

2019, № 2 (32)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

МЕТАФИЗИКА

В этом номере:

- Об основаниях физики и математики
- Реляционное миропонимание
- Проблема «квантования гравитации» в трех метафизических парадигмах
- Геометрическое миропонимание
- Из наследия прошлого

2019, № 2 (32)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2019, № 2 (32)

Основан в 2011 г.

Выходит 4 раза в год

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)

- **ОБ ОСНОВАНИЯХ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ**
- **РЕЛЯЦИОННОЕ МИРОПОНИМАНИЕ**
- **ПРОБЛЕМА «КВАНТОВАНИЯ ГРАВИТАЦИИ» В ТРЕХ МЕТАФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМАХ**
- **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МИРОПОНИМАНИЕ**
- **ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО**

Адрес редакционной коллегии:

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

Подписано в печать 20.06.2019 г.
Дата выхода в свет 28.06.2019 г.

Формат 70×108/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,3.
Тираж 500 экз. Заказ 640.
Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе РУДН 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Цена свободная

METAFIZIKA

SCIENTIFIC JOURNAL

(Metaphysics)

No. 2 (32), 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, № 2 (32)

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
ON THE BASIS OF PHYSICS AND MATHEMATICS	
<i>Vladimirov Yu.S.</i> To the 140 th anniversary of Albert Einstein birthday	11
<i>Volkova L.P.</i> Metaphysics as a basis of natural science philosophy	19
<i>Serovaysky S.Y.</i> Between physics and mathematics	26
<i>Nurgaliev I.S.</i> Mathematics, physics and mythology	40
RELATIONAL WORLD VIEW	
<i>Koganov A.V.</i> Theory of physical structures determines geometric component of the laws of nature	48
<i>Krugly A.L.</i> On the “Final theory”	55
<i>Vekshenov S.A., Beshenkov A.S.</i> From pregeometric structure of associative algebras to calculation of directions	60
<i>Sidorova-Biryukova A.A.</i> Relational aspects of modern physics	70
THE PROBLEM OF "GRAVITATION QUANTIZATION" IN THREE METAPHYSICAL PARADIGMS	
<i>Polishchuk Rostislav F.</i> From classical to quantum gravitation	93
<i>Fil'chenkov M.L., Laptev Yu.P.</i> On the problem of gravity quantization in gravitation theory	108
<i>Rybakov Yu.P.</i> Problem of quantizing of the gravitational field and the Mie–Einstein field paradigm	113
GEOMETRIC WORLDWIDE	
<i>Frolov B.N.</i> Hausdorff separability axiom and spontaneous violation of scale invariance	120
<i>Gubarev E.A.</i> Relativity of real reference frames: the theory and the implementations	128
FROM THE HERITAGE OF THE PAST	
<i>Poincaré A.</i> Evolution of Physics	135
IN MEMORY OF OUR COLLEAGUES	
<i>Kurapov Sergey Arkad`evitch (1959–2018)</i>	147
OUR AUTHORS	149

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	6
ОБ ОСНОВАНИЯХ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ	
<i>Владимиров Ю.С.</i> К 140-летней годовщине со дня рождения Альберта Эйнштейна	11
<i>Волкова Л.П.</i> Метафизика как основание философии естествознания	19
<i>Серовайский С.Я.</i> Между физикой и математикой	26
<i>Нургалиев И.С.</i> Математика, физика и мифология	40
РЕЛЯЦИОННОЕ МИРОПОНИМАНИЕ	
<i>Коганов А.В.</i> Теория физических структур выявляет геометрическую компоненту законов природы	48
<i>Круглый А.Л.</i> К вопросу об «окончательной теории»	55
<i>Векшенов С.А., Бешенков А.С.</i> От предгеометрической структуры ассоциативных алгебр к исчислению направлений	60
<i>Сидорова-Бирюкова А.А.</i> Реляционные аспекты современной физики	70
ПРОБЛЕМА «КВАНТОВАНИЯ ГРАВИТАЦИИ» В ТРЕХ МЕТАФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМАХ	
<i>Полищук Р.Ф.</i> От гравитации классической к квантовой	93
<i>Фильченков М.Л., Лантев Ю.П.</i> О проблеме квантования в теории гравитации	108
<i>Рыбаков Ю.П.</i> Проблема квантования гравитационного поля и полевая парадигма Ми–Эйнштейна	113
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МИРОПОНИМАНИЕ	
<i>Фролов Б.Н.</i> Аксиома отделимости Хаусдорфа и спонтанное нарушение масштабной инвариантности	120
<i>Губарев Е.А.</i> Относительность реальных систем отсчета: теория и приложения	128
ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО	
<i>Пуанкаре А.</i> Эволюция физики	135
ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ	
<i>Курапов Сергей Аркадьевич (1959–2018)</i>	147
НАШИ АВТОРЫ	149

