир, 1984.
4. *Викулин А.В.* Физика Земли и геодинамика: учебное пособие для геофизических специальностей вузов. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008.
5. *Яновский Б.М.* Земной магнетизм. – Т. 1. – Л.: Ленинград, 1964.
6. *Тарасов Л.В.* Земной магнетизм. – М.: Интеллект, 2012.
7. *Арсеньев С.А.* Теоретическое моделирование главного магнитного поля Земли и планет // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – Т. 2. – № 4. – С. 31.
8. *Зверева Т.И.* Динамика магнитных полюсов Земли в последнем десятилетии // Геомагнетизм и аэрономия. – 2012. – Т. 52. – № 2.
9. *Каганов М.И., Цукерник В.М.* Природа магнетизма. – М.: Наука, 1982.
10. *Schuster A.* A critical examination of the possible causes of terrestrial magnetism // Proc. Phys. Soc. – 1912. – V. 24. – P. 121–137.
11. *Лебедев П.Н.* Магнитометрические исследования вращающихся тел // Избранные сочинения. – М.: Гос. тех.- теор. издат., 1949.
12. *Wilson H.A.* An experiment on the origin of the Earth's magnetic field // Proc. Roy. Soc. – 1923. {London}. Ser. A. – Vol. 104.
13. *Blackett P.M.S.* The magnetic field of massive rotating bodies // Nature. – 1947. {London} – Vol. 159.
14. *Ступоченко Е.В.* О происхождении магнетизма Земли // ДАН СССР. – 1948. – Т. 62. – № 4.
15. *Larmor J.* How could a rotating body such as the Sun become a magnet? // Rep. Brit. Ass. Advmt. Sci. {for 1919} – 1920.
16. *Elsasser W.M.* On the origin of the Earth's magnetic field // Phys. Rev. – Vol. 1939. – 55.
17. *Lamb H.* On electrical motions in a spherical conductor // Phil. Trans. Roy. Soc. – 1883. {London}. Ser. A. – Vol. 174 – P. 519–549. Also: Vol. 180, 1889.
18. *Френкель Я.И.* Земной магнетизм // Собрание избранных трудов: научные статьи. – Т. II. – М.-Л.: АН СССР, 1958.
19. *Lowes F.J., Wilkinson I.* Geomagnetic Dynamo: A Laboratory Model // Nature. – 1963. – Vol. 198. – P. 1158–1160.
20. *Жуланова И.Л.* Методология познания вулканизма Земли: геодинамика или геосинергетика? // Вулканизм и геодинамика. 2-й Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии. – Екатеринбург, 2003.
21. *Паркер Юджин.* Беседы об электрических и магнитных полях в космосе. – Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2010.
22. *Бочкарев Н.Г.* Магнитные поля в космосе. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011.
23. *Зельдович Я.Б., Рузмайкин Ф.Ф.* Гидромагнитное динамо как источник планетарного солнечного и галактического магнетизма // УФН. – 1987. – Т. 152. – Вып. 2.
24. *Кузнецов В.В.* Введение в физику горячей Земли. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ, 2008.
25. *Sutherland W.* A possible cause of the Earth's magnetism and a theory of its variations // Terr. Mag. PlanetSci. – 1900. – Vol. 5. – Issue 2, 73. – 84.
26. *Schwinger J.* Einstein's Legacy: The Unity of Space and Time // Paperback. – December 13, 2002.

27. *Piccard A., Kessler E.* Experimental Limits for the electron-proton charge difference and for the charge of the neutron // *Arch. sci. phys. et nat.* – 1925. – 7, 340.
28. *Bressi G., Carugno G., Della Valle F., Galeazzi G., Ruoso G., Sartori G.* Testing the neutrality of matter by acoustic means in a spherical resonator. – arXiv:1102.2766v2[physics.atom-ph], 18 Mar. 2011.
29. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
30. *Владимиров Ю.С.* Происхождение магнитного поля астрофизических объектов // *Вестник Московского ун-та. – Серия 3. Физика. Астрономия.* – 2000. – № 2. – С. 6–8.
31. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. 2: Теория физических взаимодействий. – М.: МГУ, 1998.
32. *Владимиров Ю.С., Болохов С.В.* К теории прямого межчастичного электрогравитационного взаимодействия // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия.* – 2016. – № 2 (15).
33. *Vladimirov Yu.S., Bolokhov S.V., Babenko I.A.* On Explanations of magnetic fields of Astrophysical Objects in the Geometric and Relational Approaches // *Gravitation and Cosmology.* – 2018. – Vol. 24. – P. 139–147.

MAGNETIC FIELDS OF ASTROPHYSICAL OBJECTS IN THREE PHYSICAL PARADIGMS

I.A. Babenko

Institute of Gravitation and Cosmology, RUDN University

The article briefly reviewed the history the development ideas about the sources generation the Earth's magnetic field and other astrophysical objects. The dynamo mechanism, the Sutherland and Einstein hypothesis is discussed. Particular attention is paid to the substantiation Sutherland's hypothesis in the framework of relational and geometric physical concepts.

Keywords: main magnetic field of Earth, Sutherland's hypothesis, theory of the mechanism of a dynamo, relational physical concept, geometrical paradigm, division of charges, volume positive and superficial negative charges.

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ПАРАДОКС ЧАСОВ*

А.В. Белинский**, М.Х. Шульман***

*Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Институт исследований природы времени*

Хорошо известно, что время течет по-разному в различных системах отсчета. В этой связи рассмотрены различные аспекты проявления парадокса часов в квантовой механике. Показано, что целый ряд «загадочных» феноменов может быть объяснен, если принять во внимание парадокс часов при распространении квантовых частиц. Действительно, известно, что для движущихся фотонов время как бы останавливается, а пройденное расстояние обращается в нуль, и вся Вселенная для таких фотонов «стягивается» в точку пространства-времени. Благодаря этому физическая картина процесса, обычно наблюдаемая в лабораторной системе отсчета, приобретает совершенно иной характер. Например, несинхронизированные измерения над двумя разлетающимися запутанными фотонами в действительности оказываются строго синхронными. По этой же причине в экспериментах с квантовым ластиком (в лабораторной системе отсчета) может возникать иллюзия нарушения релятивистской причинности. По существу, распространенные среди физиков представления о нелокальности квантовых явлений требуют, с нашей точки зрения, пересмотра: мера нелокальности оказывается зависящей от выбора системы отсчета и может стремиться к нулю. Более того, оказывается, такой подход справедлив не только для безмассовых частиц (фотонов), но и для массивных квантовых частиц (например, электронов). С этих позиций единообразным образом могут быть объяснены квантовая телепортация, прямое межчастичное взаимодействие по Уилеру и Фейнману, «мгновенное» прощупывание всей Вселенной частицей, распространяющейся по всем возможным траекториям (с учетом их фазы). Другим важным аспектом нашей концепции является сближение концепции дальнего действия и ближнего действия в физике, а также представления о причинно-следственном и корреляционном механизме взаимодействия между частицами.

Ключевые слова: теория относительности, квантовая механика, квантовые корреляции, квантовая нелокальность, мгновенный коллапс вектора состояния квантовой системы, запутанные состояния.

Введение

Хорошо известно, что исследование поведения квантовых частиц, находящихся в запутанном состоянии, приводит к явному конфликту со специальной теорией относительности, поскольку измерение, произведенное над одной частицей, ведет к мгновенному (по крайней мере существенно

* Работа поддержана грантом РФФИ №18-01-00598А.

** E-mail: belinsky@inbox.ru

*** E-mail: shulman@dol.ru

превышающему скорость света) изменению квантового состояния второй частицы запутанной пары, хотя любое взаимодействие со сверхсветовой скоростью, казалось бы, принципиально запрещено. Имеются различные подходы к решению этой проблемы. Наиболее радикальный и позволяющий разрешить все возникающие при этом квантовые парадоксы – предполагает внепространственно-временное поведение квантовых систем (см., например, [1–3]). Эта логичная и вполне стройная парадигма получила свое дальнейшее развитие в плане конкретных физических моделей и механизмов ее реализации (см., в частности, [4]). Вместе с тем интересно было бы соотнести эти результаты со специальной теорией относительности. Начало подобному осмыслению положено в работе [5]. Здесь же мы продолжаем исследования подобного рода.

Отметим также следующие интересные аспекты рассматриваемой проблемы. В квантовой механике хорошо известен феномен так называемого «отложенного выбора». Соответствующая парадигма в виде мысленного эксперимента была предложена Дж. Уилером и подытожена им в работе [6]. Его целью было исследование дуалистического (корпускулярно-волнового) поведения квантовых частиц, и ряд этих экспериментов впоследствии с успехом был осуществлен на практике (см., например, обзор [7]). С одной стороны, экспериментатор мог легко варьировать конфигурацию эксперимента так, чтобы «навязывать» квантовой частице корпускулярный или волновой сценарий поведения, что проявлялось в отсутствии или наличии интерференции на выходе интерферометра. С другой стороны, парадоксальным образом казалось возможным делать этот выбор «отложенным», то есть осуществлять его «задним числом» – после завершения самого эксперимента, что немедленно порождало естественные вопросы о нарушении причинности и связанных с ним парадоксах.

В процессе анализа неизбежно всплывала и так называемая проблема квантовой нелокальности («призрачного действия на расстоянии» по Эйнштейну). Исследуя ее теоретически и экспериментально, авторы работ [8–11] проверяли, влияет ли выбор системы отсчета на корреляции состояний удаленных запутанных частиц, и пришли к убеждению, что «окончательные результаты экспериментов с движущимися измерительными устройствами исключили возможность описания квантовых корреляций с помощью реальных часов, в терминах “раньше” и “позже”; и феномен квантовой нелокальности не может быть описан в терминах пространства и времени. Это означает, что для нелокальных корреляций отсутствует упорядочение во времени, так что причинный порядок не может быть сведен к упорядочению во времени» [9]. К такому же выводу теоретически приходит и автор работы [12]. Он предлагает теоретический анализ парадоксов Эйнштейна–Подольского–Розена [13] и отложенного выбора на основе расчета условных вероятностей состояний запутанных частиц. Впрочем, мы не исключаем, что приведенное в его работе доказательство содержит скрытый «порочный круг», априорно подразумевая симметрию измерений над раз-

личными частицами. Ниже мы предлагаем собственное решение указанных проблем применительно к характерным экспериментам с квантовыми частицами, основанное на известном парадоксе часов теории относительности.

Следует также отметить, что большие опасения вызывают выводы обзора [7] и цитируемых там оригинальных работ о зарегистрированном ими якобы нарушении причинности в смысле влияния более позднего события на раннее. Не отрицая возможности таких нарушений в принципе, в работе [14] строго доказано, что в экспериментах, описанных в [7], никаких нарушений подобного рода нет, однако в то же время надежно зарегистрировано мгновенное изменение квантового состояния одной частицы запутанной пары при измерении другой.

1. Релятивистский парадокс часов

Согласно теории относительности, если один объект движется относительно другого, то для него время течет медленнее. Например, каждый спутник системы GPS мчится по орбите со скоростью около 14 000 км/с, а значит, атомные часы на нем отстают – вследствие движения – от земных примерно на 7 мкс за сутки (*собственное* время движения меньше: $t_{GPS} = t_{земн} \sqrt{1 - v^2 / c^2}$). С увеличением скорости *собственное* время движения уменьшается; так, для фотона, летящего к Земле даже от очень далекого квазара, *собственное время вообще не течет* (останавливается).

2. Парадокс часов для квантовых частиц

С нашей точки зрения, в современной физике квантовых частиц роль известного из теории относительности *парадокса часов* практически не изучена. Как известно, если один объект улетает от другого с некоторой постоянной скоростью, то для него продолжительность полета и пройденное расстояние окажутся меньше, чем для того объекта, от которого он улетает. В пределе, когда, например, фотон излучается далеким квазаром и движется к Земле со скоростью света, пролетев с точки зрения жителя Земли миллиарды лет и миллиарды километров, для самого фотона картина выглядит иначе – он как бы стоит на месте и время для него не течет. Это, как будет отмечено далее, приводит к ряду удивительных эффектов и парадоксов.

На первый взгляд кажется, что со скоростью света могут распространяться только частицы с нулевой массой покоя и что это невозможно, например, для электронов. На самом деле удивительным образом оказывается, что и в случае квантовых частиц с *ненулевой* массой в некотором смысле можно (и нужно) говорить о световых скоростях распространения [5]. Действительно, массивные квантовые частицы (в частности электроны) обладают не только корпускулярными, но и волновыми свойствами. Так, для электрона Дираком в 1928 году было получено [15] релятивистское описание волновой функции в виде системы четырех дифференциальных уравнений

для четырех спинорных величин, где одна пара отвечает положительной, а вторая пара – отрицательной энергией электрона, и в каждой паре одна из величин отвечает одному направлению спина, а другая – противоположному. При этом операторы для составляющих скорости электрона не коммутируют между собой, а собственные значения каждого из них в результате измерения обязательно должны быть равны по абсолютной величине скорости света. Такой парадоксальный результат Шрёдингер в 1930 году объяснил [16] наличием у электрона двух компонент скорости – обычной (*медленной*) и *быстроосциллирующей* с частотой, отвечающей периоду *волны де Бройля* для электрона. Он писал там же по этому поводу: «Квадрат каждой компоненты скорости может, следовательно, принимать только значение c^2 , причем наряду с этим он должен в таком случае являться также средним значением (математическим ожиданием) для многих измерений на одном и том же волновом пакете. Сама компонента скорости допускает лишь значения $\pm c$. Ее математическое ожидание может быть и в общем случае будет меньшим».

Рассмотрим далее разлет двух объектов, например ракет, – из общего центра. Пусть ракеты движутся во взаимно противоположных направлениях и обладают одинаковой по абсолютной величине скоростью v , с которой они удаляются от неподвижного центра разлета (система отсчета $K1$). Перейдем теперь к движущейся системе отсчета $K2$, жестко связанной с одной из ракет; очевидно, в этой новой системе отсчета данная ракета будет неподвижной, а другая ракета будет удаляться от нее со скоростью $u=2v$ (в нерелятивистском приближении). Если же скорость удаления достаточно велика, то скорость взаимного удаления должна вычисляться по известному правилу теории относительности (см., в частности, [17]), то есть в данном случае будет равна $u = 2v / (1 + \frac{v^2}{c^2})$, где c – скорость света в вакууме. В пределе эта итоговая скорость взаимного удаления будет стремиться к c , даже если одна из ракет по какой-либо причине прекратит свое движение относительно неподвижного центра. По мере приближения скорости взаимного удаления ракет u к скорости света собственное время удаления и собственное расстояние, на которое другая ракета удаляется, сократятся в соответствии с релятивистским множителем $\gamma = \sqrt{1 - v^2/c^2}$ и в пределе будут стремиться к нулю. Иначе говоря, согласно теории относительности, для летящих (в том числе – разлетающихся) со скоростью света фотонов расстояния и отрезки времени не существуют. То, о чем мы говорим, по существу представляет собой хорошо известный в теории относительности парадокс часов. Он проверен экспериментально, в том числе на примере реальной работы глобальной системы навигации GPS [18].

3. Отложенный выбор

В мысленном эксперименте Уилера, представленном на рис. 1, фотон поступает на вход интерферометра Маха–Цендера [6]. Относительная фаза ϕ

между двумя плечами интерферометра регулируется так, что фотон с полной определенностью должен регистрироваться на выходе D_0 . То есть интерференция будет полностью конструктивной на выходе D_0 и полностью деструктивной на выходе D_1 . Такое измерение как будто ясно подчеркивает волновой аспект квантовой частицы. Однако наблюдатель имеет возможность изменить вышеописанный эксперимент, в частности, путем удаления второго светоделителя интерферометра (показанного пунктиром). В этом случае он осуществит измерение типа «который путь (which-path)». Фотон будет зарегистрирован в каждой моде с вероятностью $\frac{1}{2}$, демонстрируя корпускулярное поведение.

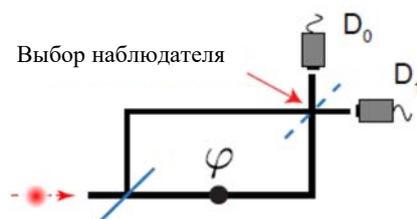


Рис. 1. Мысленный эксперимент Уилера с отложенным выбором [6]

Главная идея этого эксперимента – свобода выбора: какой эксперимент выполнять (то есть либо интерференция, либо «который путь» – волновой или корпускулярный объект) в тот момент, когда частица *уже* находится внутри интерферометра. Таким образом, частица не может знать заранее (например, благодаря скрытым параметрам) типа эксперимента, который будет проведен, поскольку этот выбор просто еще не был сделан до момента попадания фотона в интерферометр.

В развитие этой идеи были выполнены знаменитые эксперименты, в которых отложенный выбор вообще создавал иллюзию – в лабораторной системе отсчета, что результат эксперимента может даже предшествовать моменту выбора [19; 20]. Естественно, это породило длительные и глубокие дискуссии о причинности [7]. С нашей точки зрения, указанная иллюзия порождена именно некорректным в данном случае использованием лабораторной системы отсчета, тогда как в действительности событие выбора и событие детектирования всегда идеально *синхронны* (см. также [14]).

4. Эксперимент ЭПР

Одним из наиболее известных парадоксов квантовой теории, сформулированным еще в знаменитой статье [13], является наличие корреляций между состояниями двух достаточно удаленных запутанных частиц (парадокс ЭПР). Джон Белл [21] в 1964 году вывел неравенство, которому должны удовлетворять эти корреляции в случае обычных (классических) частиц, связанных общим прошлым. Однако он же показал, что это неравенство при некоторых условиях может нарушаться в квантовой механике. В дальней-

шем это было многократно подтверждено экспериментами, начиная с работ группы Аспэ [22].

На рис. 2 показана упрощенная схема типового ЭПР-опыта с фотонами. Общий источник излучает пару запутанных фотонов, поляризационное состояние которых может быть измерено Алисой и Бобом (каждый измеряет линейную поляризацию «своего» фотона). Степень корреляции состояний зависит *только* от разности углов между ориентациями поляризаторов, выполняющих роль измерителей. После эмиссии ЭПР-пары вплоть до измерений состояние фотонов считается неопределенным. При этом квантовая механика подразумевает (и это подтверждено – для лабораторной системы отсчета – многочисленными экспериментами с быстродействующим переключением поляризаторов, см., например, [22]), что измерение, выполненное в каком-либо месте, приводит к «мгновенному» воздействию на всю систему в целом (включая любую ее часть) и переводит ее в измеренное собственное состояние. Это означает, что, вообще говоря, даже если только Алиса (или только Боб) измерит поляризацию своего фотона, то и в этом случае состояние другого фотона *мгновенно* окажется определенным¹. При этом обычно по умолчанию подразумевается, что оба измерения проводятся в одной и той же лабораторной системе отсчета (где оба детектора неподвижны, рис. 2), то есть по единой шкале времени.

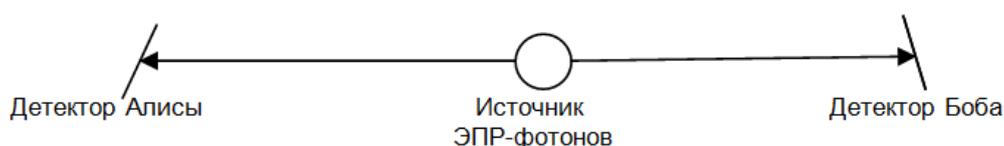


Рис. 2. Схема определения моментов регистрации двух фотонов. Моменты времени регистрации фотонов определяются в одной и той же лабораторной системе отсчета (оба детектора неподвижны)

Парадокс часов позволяет понять, что происходит: для второго фотона, удалявшегося от первого фотона со скоростью света, время путешествия «не течет» и пройденное расстояние в пространстве «не увеличивается», то есть *мера квантовой нелокальности для нашей системы фотонов, оказываясь величиной относительной, уменьшается до нуля*. И это не кажущийся, а совершенно объективный феномен, идентичный реальной разнице в замедлении времени движущегося объекта по сравнению с неподвижным. Более того, *только* в лабораторной системе отсчета есть смысл говорить о различии в моментах измерения над одним и другим запутанными фотонами: для них в действительности это всегда *синхронные* события, какими бы разновременными они ни казались в лабораторной системе отсчета. Собственно говоря, ЭПР-опыты являются прямым подтверждением этого факта.

¹ Впрочем, чтобы проверить корреляцию состояний фотонов (по результатам многократно повторенных экспериментов), все равно необходимо измерять состояния обоих фотонов, так что, с нашей точки зрения, допустимо предположить, что процедура измерения в данном случае подразумевает завершение *обоих* измерений над двумя фотонами.

Помимо чисто временного аспекта здесь мы сталкиваемся и с проявлением квантовой нелокальности. Еще более интересные особенности последней мы рассмотрим далее.

5. Измерения без взаимодействия

В 1993 г. Элицур (Elitzur) и Вайдман (Vaidman) предложили эксперимент, в котором иногда может быть выявлено присутствие некоторого объекта без поглощения фотона. Эксперименты, подтверждающие осуществимость такого рода измерений без непосредственного взаимодействия, были представлены в работе [23].