ОТ РЕДАКЦИИ

Данный номер журнала, как и прежний, посвящен обсуждению оснований фундаментальной физики и математики. В последнее время наблюдается заметное возрастание интереса к этой проблеме, что, как нам представляется, связано с предчувствием (ожиданием) очередного существенного пересмотра представлений о свойствах физического мироздания. Обсуждение оснований физики самым непосредственным образом относится к сфере метафизики.

Отметим, что в процессе развития науки наблюдалось то ослабление, то повышение интереса к вопросам оснований физики (естествознания). Возрастание интереса, в частности, происходило и в начале XX века накануне существенных открытий в физике: создания общей теории относительности и квантовой теории. В разделе «Мысли из прошлого» данного номера журнала помещен отрывок из книги А. Пуанкаре «Эволюция современной физики», изданной в России в 1910 году. В этой книге Пуанкаре (1854–1912), внесший важный вклад в подготовку этих открытий, пишет: «Одно из самых интересных последствий новейших открытий заключается в том, что среди ученых вновь приобрели почет отвлеченные вопросы, относящиеся к строению материи и, говоря общее, проблемы метафизики» [1].

В книге Пуанкаре подчеркивается, что на рубеже XIX и XX веков среди физиков было распространено мнение, что в основании физики лежат принципы классической механики. Пуанкаре отмечал, что, как правило, физики того времени «бессознательно говорили языком, которому их обучили предшественники, но происхождения которого они и не разыскивали. Так, охотно принималось за нечто очевидное, что физика необходимо должна рано или поздно войти в область механики, и, делая это, обыкновенно постулировали, что все в природе сводится к движению; принципы же классической механики принимались даже без дальнейшего размышления. Так расположены были смотреть на вещи в последние годы наиболее знаменитые физики; это ясно и открыто проглядывает во всех классических произведениях в области физики».

Однако Пуанкаре отмечал, что уже в то время находились ученые, которые выдвигали идеи, которые, как он писал, казались «смелыми и странными»: «Отказываясь от мысли строить механические модели для всех электрических явлений, иные ученые в некотором роде переворачивают вверх дном условия задачи; они задаются вопросом, нельзя ли, вместо того чтобы

давать механическое объяснение электричества, дать, напротив, так сказать, электрическое объяснение материи и движения и ввести самое механику в электричество. И с новой силой вспыхивает, таким образом, вечная надежда объединить, координировать в одном грандиозном и импозантном синтезе все явления естественного мира».

Через несколько лет, с созданием теории атома и квантовой механики именно эти «смелые и странные» идеи и восторжествовали в физике.

Развитие физики, как уже отмечалось, привело к открытию другого столпа фундаментальной физики XX века – к созданию общей теории относительности, ознаменовавшей формирование геометрической (метафизической) парадигмы. Как известно, в рамках ОТО была геометризована гравитация. Но тут же (и даже раньше в трудах В. Клиффорда [2]) был поставлен вопрос о геометризации других видов физических взаимодействий. Прежде всего, встал вопрос о геометризации электромагнетизма. Сразу же после создания ОТО были предложены два способа геометризации электромагнетизма: один Г. Вейлем на основе обобщения римановой геометрии (пространств с сегментарной кривизной), а другой – Т. Калуцей на основе увеличения размерности до пяти. В 1920-е и 1930-е годы было затрачено много усилий на анализ возможностей этих двух вариантов геометризации электромагнетизма посредством обобщения теории гравитации. В последней трети XX века эти усилия активизировались. Для многих физиков, придерживающихся именно геометрической парадигмы, такой путь рассуждений представляется неизбежным.