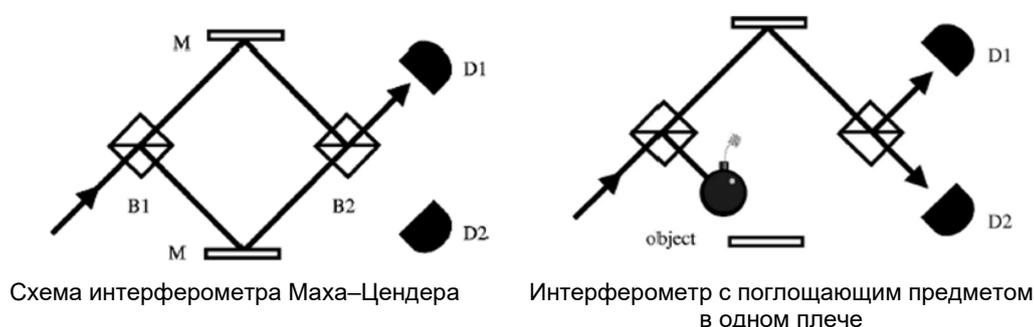


Рис. 3. Схема «измерения без взаимодействия»

В схеме слева фотон может попасть только на детектор D1. Предположим, что в нижнем плече интерферометра вместо зеркала находится абсолютно поглощающий предмет, как показано справа. Фотон может достичь первого детектора, как и раньше, но теперь он также имеет вероятность быть поглощенным или попасть во второй детектор. Последняя возможность представляет собой измерение присутствия объекта без взаимодействия, потому что свет никогда не попал бы во второй детектор, если бы поглощающий объект отсутствовал. Объяснение обычно основывается на квантовой нелокальности (в лабораторной системе отсчета), хотя остается парадоксальным «нематериальный» перенос информации. Если же принять нелокальность *относительной*, то парадокс исчезает.

6. Парадокс Тетроде

Известен замечательный по глубине тезис Хьюго Тетроде [24]:

«Солнце не излучало бы, если бы где-либо не нашлось тела, способного поглотить это излучение... Например, если я вчера наблюдал с помощью телескопа звезду, удаленную, скажем, на 100 световых лет, то не только я знаю, что испущенный ею 100 лет назад свет достиг моего глаза, но также и звезда или ее отдельные атомы уже 100 лет назад знали, что я, который

даже еще не существовал тогда, вчера вечером увижу этот свет в такое-то время».

Но как удаленная звезда может «знать», где и когда в будущем будет зарегистрирован испущенный ею фотон? С нашей точки зрения, это яркий пример проявления нелокальности, характерный для лабораторной системы отсчета.

7. Прямое межчастичное взаимодействие

Уилер и Фейнман в 1945 г., стремясь обосновать тезис Тетроде, предложили схему «мгновенного» (прямого межчастичного) взаимодействия электронов со всеми возможными будущими поглотителями испускаемого ими излучения [25; 26]. Эта идея, в частности, позволяет легко вывести так называемое «радиационное затухание» излучения, но при этом использует довольно сложные представления о комбинации опережающих и запаздывающих волн. С нашей точки зрения, можно рассматривать прямое межчастичное взаимодействие (дальнодействие) как одно из проявлений эффекта нелокальности в лабораторной системе отсчета.

8. Концепции близкодействия и дальнодействия, квантовая телепортация

В классической физике основоположниками концепции близкодействия обычно считают Декарта и Фарадея. При этом подразумевается, что взаимодействия передаются через особых материальных посредников, такие взаимодействия осуществляются с конечной скоростью. Напротив, согласно концепции дальнодействия, тела должны действовать друг на друга без материальных посредников (через «пустоту») на любом расстоянии, такие взаимодействия осуществляются с бесконечно большой скоростью.

С нашей точки зрения, концепция дальнодействия в физике, по существу, непрерывно переходит в концепцию близкодействия, так как речь идет о *мгновенном* переносе (в предельном случае движущегося фотона, чье «собственное» пройденное расстояние стремится к нулю) взаимодействия квантами электромагнитного поля – фотонами. Это соображение непосредственно применимо к эффекту квантовой телепортации [27] и объясняет его, когда неизвестное квантовое состояние мгновенно передается на (теоретически сколь угодно большое) произвольное расстояние. Так, в 2017 г. в Китае осуществили квантовую телепортацию между космосом и Землей на расстояние более 1,2 тысячи километров. В ходе экспериментов параллельно контролировалось нарушение неравенств Белла, что свидетельствовало о наличии квантовой нелокальности и мгновенного коллапса вектора состояния квантовой системы, то есть полностью исключало возможность классического описания эффекта. Эффективность передачи информации новым

методом на 17 порядков превышает показатели распространенных коммерческих оптиковолоконных кабелей².

9. Как квантовая частица «прощупывает» Вселенную

Как известно, Ричард Фейнман в рамках квантовой электродинамики предложил [28] модель распространения квантовых частиц, в которой реальная траектория между точками *A* и *B* возникает как некоторая сумма всех гипотетически возможных виртуальных траекторий, взятых со своими фазовыми множителями. Но как частица успевает мгновенно «прощупать всю Вселенную»? Некоторые физики считают, что это всего лишь математическая конструкция. Однако, по нашему мнению, в соответствии с парадоксом часов для частицы, движущейся со скоростью света, вся Вселенная «стягивается» в 4-мерную точку нулевого размера, так что подобное «прощупывание» действительно может происходить мгновенно.

10. Релятивистская причинность и корреляции

Интересным представляется вопрос о *сущностных* различиях между причинным воздействием одного объекта на другой (с одной стороны) и корреляцией между состояниями этих объектов (с другой стороны). С нашей точки зрения, между причинно-следственной связью и корреляционной связью существует «плавный» физический переход. В лабораторной системе отсчета мгновенное взаимодействие между запутанными частицами выглядит как взаимодействие со *сверхсветовой* скоростью. При этом интервал собственного времени фотона представляется мнимой величиной, это соответствует чисто *колебательному* процессу и реализуется с очень высокой частотой, отвечающей *энергии покоя* элементарной частицы (примером является «дрожание» дираковского электрона). *Среднее* (но не *среднеквадратичное!*) значение переносимой энергии в таких колебательных процессах равно нулю. Иными словами, направленная *передача* энергии из одной точки пространства в другую принципиально отсутствует, но это в общем случае не означает, что между данными точками принципиально отсутствует *любое* физическое взаимодействие.

11. Близкие подходы

Следует отметить, что некоторые исследователи пытались ввести и объяснить «мгновенное» взаимодействие, используя представления о некотором скрытом от нас этапе обычного взаимодействия. Например, в [29] была предложена так называемая транзакционная интерпретация (ТИ) кванто-

² В Китае осуществили квантовую телепортацию. – URL: <https://lenta.ru/news/2017/06/16/photon/>; Satellite-based photon entanglement distributed over 1,200 kilometers. – URL: https://www.eurekalert.org/pub_releases/2017-06/uosa-spe061217.php

вой механики. Согласно ТИ, при излучении и поглощении квантовой частицы находящиеся на произвольном расстоянии источник и приемник частицы осуществляют своего рода мгновенную транзакцию (аналог банковской процедуры), в ходе которой согласуются параметры данного квантового процесса. В этой интерпретации коллапс волновой функции происходит «вне времени», то есть сразу по всей транзакции, а не в конкретный момент, и процесс излучения/поглощения симметричен во времени. Для обоснования этой схемы привлекается идея двух волн волновых функций (прямой и обратной во времени), аналогично идее Уилера – Фейнмана для электромагнитного поля [30]. Близкая по духу концепция «скрытого» времени была предложена в работах [31] и [32]. В них предполагается, что физическое пространство-время дискретно, а ткань пространства-времени состоит из элементарных событий, то есть характерный пространственный размер «ячейки» порядка размера атома, поглотившего фотон, а временной размер – порядка времени перехода с одного уровня на другой. Физическое время в каждом конкретном эксперименте можно измерить только количеством элементарных событий, нормированным определенным образом. В теорию можно ввести сигналы из скрытых параметров, которые, и это существенно, – представляют собой часть математического аппарата теории, они не являются физическими величинами, которые можно измерить и обнаружить. Они эволюционируют в скрытом времени, которое тоже не является физическим понятием, а принадлежит лишь математическому аппарату теории.

Заключение

В результате вышеизложенного мы приходим к выводу, что парадокс часов в квантовой механике имеет гораздо более важное значение, чем это обычно признается. С ним связаны многие удивительные феномены и парадоксы квантовой механики, в том числе парадокс ЭПР, телепортация, отложенный выбор и т.п. В парадоксе ЭПР, как мы попытались показать, очень важным является отказ от присущей лабораторной системе отсчета точки зрения о одновременности измерений Алисы и Боба. В действительности, независимо от степени их взаимной удаленности, для ЭПР-партнеров оба измерения в силу парадокса часов оказываются синхронными. Аналогичным образом устраняется парадокс отложенного выбора. Его нужно связывать не с мгновенностью коллапса волновой функции на произвольном расстоянии, а со спецификой выбранной специальной системы отсчета, где исходное и финальные измерения всегда синхронны, как и в случае ЭПР-эксперимента. В рамках предлагаемого подхода при телепортации исходное и финальное состояния только в лабораторной системе отсчета должны рассматриваться как удаленные; существует система отсчета, в которой эти квантовые состояния разделены нулевым расстоянием.

Наконец, предлагаемый подход позволяет увидеть плавное слияние концепции близкодействия с концепцией дальнодействия, поскольку мера

взаимной удаленности оказывается относительной и в выделенной системе отсчета K_2 , где расстояние стремится к нулю, это взаимодействие осуществляется мгновенно. Более того, рассмотренная концепция вполне согласуется и с реляционно-статистической парадигмой (см., например, [1–3] и цитируемую там литературу).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Книга 3. Реляционные основания искомой парадигмы. – М.: ЛЕНАНД, 2018.
2. *Владимиров Ю.С.* Реляционные основания теории пространства-времени и взаимодействий // *Пространство-время и фундаментальные взаимодействия.* – 2015. – № 4 (13). – С. 57-74.
3. *Белинский А.В., Владимиров Ю.С.* Реляционно-статистическая природа закономерностей квантовой теории // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия.* – 2016. – № 1 (14). – С. 32–42.
4. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 3: Реляционные основания искомой парадигмы. – М.: ЛЕНАНД, 2018.
5. *Belinsky A.V., Shulman M.H.* A possible origin of quantum correlations // *Journal of Russian Laser Research.* – 2017. – Vol. 38. – No 3. – P. 230-240.
6. *Wheeler J.A.* Quantum Theory and Measurement // eds J. A. Wheeler and W. H. Zurek. – Princeton University Press, 1984. – P. 182–213.
7. *Ma X., Kofler J., Zeilinger A.* Delayed-choice gedanken experiments and their realizations // *Rev. Mod. Phys.* – 2016. – V. 88. – P. 015005-1–015005-28.
8. *Suarez A.* Preferred Frame versus Multisimultaneity: meaning and relevance of a forthcoming experiment. – ArXiv:quant-ph/0006053 v1 10 Jun 2000.
9. *Suarez A.* The Story behind the Experiments. – URL: www.quantumphil.org
10. *Suarez A.* Time and nonlocal realism: Consequences of the before-before experiment. – ArXiv:0708.1997v1 [quant-ph] 15 Aug 2007.
11. *Stefanov A., Zbinden H., Gisin N., Suarez A.* Quantum entanglement with acousto-optic modulators: Twophoton beats and Bell experiments with moving beam splitters // *Physical Review A.* – 2003. – V. 67. – P. 042115-1 – 042115-13.
12. *Gaasbeek B.* Demystifying the Delayed Choice Experiments // ArXiv:1007.3977v1 [quant-ph] 22 Jul 2010.
13. *Einstein A., Podolsky B., Rosen N.* Can Quantum-Mechanical description of physical reality be considered complete? // *Phys. Review.* – 1935. – V. 47. – Issue 10. – P. 777–780.
14. *Белинский А.В.* О нарушении причинности в квантовых экспериментах // *Вестник МГУ. Сер. 3: Физика, астрономия.* – 2018. – № 3. – С. 14–25.
15. *Dirac P.A.M.* The Quantum Theory of the Electron // *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences.* – 1928. – V. 117. – No. 778. – P. 610–624.
16. *Schrodinger E.* Uber die kraftefreie Bewegung in der relativistischen Quantenmechanik («On the free movement in relativistic quantum mechanics»). – Berliner Ber, 1930. – P. 418–428.
17. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. – М.: Наука, 1973.
18. *Филипп Ям.* Повсеместный Эйнштейн // *В мире науки.* – 2004. – № 12. – С. 30–35.
19. *Kim Y.-H., Yu R., Kulik S.P., Shih Y., Scully M.O.* Delayed “Choice” Quantum Eraser // *Physical Review Letters.* – 2000. – V. 84. – № 1. – P. 1–5.
20. *Ma X., Kofler J., Qarry A. et al.* Quantum erasure with causality disconnected choice // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2013. – V. 110. – No. 4. – P. 1221–1226.

21. *Bell J.S.* On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox // *Physics*. – 1964 – V. 1. – No. 3. – P. 195–200.
22. *Aspect A.* Experimental tests of Bell's inequalities in atomic physics. In I. Lindgren, A. Rosen, and S. Svanbeg (eds.) // *Atomic Physics 8*. – New York: 1983. Plenum. – P. 103–128.
23. *Kwiat P., Weinfurter H., Zeilinger A.* Quantum seeing in the dark // *Sci. Am.* – 1996. – V. 1275. – No. 5. – P. 72–78.
24. *Tetrode H.* Uber den Wirkungszusammenhang der Welt. Eine Erweiterung der Klassischen Dynamik // *Zeits. f. Physik*. – 1922. – No. 10. – P. 317–328.
25. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Interaction with the Absorber as the Mechanism of Radiation // *Reviews of Modern Physics*. – 1945. – No. 17. – P. 156.
26. *Владимиров Ю.С., Турыгин Ф.Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
27. *Bennett C.H., Brassard G., Crepeau C. et al.* Teleporting an Unknown Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels // *Physical Review Letters*. – 1993. – V. 70. – № 13. – P. 1895–1899.
28. *Feynman R.P.* The Strange Theory of Light and Matter. – Princeton University Press, 1985.
29. *Cramer J.G.* The transactional Interpretation of Quantum Mechanics // *Rev. of Mod. Phys.* – 1986. – V. 58. – P. 647–688.
30. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Interaction with the Absorber as the Mechanism of Radiation // *Reviews of Modern Physics*. – 1945. – No. 17. – P. 157-181.
31. *Куракин П.В., Малинецкий Г.Г.* Концепция скрытого времени и квантовая электродинамика // *Квантовая Магия*. – 2004. – Т. 1. – Вып. 2. – С. 2101–2109.
32. *Каминский А.В.* Скрытое пространство-время в физике // *Квантовая Магия*. – 2005. – Т. 2. – Вып. 1. – С. 1101–1125.
33. *Zur Quantendynamik des Elektrons*. – Berliner Ber, 1931. – P. 63–72.

QUANTUM MECHANICS AND THE CLOCK PARADOX

A.V. Belinsky, M.H. Shulman

*Faculty of Physics, Moscow Lomonosov State University,
Institute for the Study of the Nature of Time*

It is well known that time flows differently in different reference systems. In this connection, various aspects of the manifestation of the clock paradox in quantum mechanics are considered. It is shown that a number of “mysterious” phenomena can be explained if we take into account the clock paradox in the propagation of quantum particles. It is shown that all these phenomena can be explained using the united viewpoint. Really, for the moving photons the time currency is stopped and the travel length tends to zero. In other words, all the Universe “contracts” for them into the space-time point. So, the observed situation seems to be very different from this one in a laboratory reference frame. For example, any measurements on a pair of EPR-photons become exactly synchronized. Due the same reasons, some illusion of the causality violation may appear in the experiments with the quantum eraser where one entangled photon detection is directed by another photon later manipulation. As we believe, the conventional opinion about quantum non-locality is not correct because of the non-locality measure turns out to be relative (not

absolute) and depends on the reference frame choice, it may tend to zero. The more, such approach is correct for a massive particle (for example, electron), not for photon only. So, one could explain the “delayed choice”, Einstein–Podolsky–Rosen experiments, quantum teleportation, Tetrode’s paradox, “spooky action at a distance”, “direct action between particles”, instant quantum particle propagation via multiples trajectories, interaction-free measurement, passage from cause-effect link to correlations. Another important aspect of our concept is the convergence of the concept of long-range interaction and short-range interaction in physics, as well as an understanding of the causal and correlation mechanism of interaction between particles.

Keywords: relativity; quantum mechanics; quantum correlations; quantum; superluminal velocity; relativistic causality; entangled states.

РЕАЛЬНОСТЬ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ И МАНИПУЛЯТИВНЫЙ АРГУМЕНТ*

В.Э. Терехович**

*Институт философии
Санкт-Петербургского государственного университета*

В статье рассматривается проблема реальности волновой функции квантовой теории. Перечислены основные точки зрения на реальность ненаблюдаемых объектов теорий вообще и волновой функции в частности. Особое внимание уделено манипулятивному аргументу, предложенному Я. Хакингом и Н. Картрайт в рамках экспериментального реализма. Сильные и слабые стороны этого аргумента рассматриваются на примере технологий квантовой криптографии и квантового компьютера, а также экспериментов с «отложенным выбором» и «квантовым ластиком». Несмотря на возможность манипулировать объектами с помощью волновой функции, это еще не является достаточным аргументом в пользу ее реальности. Однако такие манипуляции могут подтвердить гипотезу о том, что волновая функция отражает некую реальную внутреннюю структуру квантовой системы.

Ключевые слова: квантовая механика, волновая функция, реализм, анти-реализм, экспериментальный реализм, структурный реализм.

Практически одновременно с созданием квантовой механики развернулась дискуссия не только об ее истинности как теории, но и о том, какое отношение к реальности имеют вводимые этой теорией ненаблюдаемые объекты. В первую очередь это касается квантового состояния, которое описывается волновой функцией или вектором состояния. В отличие от классической физики квантовая теория изучает не набор однозначных свойств объекта, которые можно измерить одновременно, а волновую функцию (вектор состояния), содержащую полную информацию обо всех возможных значениях свойств квантовой системы. Предполагается, что до измерения эти возможные значения находятся в суперпозиции. Они как бы сосуществуют вместе и даже интерферируют друг с другом. Поэтому до измерения в принципе невозможно определить, какими конкретными свойствами обладает система. До измерения волновая функция (а значит, и все возможные состояния системы) может изменяться во времени в соответствии с дифференциальным уравнением Шредингера – детерминистическим и обратимом. Но во время измерения система непредсказуемым образом переходит только в одно из своих возможных состояний. Как именно происходит такой скачок, как отбирается одна из возможностей, теория не описывает. Она позволяет

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-011-00920 «Революционные трансформации в науке как фактор инновационных процессов: концептуальный и исторический анализ».

** E-mail: v.terekhovich@gmail.com

вычислить только вероятность каждого отдельного показания прибора (правило М. Борна). И эти вычисления прекрасно согласовываются с наблюдениями.

Проблема в том, что формализм квантовой теории ничего не говорит о реальности, точнее, о характере существования квантовых объектов и их свойств до момента измерения. Задача теории ограничивается предсказанием наблюдаемых явлений. Неудивительно, что создатели квантовой теории пытались придать новым теоретическим понятиям, моделям и их математическим формализмам хоть какой-то физический смысл. В первую очередь они искали аналогии из других, уже известных физических теорий. Например, классические аналогии с волнами, фазами, полями, интенсивностью излучения, статистической вероятностью и т.п. С этих поисков началась дискуссия о реальности объектов квантовой теории. Велась она в форме соревнования между различными интерпретациями квантовой механики, создатели которых опирались на собственные философские и методологические убеждения. Каждая такая интерпретация пыталась ответить на два основных вопроса:

- Что скрывается за значками уравнений разных формализмов квантовой теории?
- Почему формализмы квантовой теории так точно соответствуют экспериментам?

В современной философии науки дискуссия о реальности объектов научной теории часто рассматривается в контексте противостояния различных версий научного реализма и анти-реализма [6]. Под научным реализмом понимают позицию, разделяющую три тезиса. Согласно метафизическому тезису, мир существует независимо от нашего понимания и наблюдения за ним. Эпистемический тезис гласит, что успешные научные теории с высокой степенью вероятности отражают реальность. Семантический тезис утверждает, что теоретические термины успешных научных теорий обозначают реальные физические объекты и их свойства, даже если эти объекты ненаблюдаемы. Сторонники анти-реализма обычно отрицают все три тезиса.

Научные реалисты приводят ряд аргументов:

- 1) реализм – это лучшее объяснение успеха науки, иначе мы вынуждены поверить в чудо;
- 2) наука делает всё новые и новые предсказания, и они тоже подтверждаются опытом;
- 3) предсказания теорий соответствуют опыту даже при росте точности измерений;
- 4) предсказанные факты подтверждаются разными теориями.

У анти-реалистов есть не менее сильные аргументы:

- 1) логический аргумент о недоопределенности научных теорий эмпирическими данными;

2) исторический аргумент пессимистической индукции, гласящий, что даже самые успешные теории рано или поздно устаревают, а после научных революций меняются не только теории, но и парадигмы.

Встречаются еще аргументы, связанные с ограниченностью экспериментов и их теоретической нагруженностью, а также с плюрализмом интерпретаций одних и тех же теорий.

Игнорировать аргументы обеих сторон довольно трудно, поэтому неизбежно возникают компромиссные варианты. Например, конструктивный эмпиризм (Б. ван Фраассен), оставаясь анти-реалистическим, принимает эпистемический тезис реалистов. Одновременно он утверждает, что мы никогда не сможем узнать, существуют ли на самом деле объекты, постулируемые теориями (как наблюдаемые, так и ненаблюдаемые), в лучшем случае это полезные конструкции ума, идеализации или набор эмпирических данных. Для науки вполне достаточно эмпирической адекватности теории.

Благодаря развитию квантовой теории поля и ее экспериментальным подтверждениям возникло несколько ослабленных версий реализма. Например, экспериментальный или сущностный реализм (Я. Хакинг, Н. Картрайт). Он, наоборот, отказывается от эпистемического тезиса, а наиболее надежным критерием реальности ненаблюдаемых объектов теории называет возможность манипулировать ими в эксперименте, благодаря чему можно влиять на другие реальные объекты. Раз объект участвует в причинном влиянии, значит, он существует.

Различные версии структурного реализма пытаются преодолеть аргументы анти-реалистов путем рассмотрения не самих объектов, а структур – устойчивых систем отношений между объектами. Согласно эпистемической версии (Дж. Уоррелл, Г. Максвелл), объекты и свойства непознаваемы, мы можем познавать только структуры реальности, выраженные математическими формализмами теорий. Онтическая версия (Дж. Лэдиман, С. Френч) предлагает полностью отказаться от понятия индивидуальных объектов и их свойств в пользу онтологии структур как фундаментальных элементов реальности, например, различных групп симметрий. В конструктивной версии структурного реализма (Т. Цао) подчеркивается, что теоретические конструкции ненаблюдаемых сущностей всегда будут неполными и должны постоянно реконструироваться на основе возрастающего структурного знания в процессе взаимодействия между теорией, экспериментом и философской интерпретацией теории.

Все точки зрения на реальность объектов квантовой теории можно условно разделить на три большие группы – две реалистические и одну анти-реалистическую.

С точки зрения первой группы, назовем ее классическим реализмом, свойства квантовых объектов, как и классических, существуют объективно и не зависят от наблюдения, но они не описываются квантовой теорией. Никаких квантовых парадоксов не существует, поскольку квантовая теория – это лишь инструмент, временная модель, математический способ предсказания

результатов наблюдений. Подобный подход лежит в основании различных статистических интерпретаций и интерпретаций с локальными скрытыми параметрами.

Другой реалистический подход с условным названием квантовый реализм объединяет ряд интерпретаций, где существование квантовых объектов совместимо с формализмом квантовой теории. Уже до наблюдения можно говорить о существовании неких квантовых сущностей, хотя их взаимодействия могут сильно отличаться от классических в первую очередь своей нелокальностью и отсутствием однозначной причинности при переходе от квантовых явлений к классическим. На роль таких сущностей в разных интерпретациях предлагались волны материи, волны вероятности, нелокальные потенциалы. В более поздних интерпретациях к ним добавились: предрасположенности, отношения, согласованные истории, квантовые операторы, миры, кубиты и, наконец, сама волновая функция.

Третья группа – квантовый анти-реализм представлен в первую очередь Копенгагенской интерпретацией, а недавно еще и квантовым байесизмом (Q-bism). В отличие от квантового реализма волновая функция здесь отражает не информацию, находящуюся в квантовом объекте или внутри системы «квантовый объект–окружение–прибор», а описывает исключительно наше знание, то есть информацию для сознающего наблюдателя. Поскольку Копенгагенскую интерпретацию поддерживали многие физики, стоявшие у истоков квантовой механики и разделяющие позицию Н. Бора и В. Гейзенберга в их споре с А. Эйнштейном, до сих пор многие ошибочно полагают, что Копенгагенская интерпретация и квантовая теория – это одно и то же.

Несмотря на противоположное отношение к реальности квантовых объектов, взгляды сторонников классического реализма и квантового анти-реализма на характер существования волновой функции в чем-то близки. Для тех и других она является эпистемологическим объектом, описывающим знание наблюдателя. Только в случае классического реализма – это приближенное знание или незнание о каком-то одном действительном состоянии из нескольких возможных. В качестве аналогии приводят распределение вероятностей уже произошедших событий в статистической физике. В случае квантового анти-реализма – это полное знание (степень уверенности) обо всех возможных результатах будущих опытов. Поэтому, с определенными оговорками, классический реализм и квантовый анти-реализм можно отнести к так называемой пси-эпистемологической точке зрения, согласно которой одно и то же реальное физическое состояние может быть совместимо с различными квантовыми состояниями [12]. И только квантовый реализм можно отнести к пси-онтической точке зрения, согласно которой каждому физическому (онтическому) состоянию соответствует только одно квантовое состояние, которое как раз и описывает волновая функция. Таким образом, хоть какая-то степень реальность волновой функции подразумевается только в интерпретациях, относящихся к квантовому реализму.

Благодаря развитию технологий в 1980-х гг. дискуссия между разными подходами к реальности квантовых состояний от теоретических аргументов постепенно перешла в лаборатории. Далее рассмотрим несколько аргументов в пользу реальности волновой функции в контексте конкретных экспериментов и технологий.

Семантический тезис научных реалистов гласит, что если ненаблюдаемый объект упоминается в теории, хорошо подтвержденной экспериментом, скорее всего, этот объект существует. Однако, по мнению Г. Максвелла, этот критерий реальности основан на старой ошибке, когда значение «существовать» путают со свидетельством о существовании [3]. Примером такой путаницы может служить попытка доказать реальность «волны вероятности» тем, что волновое уравнение Шредингера предсказывает и, казалось бы, даже объясняет наблюдаемые волновые свойства квантовых частиц. Но тут же возникал вопрос, о каких волнах идет речь. Сначала говорили о «волнах материи», потом ссылались на корпускулярно-волновой дуализм из Копенгагенской интерпретации, согласно которому квантовые объекты могут проявляться в опыте то как волны, то как частицы. Правда, из теории следовало, что волновая функция – это не классическая волна какого-то поля, а как минимум математическая структура, описывающая корреляции между всеми возможными исходами измерений. В опыте квантовые объекты регистрируются как частицы, а их волновой характер можно обнаружить только в статистической обработке серии экспериментов. По сути, в теории интерферируют не волны, а те самые возможные исходы. Термин «интерференция» здесь означает не сложение классических волн, а лишь математическую операцию векторного анализа.

С появлением квантовой электродинамики в рамках квантовой теории поля объяснительная сила корпускулярно-волнового дуализма существенно ослабла. В формализме «интегралов по траекториям» Р. Фейнмана изучение эволюции квантового состояния до измерения заключается в суммировании вкладов всех возможных переходов квантовой системы из одного состояния в другое. В аналогии с классическими волнами уже нет необходимости, а волны электромагнитного поля становятся лишь статистическим усреднением и удобной моделью. Ньютон оказался частично прав. «Свет существует именно в виде частиц... Это особенно важно знать тем из вас, кто ходил в школу, где возможно, что-то говорили о волновой природе света» [5. С. 23]. Вместо этого Фейнман использовал другую аналогию – с принципом наименьшего действия, представляя частицу как перемещающуюся сразу вдоль всех возможных траекторий [4. С. 41–48].

Несмотря на спорность семантического тезиса реалистов, аргументы анти-реалистов кажутся еще слабее. Максвелл критиковал само разделение объектов на наблюдаемые и ненаблюдаемые, поскольку возможность наблюдаемости связана с уровнем развития инструментов для наблюдения, а не с характеристиками реальных объектов (аргумент эволюции приборов). Это значит, что наблюдаемость в принципе не может использоваться для

установления онтологического статуса объектов [3]. Применительно к волновой функции это означает, что отсутствие ее экспериментального наблюдения в настоящее время еще не означает, что такого наблюдения не будет в будущем.

Похожий аргумент Я. Хакинг рассмотрел на примере развития микроскопов [7. С. 135]. Но основной его аргумент в пользу существования ненаблюдаемых теоретических объектов – это возможность манипулировать ими так, чтобы они влияли на другие наблюдаемые объекты. По мнению Хакинга, ни успешное объяснение, ни даже экспериментирование с объектом еще не позволяют сделать вывод о его существовании, «только манипулирование с объектом при экспериментировании с чем-нибудь другим может в этом убедить» [7. С. 272]. Этот аргумент он связал с причинностью: «...реальность относится к причинности и наши представления о реальности формируются нашими способностями к изменению мира» [7. С. 158]. Хакинг рассматривал пример электрона, но этот же критерий можно применить и к волновой функции. Если манипуляции с волновой функцией влияют на другие наблюдаемые объекты, она вполне может быть признана реально существующей, поскольку является причиной наблюдаемых явлений.

Одно из возражений против критерия манипулятивности заключается в его излишней узости. Например, мы не можем манипулировать космическими объектами, но это не означает, что их не существует. Это возражение можно преодолеть, если под манипулированием понимать не только лабораторное воздействие, но и наблюдение причинного действия ненаблюдаемого объекта на наблюдаемые объекты, в реальности которых мы не сомневаемся. В частности, в реальности такого ненаблюдаемого объекта, как темная материя, сегодня уже мало кто сомневается.

Хорошей иллюстрацией манипулятивного аргумента могут служить технологии передачи квантовой информации, квантовой криптографии и квантового компьютера. Ведь они основаны как раз на манипуляциях с волновыми функциями запутанных квантовых состояний. Возможно поэтому для физиков и инженеров, работающих в этих областях, уже давно не стоит вопрос, существует ли суперпозиция квантовых состояний или нет.

Например, передача зашифрованной квантовой информации производится с помощью объектов, предварительно запутанных и разнесенных в пространстве. При манипуляции с волновой функцией одного из таких объектов в точке отправления его состояние разрушается и воссоздается для второго объекта в точке приема. Такое явление называют квантовой телепортацией. И тех, кто реализует эту технологию, не смущает, что сторонники классического реализма отрицают саму возможность квантовой запутанности. Защищая свою позицию, они напоминают, что квантовая телепортация не передает энергию или вещество на расстояние, а передача информации по классическому каналу не может осуществляться быстрее скорости света. Однако, строго говоря, эти аргументы относятся к 4-мерному пространству-времени и информации, получаемой классическим наблюдателем.

Но на квантовом уровне до измерения, скорее всего, еще нет ни того, ни другого.

Другой пример манипуляции волновой функцией реализован в прототипах квантового компьютера. Основная идея заключается в том, что процесс вычисления происходит в состоянии суперпозиции (в кубитах), которое описывается волновой функцией, а ответ выдается уже в виде классической информации (в битах). Чтобы получить квантовый регистр, несколько кубитов запутывают друг с другом, между ними возникает нелокальная корреляция. Манипулируя такими запутанными кубитами, можно заставить их производить вычисления. Результаты этих вычислений первоначально тоже находятся в суперпозиции, и когда мы пытаемся их узнать, то случайным образом получаем лишь один из них. Суперпозиция при этом разрушается. Для получения ответа с достаточной точностью (вероятностью) надо много раз повторить весь цикл вычислений. Получается, что члены суперпозиции все-таки обладают какой-то степенью существования, даже если мы не можем наблюдать сам процесс взаимодействия внутри квантового регистра, а только его результат. Иначе, откуда этот результат возникает?

Сторонник квантового реализма Д. Дойч утверждает, что экспоненциальное ускорение в квантовых вычислениях может быть правильно понято только в рамках многомировой интерпретации [2]. Другой вариант, но тоже в рамках квантового реализма, заключается в придании квантовой информации онтологического статуса [9]. Как компромисс между классическим и квантовым реализмом продолжается дискуссия о реализме в его нелокальной версии [1]. А недавно квантовый анти-реализм получил поддержку в лице интерпретации, названной Q-bism, где вероятность, как мера знания, заменяется на вероятность по Байесу, как меру уверенности [11].

Но всегда ли возможность манипуляций ненаблюдаемым теоретическим объектом говорит о его существовании? Ведь лабораторные манипуляции с ненаблюдаемыми объектами предполагают их теоретическую нагруженность. А значит, реализм в отношении ненаблюдаемых объектов неотделим от реализма в отношении теории. Например, если теоретическое представление о волновой функции изменится, то она может или вообще перестать существовать как теоретический объект, или стать предельным случаем другого теоретического объекта, например, оператора квантового поля с бесконечным числом степеней свободы, действующего на вакуумный вектор в пространстве Фока.

Хакинг и сам признает, что «многие свойства надежно приписаны к электронам, но большинство свойств выражено в многочисленных теориях или моделях, о которых экспериментатор может знать довольно мало» [7. С. 273]. Хотя манипуляции и позволяют зафиксировать существование объекта, но набор его свойств может постоянно уточняться. Поэтому теоретическую нагруженность ненаблюдаемых объектов Хакинг предлагает заменить семейством причинных свойств объекта, которые, как он думает, не зависят от теории. Хакинг уточняет, что «эксперимент не просто утверждает нечто

или докладывает о чем-то. Эксперимент – это действие, а не слова». Он ссылается на Н. Картрайт, которая считает, что теория сама по себе не содержит истины, а лишь помогает нам мыслить [10]. Не теории производят факты и не законы являются причиной явлений. Причинами являются конкретные действующие объекты, пусть даже и ненаблюдаемые. Применительно к волновой функции это означает, что в результате манипуляций над ней она сама становится действующим объектом – причиной наблюдаемых изменений.

Но и на это можно возразить, что понятия о причинных законах и о типах причинности сильно варьируются в различных физических теориях. В истории физики много примеров, когда считавшиеся достоверными случаи манипуляции оказывались ложными, и от подтвержденных таким образом ненаблюдаемых сущностей приходилось отказываться. Очевидный пример – сила тяготения, необходимость в которой как сущности отпала после создания общей теории относительности, где причиной стало считаться искривленное пространство-время. Причинные связи ньютоновой физики оказались ошибочными. А если представления о характере причинности – часть онтологии конкретной теории, то, отрицая эту теорию, можно ли продолжать использовать ее причинность?

Более того, в квантовой теории сам физический принцип причинности сталкивается с рядом трудностей. И если эти трудности имеют фундаментальный характер, насколько мы можем опираться на реальность причинно-следственных связей для квантовых явлений? Не будем забывать, что и само понятие причинности довольно противоречиво и является предметом богатой философской дискуссии.

Несмотря на перечисленные возражения, манипулятивный аргумент все еще обладает силой при объяснении ряда квантовых экспериментов. Возьмем к примеру эксперимент с «отложенным выбором», где вместо двух щелей используется интерферометр Маха–Цендера с двумя светоделителями с полупрозрачным зеркалом, установленными на входе и на выходе. Детекторы ставятся на выходе из интерферометра, то есть после того, как фотон пролетел через второй светоделитель. Эксперименты подтверждают предсказание квантовой теории о том, что включение или выключение второго светоделителя изменяет волновую функцию фотона между светоделителями, что, в свою очередь, влияет на срабатывание детекторов. Причем это изменение после выбора экспериментатора происходит со скоростью минимум в четыре раза быстрее скорости света [13].

Чтобы избежать прямого воздействия на фотоны, в экспериментах с «квантовым ластиком» манипуляция их волновой функцией производится не путем наблюдения, каким путем прошла частица, а путем информационной «маркировки» этих путей с помощью вспомогательных запутанных фотонов. Оказалось, что, когда основные фотоны помечены, интерференционная картина исчезает, но, если после прохождения фотонов через светоделитель информацию об их пути стереть, интерференционная картина появится

вновь. Причем манипулировать волновой функцией можно даже тогда, когда измерение уже произошло [14].

Думаю, что в ближайшее время наибольший интерес будут представлять эксперименты, направленные на прямую проверку гипотезы о реальности волновой функции, высказанной авторами PBR-теоремы [15]. Они математически показали, что волновая функция является не статистическим инструментом, а объективным состоянием квантовой системы, точнее, внутренней предрасположенностью к тому или иному проявлению в эксперименте, и эта предрасположенность не имеет отношения к нашему знанию или незнанию. Отсюда делается предположение, что любые психологические модели могут быть исключены или ограничены. Хотя сторонники квантового анти-реализма уверены, что в PBR-теореме остаются лазейки [16]. В одном из экспериментов было показано, что PBR-теорема выполняется, а статистическая эпистемологическая интерпретация не подтверждается. Это значит, что волновая функция должна напрямую соответствовать объективной реальности, если конечно такая реальность в принципе существует [17].

Подводя итог, можно сделать вывод, что возможность манипулировать другими объектами с помощью волновой функции еще не является достаточным аргументом в пользу ее реальности. Но, возможно, это аргумент в пользу гипотезы, что волновая функция все же отражает некую реальную внутреннюю структуру квантовой системы. Сторонник конструктивной версии структурного реализма Т. Цао считает, что реальность ненаблюдаемой сущности может быть выведена из реальности ее структуры, даже если этой сущностью не получается манипулировать [8]. В качестве примера он рассматривает кварки и глюоны. Можно предположить, что и волновая функция (вектор состояния) может лишь частично соответствовать некой более фундаментальной сущности, к пониманию которой мы будем приближаться по мере изучения свойств структур, в которых эта сущность участвует. Например, структур, ответственных за связь квантовых явлений и гравитации. Ведь, независимо от того, будем мы реалистами или анти-реалистами в отношении объектов теории, для нас всегда будет актуальной проблема истинности теории и ее дальнейшей экспериментальной проверки.

Рассмотренная здесь проблема реальности волновой функции иллюстрирует утверждение о том, что развитие инноваций в экспериментировании и технологиях может оказывать влияние на изменение научной картины мира в конкретной области. Если технологии обработки квантовой информации окажутся практически успешными, это может привести к очередному пересмотру привычных представлений о реальности физических объектов на фундаментальном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белинский А.В., Клецов А.А.* Нелокальный классический «реализм» и квантовая суперпозиция как отсутствие определенных значений физических величин до момента измерения // *Успехи физических наук.* – 2018. – Т. 188. – № 3. – С. 335–342.
2. *Дойч Д.* Структура реальности. Наука параллельных вселенных. – М.: Альпина нон-фикшн, 2015.
3. *Максвелл Г.* Онтологический статус теоретических сущностей // *Философия науки.* – 2005. – № 1 (24). – С. 20–48.
4. *Фейнман Р., Хибс А.* Квантовые интегралы по траекториям. – М., 1968.
5. *Фейнман Р.* КЭД – странная теория света и вещества. – М.: АСТ, 2014.
6. *Фурсов А.А.* Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. – М.: Издатель Воробьев А.В., 2013.
7. *Хакин Я.* Представление и вмешательство: Введение в философию естественных наук / пер. с англ. С. Кузнецова; науч. ред. Е.А. Мамчур. – М.: Логос 1998.
8. *Цао Т.Ю.* Структурный реализм и концептуальные вопросы квантовой хромодинамики // *Эпистемология и философия науки.* – 2008. – Т. 17. – № 3. – С. 143–156.
9. *Bub J.* Why the quantum? // *Studies in History and Philosophy of Science. Part B // Studies in History and Philosophy of Modern Physics.* 2004. – Vol. 35 (2). – P. 241–266.
10. *Cartwright N.* How the Laws of Physics Lie. – Oxford: UP, 1983.
11. *Fuchs C.A.* On participatory realism // *Information and Interaction. Eddington, Wheeler, and the Limits of Knowledge / I.T. Durham, D. Rickles (eds.).* – Springer, Cham, 2017. – P. 113–134.
12. *Harrigan N., Spekkens R.W.* Einstein, incompleteness, and the epistemic view of quantum states // *Foundations of Physics.* – 2010. – Vol. 40 (2). – P. 125–157.
13. *Jacques V. et al.* Experimental realization of Wheeler's delayed-choice gedanken experiment // *Science.* – 2007. – Vol. 315 (5814). – P. 966–968.
14. *Ma X. et al.* Quantum erasure with causally disconnected choice // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* – 2013. – Vol. 110 (4). – P. 1221–1226.
15. *Pusey M.F., Barrett J., Rudolph T.* On the reality of the quantum state // *Nature Physics.* – 2012. – Vol. 8 (6). – P. 475.
16. *Reich E.S.* A boost for quantum reality // *Nature.* – 2012. – Vol. 485 (7397). – P. 157.
17. *Ringbauer M. et al.* Measurements on the reality of the wavefunction // *Nature Physics.* – 2015. – Vol. 11 (3). – P. 249.

REALITY OF THE WAVE FUNCTION AND MANIPULATIVE ARGUMENT

V.E. Terekhovich

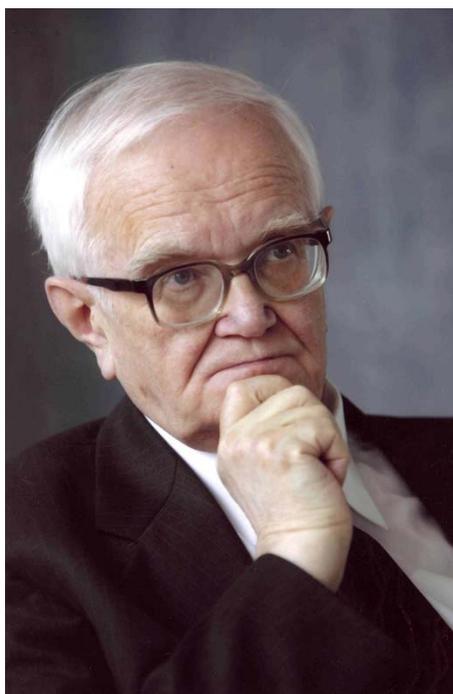
Institute of Philosophy, St. Petersburg State University

In the article, the author considers the problem of the reality of the wave function. The main approaches to the reality of unobservable objects of scientific theories and to the reality of the wave function are considered. Particular attention is focused on the manipulative argument proposed by J. Hacking and N. Cartwright in the framework of experimental realism. The strengths

and weaknesses of this argument are explored by the example of quantum cryptography and quantum computer technologies, as well as experiments with a “delayed choice” and “quantum eraser”. Despite the possibility to manipulate objects using the wave function, this is not a sufficient argument in favor of its reality. However, such manipulations can confirm the hypothesis that the wave function reflects a certain real internal structure of the quantum system.

Keywords: quantum mechanics, wave function, realism, anti-realism, experimental realism, structural realism.

ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ



Вячеслав Семёнович СТЕПИН
(19 августа 1934 г. – 14 декабря 2018 г.)

14 декабря 2018 года отечественная наука понесла невосполнимую потерю. На 85-м году ушел из жизни заместитель академика-секретаря Отделения общественных наук РАН, почетный директор Института философии РАН, Президент Российского философского общества, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий академик РАН Вячеслав Семёнович Степин, лидер отечественной философии, международно признанный специалист в области философии науки, человек широкой образованности, высокой культуры и личного обаяния. Вячеслав Семёнович являлся не только крупнейшим ученым, выдающимся организатором науки, но и прекрасным лектором, создателем научной школы, ставшим Учителем с большой буквы для нескольких поколений философов в России и Беларуси. Его концепция теоретического знания и типов научной

рациональности, понятие постнеклассической научной картины мира дают наиболее целостное представление об истории развития и перспективах техногенной цивилизации, что получило всеобщее признание, в том числе и за рубежом. Вячеслав Семёнович обладал многими талантами, был знатоком поэзии и владел художественным словом. Обучаясь на философском факультете БГУ в Минске, он параллельно изучал теоретическую физику на физическом факультете, что позволило ему быть высоким профессионалом в философии естествознания, на равных сотрудничать и обсуждать проблемы физики с выдающимися ее представителями.

Вячеслав Семёнович принадлежал к романтическому поколению шестидесятников, деятельных оптимистов, верящих в будущее нашей страны и непримиримых к идеологическим репрессиям. Таким он оставался до последних дней. За поддержку событий Пражской весны 1968 года он был исключен из партии, восстановлен же много позже по массовой просьбе его друзей и студентов. За годы отлучения от философии он профессионально овладел историей культуры, теорией художественного творчества и архитектуры, что и позволило многие годы спустя создать концепцию постнеклассической науки, включающей не только позитивистские, но и общекультурные дискурсы, способствовало диалогу двух культур в рамках философии науки, помогло создать концепцию мировоззренческих универсалий культуры и типов цивилизационного развития.

С именем Вячеслава Семёновича связано превращение Института философии из идеологического учреждения в подлинно научный институт. Став директором института в 1988 году, В.С. Степин ввел демократические принципы управления. Будучи директором академического Института в один из самых тяжелых периодов существования Академии наук, он был примером самоотверженной работы ученого. Своим ежедневным трудом Вячеслав Семёнович задавал стандарты академической работы ученого-философа. Независимо от того, какой пост он занимал в академической иерархии и насколько объемной была научно-организационная работа, он ни на день не прекращал исследовательскую работу и никогда не прерывал преподавательскую деятельность, последние тридцать лет был профессором Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Человек кристальной честности, приняв для себя этические нормы ученого-философа, следовал им неукоснительно до последних дней. Вся его жизнь была связана с философией и историей науки, он — автор большого количества книг, статей, один из организаторов Новой философской энциклопедии. Сложно представить развитие российской философии последних 40 лет без его влияния. Еще когда он был доцентом кафедры философии в Минске, его работы по методологии науки стали известны всем ученым-философам и образцами философского творчества. Он разработал оригинальную концепцию философии культуры, выдвинул ряд конструктивных идей по социальной философии, которые стали использоваться в научном и более широком общественном дискурсе.

Человек тонкого интеллекта, он был при этом очень доброжелательным и отзывчивым товарищем, всегда оказывавшим помощь людям не только в рамках научной работы. Вячеслав Семёнович навсегда останется в нашей памяти. Невосполнимую утрату понесли его родные и близкие, огромную – отечественная наука.

Скорбим о нашем дорогом Вячеславе Семёновиче Степине.

**STEPIN VYACHESLAV SEMENOVICH
(1934–2018)**



**НИКОЛАЙ ВСЕВОЛОДОВИЧ МИЦКЕВИЧ
(1931–2019)**

Первого января 2019 года в Москве на 88-м году жизни скончался Николай Всеволодович Мицкевич, видный российский физик-теоретик, специалист в области общей теории относительности и гравитации. Это был все-сторонне талантливый человек, глубоко разбиравшийся в современных проблемах фундаментальной теоретической физики, математики и биологии, в совершенстве владевший основными европейскими языками: английским, немецким, французским, испанским, а также говорившим по-болгарски, по-армянски и по-узбекски, писавшим стихи, причем на разных языках.

Н.В. Мицкевич родился в Новосибирске в семье медиков. Он лишился отца уже в год своего рождения. Его воспитывала мать, уехав из Новосибирска в Самарканд к своим родителям. Там Николай Всеволодович окончил школу с золотой медалью и в 1949 году поступил без экзаменов на биофак Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, где проучился меньше года, затем перейдя на физический факультет. Он сам это объяснял тем, что в то время «на биофаке было запрещено преподавание математики (свирепствовала лысенковщина), а без математики я вообще не представлял себе занятия какой бы то ни было наукой». На физическом факультете Мицкевич осваивал физику студентом, а затем уже в аспирантуре – под руководством профессора Д.Д. Иваненко. По окончании аспирантуры Мицкевич был распределен на работу в Самаркандский университет. В 1960 году он защитил кандидатскую диссертацию.

На выдающиеся способности молодого Николая Всеволодовича обратил внимание не только его научный руководитель, но и профессор

А.З. Петров, который, желая в его лице иметь достойного преемника, добился перевода Мицкевича из Самарканда в Казанский университет. Однако аналогичные планы были и у профессора Д.Д. Иваненко, который организовал в 1961 году его переезд в Москву и способствовал его устройству на кафедру теоретической физики в только что основанном Российском университете дружбы народов имени Патриса Лумумбы, где он проработал до конца 1991 года.

Уже в 1961 году Н.В. Мицкевич участвовал в работе 1-й Советской гравитационной конференции на физфаке МГУ, где им были сделаны два доклада: «Новый метод точного решения некоторых задач ОТО» (совместно с В.В. Сидоровым) и «О локализуемости гравитационной энергии», которые обозначили сферу всей его дальнейшей деятельности в области общей теории относительности и гравитации. На последующих отечественных и зарубежных гравитационных конференциях он развивал эти идеи.

За 30 лет его работы в РУДН им был получен ряд важных результатов. Особое внимание мировой общественности привлекли следующие его достижения: во-первых, предложенный им вариант псевдотензора энергии-импульса гравитационного поля, впоследствии названный псевдотензором Меллера–Мицкевича, во-вторых, вычисленный им эффект смещения точки встречи спутников на круговых орбитах в метрике Керра, который был назван эффектом Мицкевича, в-третьих, следует назвать его вклад в развитие монадного метода задания систем отсчета в ОТО. Так, Мицкевич подсказал А.Л. Зельманову и другим физикам, что хронометрически инвариантные временные производные представляют собой не что иное, как производные Ли вдоль направления движения системы отсчета. Представляет несомненный интерес предложенная Мицкевичем интерпретация точного решения НУТ уравнений Эйнштейна, а также некоторых других странных метрик. Следует также упомянуть о развитой им гамма-матричной формулировке гравитации, где матрицы Дирака становятся зависимыми от координат и через них определяется искривленная метрика. Мицкевичем был получен и ряд других интересных результатов. На их основе в 1970 году он защитил докторскую диссертацию.

На кафедре теоретической физики РУДН Н.В. Мицкевич читал подробный курс общей теории относительности. В своих лекциях он подробно знакомил студентов с выводом главных решений уравнений Эйнштейна. Например, он в нескольких лекциях уделял внимание проблеме вывода точного решения Керра. Мало кто из лекторов это делает, обычно ограничиваясь записью уже готовой метрики Керра. За время преподавания в РУДН Мицкевич подготовил 24 кандидата наук, половина из которых была из развивающихся стран, в том числе из Мексики и стран Латинской Америки.

По результатам своей научной и педагогической деятельности Н.В. Мицкевич опубликовал несколько монографий. Главной из них была обстоятельная книга «Физические поля в общей теории относительности» (М.: Наука, 1969, 328 с.). Кроме того, с его участием был издан ряд книг:

Ю.С. Владимирова, Н.В. Мицкевича, Я. Хорски «Пространство, время, гравитация» (М.: Наука, 1984, 208 с.), Н.В. Мицкевича, А.П. Ефремова, А.И. Нестерова «Динамика полей в общей теории относительности» (М.: Энергоатомиздат, 1985), учебное пособие Н.В. Мицкевича и С.А. Меркулова «Тензорный анализ в теории поля» (М.: Изд-во РУДН, 1985). Наконец, уже в 2012 году была опубликована в России книга Мицкевича «Релятивистская физика: Специальная теория относительности. Общая теория относительности» (М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012).

Кроме того, Н.В. Мицкевич перевел ряд книг по общей теории относительности зарубежных авторов: Дж. Вебера «Общая теория относительности и гравитационные волны» (1962), Дж. Уилера «Гравитация, нейтрино и Вселенная» (1962), Э.Ф. Тейлора, Дж. Уилера «Физика пространства-времени» (1969) и некоторые другие. Н.В. Мицкевич участвовал в переводе книги немецких авторов «Точные решения уравнений Эйнштейна» (1982), а также ряда статей в юбилейном сборнике «Альберт Эйнштейн и теория гравитации», посвященном 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна (1979). В частности, им впервые были переведены на русский язык статьи Т. Калуцы, Г. Вейля и ряда других знаменитых авторов.

Н.В. Мицкевич внес важный вклад в организацию празднования 150-летнего юбилея Эрнста Маха в Праге. Для этого коллективом авторов Ю.С. Владимировым, Н.В. Мицкевичем, Ф.И. Федоровым и Я. Хорски была написана специальная статья о Э. Махе для чешского журнала «*Průzkumy matematiky, fyziky, astronomie*», послужившая затравкой для организации празднования юбилея.

Особо следует отметить вклад Н.В. Мицкевича в формирование российского гравитационного сообщества. Так, после конфликта Д.Д. Иваненко с большинством отечественных гравитационистов (не по научным, а по мотивам) Мицкевичем совместно со мной в 1972 году был основан научный семинар «Геометрия и физика», который на первых порах работал в двух форматах: малого и большого семинара. Семинар в малом формате работал в РУДН, а в большом формате – на физическом факультете МГУ. На этом семинаре выступил ряд ведущих отечественных и зарубежных физиков-гравитационистов. В частности, на большом семинаре в 1974 году состоялось последнее публичное выступление академика В.А. Фока. Вскоре наш семинар приобрел достаточное признание научной общественности и стал (еженедельно) работать исключительно на физическом факультете МГУ (в большом формате). Николай Всеволодович активно участвовал в руководстве и работе семинара до 1991 года, в конце которого уехал в Мексику преподавать в университете Гвадалахары.

Следует отметить особенности характера Николая Всеволодовича. Он был увлекающимся человеком, у которого эмоции часто преобладали над рациональным мышлением, что в некоторых обстоятельствах до 1991 года было чревато в нашей стране неприятными последствиями. Так, во время известных событий на Олимпиаде в Германии, когда произошел трагиче-

ский инцидент с израильскими спортсменами, Николай Всеволодович на лекции по гравитации предложил студентам РУДН (где было большинство арабов) почтить память погибших израильских спортсменов вставанием. Студенты встали, а потом донесли в посольства. Разразился конфликт со строгим разбирательством.

Затем произошел конфликт из-за нескольких фраз в Предисловии переведенной им книги Г. Линднера «Картины современной физики» (М.: Мир, 1977). В журнале «Коммунист» была опубликована разгромная статья некоего Субботина, которому не понравились несколько фраз Мицкевича. Одной из них была фраза «Истинная теория должна быть уязвима». Сейчас вряд ли кто из настоящих физиков будет оспаривать это утверждение. А второй фразой, вызвавшей особое негодование, была процитированная Мицкевичем (в сноске в подвал) цитата из дзен-буддизма: «Все сильное и прочное обречено по своей природе...». В итоге в РУДН был созвано заседание Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук, на котором состоялась крутая обвинительная проработка «проступка» Мицкевича. Мицкевич тогда чудом удержался в РУДН. Были и другие инциденты такого рода.

А вскоре, уже в 1991 году, жизнь подтвердила правоту цитаты из дзен-буддизма, однако у Николая Всеволодовича к этому времени уже накопилось множество обид и, воспользовавшись моментом, он покинул страну, уехал в Мексику к своим бывшим ученикам из РУДН преподавать гравитацию.

Мы с Николаем Всеволодовичем были близкими друзьями, несмотря на 7-летнюю разницу в возрасте. Он был оппонентом на моих защитах диссертаций, а я оппонировал на защитах ряда его учеников. Мы жили в соседних домах, тесно общались друг с другом, обсуждали волновавшие нас проблемы фундаментальной физики и частные вопросы. Как правило, наши позиции совпадали. Мы часто посещали друг друга. Его квартира в Москве была похожа на оранжерею. Он увлекался ботаникой, особенно кактусами. В зарослях тропических растений в его кабинете стоял террариум, в котором квакали экзотические лягушки.

Разумеется, у каждого из нас были свои склонности и пристрастия. Так, мне всегда больше хотелось вникнуть в суть проблем, в то время как Николая Всеволодовича увлекала красота математического аппарата теории и элегантность получаемых результатов. Когда я, например, занимался аксиоматикой, Мицкевич пытался решить проблему законов сохранения в ОТО на основе теоремы Неттер, увлекался формализмом внешних форм Картана. Что же касается меня, то я не видел большого смысла во внешних формах Картана, считая их простой перекодировкой известных выражений, а Николай Всеволодович не приветствовал моих увлечений физическими структурами Кулакова. Но трений или каких-либо недомолвок между нами никогда не возникало. Схожесть в понимании ряда принципиальных вопросов и признание каждым из нас права на иную точку зрения позволили нам в

самом начале 1980-х годов написать совместную книгу «Пространство, время, гравитация».

В течение многих лет мы вместе с Мицкевичем руководили гравитационным семинаром секции гравитации Минвуза СССР и, как представляется, наш тандем был довольно плодотворным, причем не только для нас двоих. После отъезда Мицкевича в Мексику мне очень его не хватало, – пришлось одному вести семинар «Геометрия и физика» на физфаке МГУ.

Но, уехав в Мексику, Мицкевич не оборвал связи с нами и Россией. Мы продолжали общаться по телефону, а потом по электронной почте. Иногда он приезжал в Россию и, как правило, выступал на нашем семинаре. Он поддержал нашу идею издавать журнал «Метафизика» и даже прислал в один из его номеров свою статью «Познание, вера, наука» (2011, № 2 (2), с. 45–49). В ней были изложены его соображения об истории христианства. В конце своей статьи он написал: «Чтобы пояснить мой интерес к истории религии, в заключение скажу, что все мои предки по мужской линии с середины XVIII и до конца XIX в. были христианскими священниками в Белоруссии (до наполеоновских войн униатскими, а после – православными)».

Ожидалось, что там, за рубежом, Мицкевич обогатится какими-то новыми идеями, займется какими-то новыми проблемами. Но ничего такого не произошло. Из его выступлений следовало, что он лишь продолжал уже давно начатые в России исследования, внося в них некоторые коррективы. Это видно по опубликованной во время одного из его приездов в Россию книги «Релятивистская физика. Специальная теория относительности. Общая теория относительности» в издательстве УРСС (2012 г.). Кроме того, в другой его поезд ему была оказана помощь в публикации книги стихотворений «Стихи» (М.: Изд-во РУДН, 2012).

В последние годы он перенес инсульт, стал быстро терять память. Родственники его последней жены, скончавшейся три года назад, перевезли его из Мексики в Москву, где он и скончался в самом начале этого года.

Ю.С. Владимиров

**MICKIEWICZ NIKOLAY VSEVOLODOVICH
(1931–2019)**

НАШИ АВТОРЫ

АРИСТОВ Владимир Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором Вычислительного центра имени А.А. Дородницына РАН.

БАБЕНКО Ирина Анатольевна – аспирантка учебно-научного института гравитации и космологии Российского университета дружбы народов.

БАРГ Олег Александрович – доктор философских наук, профессор кафедры философии Пермского государственного национального исследовательского университета.

БЕЛИНСКИЙ Александр Витальевич – доктор физико-математических наук, профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

ВЛАДИМИРОВ Юрий Сергеевич – доктор физико-математических наук, профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор Института гравитации и космологии РУДН.

ЗАХАРОВ Валерий Дмитриевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всероссийского института научной и технической информации РАН.

КАДЕЕВА Оксана Евгеньевна – ассистент Дальневосточного федерального университета.

КОПЕЙКИН Кирилл – протоиерей, кандидат физико-математических наук, кандидат богословия, директор Научно-богословского центра междисциплинарных исследований Санкт-Петербургского государственного университета, преподает на кафедре геологии Национального исследовательского ядерного университета МИФИ.

МОЛЧАНОВ Алексей Борисович – аспирант физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

ПАНОВ Вячеслав Федорович – доктор физико-математических наук, профессор Пермского государственного национального исследовательского университета.

ПАНЧЕЛЮГА Виктор Анатольевич – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (г. Пущино Московской области).

ПАНЧЕЛЮГА Мария Сергеевна – сотрудник Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (г. Пущино Московской области).

ПЕРМИНОВ Василий Яковлевич – доктор философских наук, профессор философского факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

СЕВАЛЬНИКОВ Андрей Юрьевич – доктор философских наук, профессор Института философии РАН, профессор кафедры логики Московского государственного лингвистического университета.

СПАСКОВ Александр Николаевич – кандидат философских наук, доцент Института философии НАН Беларуси, заведующий Центром философских, методологических и междисциплинарных исследований (Минск).

ТЕРЕХОВИЧ Владислав Эрикович – кандидат философских наук, старший преподаватель кафедры философии науки и техники Института философии Санкт-Петербургского государственного университета.

ТЕРЕЩЕНКО Дмитрий Анатольевич – кандидат физико-математических наук, сотрудник Института гравитации и космологии Российского университета дружбы народов.

ШУЛЬМАН Михаил Хананович – руководитель лаборатории-кафедры «Время как феномен расширяющейся Вселенной».

ЯКОВЛЕВ Владимир Александрович – доктор философских наук, профессор философского факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Общие требования по оформлению статей для журнала «Метафизика»

Автор представляет Ответственному секретарю текст статьи, оформленной в соответствии с правилами Редакции. После согласования с Главным редактором статья направляется на внутреннее рецензирование и затем принимается решение о возможности ее опубликования в журнале «Метафизика». О принятом решении автор информируется.

Формат статьи:

- Текст статьи – до 20–40 тыс. знаков в электронном формате.
- Язык публикации – русский/английский.
- Краткая аннотация статьи (два-три предложения, до 10-15 строк) на русском и английском языках.
- Ключевые слова – не более 12.
- Информация об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень и звание, место работы, должность, почтовый служебный адрес, контактные телефоны и адрес электронной почты.

Формат текста:

- шрифт: Times New Roman; кегль: 14; интервал: 1,5; выравнивание: по ширине;
- абзац: отступ (1,25), выбирается в меню – «Главная» – «Абзац – Первая строка – Отступ – ОК» (то есть выставляется автоматически).
- ✓ Шрифтовые выделения в тексте рукописи допускаются только в виде курсива.
- ✓ Заголовки внутри текста (названия частей, подразделов) даются выделением «Ж» (полужирный).
- ✓ Разрядка текста, абзацы и переносы, расставленные вручную, не допускаются.
- ✓ Рисунки и схемы допускаются в компьютерном формате.
- ✓ Века даются только римскими цифрами: XX век.
- ✓ Ссылки на литературу даются по факту со сквозной нумерацией (не по алфавиту) и оформляются в тексте арабскими цифрами, взятыми в квадратные скобки, после цифры ставится точка и указывается страница/страницы: [1. С. 5–6].
- ✓ Номер сноски в списке литературы дается арабскими цифрами без скобок.
- ✓ Примечания (если они необходимы) оформляются автоматическими подстрочными сносками со сквозной нумерацией.

Например:

- На место классовой организации общества приходят «общности на основе объективно существующей опасности» [2. С. 57].
- О России начала XX века Н.А. Бердяев писал, что «постыдно лишь отрицательно определяться волей врага» [3. С. 142].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адорно Т.В.* Эстетическая теория. – М.: Республика, 2001.
2. *Бек У.* Общество риска. На пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
3. *Бердяев Н.А.* Судьба России. Кризис искусства. – М.: Канон +, 2004.
4. *Савичева Е.М.* Ливан и Турция: конструктивный диалог в сложной региональной обстановке // Вестник РУДН, серия «Международные отношения». – 2008. – № 4. – С. 52–62.
5. *Хабермас Ю.* Политические работы. – М.: Праксис, 2005.

С увеличением проводимости¹ кольца число изображений виртуальных магнитов увеличивается и они становятся «ярче»; если кольцо разрывается и тем самым прерывается ток, идущий по кольцу, то изображения всех виртуальных магнитов исчезают.

¹ Медное кольцо заменялось на серебряное.

Редакция в случае неопубликования статьи авторские материалы не возвращает.

Будем рады сотрудничеству!

Контакты:

ЮРТАЕВ Владимир Иванович, тел.: 8-910-4334697; E-mail: vyou@yandex.ru