Однако следует напомнить, что в этом вопросе фактически повторяется ситуация, о которой писал А. Пуанкаре. Так, в середине XX века нидерландский математик Д. Ван Данциг (1900–1959) отмечал: «С давних пор считается, что понятия и теоремы геометрии являются предпосылками для использования в математических моделях физики. Причины преобладания такого отношения кажутся скорее порождениями истории и традиций, чем логики. Это остается верным для Евклидовой и Римановой геометрии, предложенной Эйнштейном в качестве модели гравитации, так же как и пятимерности и проективного обобщения, и более свежих общих линейных связностей, использовавшихся Эйнштейном и Шредингером. Недостаточно ясно, какие логические или эпистемологические преимущества у интерпретации части геометрического объекта, как, скажем, электромагнитного поля, а не наоборот» [3].

Следует отметить, что наряду с ныне общепринятой теоретико-полевой парадигмой, основу которой составляет квантовая теория поля, а также наряду с уже упоминавшейся геометрической парадигмой, которую составляют общая теория относительности и ее геометрические обобщения, имеется третья метафизическая (дуалистическая) парадигма – реляционная, идейные основания которой были заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха [4]. Как показано в наших работах [5; 6], в рамках реляционной парадигмы гравитационные взаимодействия имеют вторичный характер, – они оказываются обусловленными именно электромагнитными взаимодействиями. Гравитация выступает как своеобразный квадрат электромагнетизма. Заметим, что в настоящее время

этот результат для многих коллег-физиков выглядит, выражаясь словами А. Пуанкаре, «смелым и странным».

Но еще один аналог ситуации, описанной Пуанкаре в его книге «Эволюция современной физики», наблюдается уже с середины XX века еще в одном вопросе – в понимании природы классического пространства-времени. До сих пор большинством физиков классическое пространство-время трактуется априорно заданной сущностью. Именно на фоне пространства-времени ныне принято описывать физику: записывать лагранжианы, гамильтонианы, дифференциальные уравнения физических полей и т. д. Однако уже давно поставлен вопрос: справедливы ли классические пространственно-временные представления в физике микромира? Более того, поставлена еще более «смелая и странная» для многих задача (программа) – вывода классических пространственно-временных представлений из системы понятий и закономерностей физики микромира.

Так, американский физик-теоретик Е. Дж. Циммерман писал: «...микроскопические системы взаимодействуют способами, которые также должны описываться абстрактно, то есть без ссылок на пространство и время. Когда огромное число таких микроскопических систем взаимодействует, простейший и самый фундаментальный результат состоит в создании пространственно-временного каркаса, который придает законность классическим представлениям о пространстве и времени, но лишь на макроскопическом уровне» [7]. Аналогичная мысль высказывалась рядом других физиков и математиков: П. К. Рашевским [8], Р. Пенроузом, Б. Грином и многими другими. В частности, Дж. Чью в своей статье «Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике» писал: «Концепция пространства и времени играет в современной физике микромира роль, аналогичную той, что играл эфир в макроскопической физике XIX века» [9]. А горячий поклонник теории суперструн Б. Грин уже в XXI писал: «Нахождение корректного математического аппарата для формулировки теории струн без обращения к изначальным понятиям пространства и времени является одной из наиболее важных задач, с которыми сталкиваются теоретики» [10].

В ряде наших работ (см. [5; 6; 11]) обсуждаются пути решения данной проблемы и показывается, что проблема может быть решена лишь в рамках реляционной парадигмы (подхода), поскольку в основания как теоретико-полевой, так и геометрической парадигмы заложены представления о классическом пространственно-временном многообразии. По этой причине один из разделов данного номера журнала посвящен изложению идей в рамках реляционной парадигмы. Не со всеми идеями, высказанными авторами этого и следующего раздела, все члены редколлегии могут согласиться. Особенно много возражений вызывают пути исследований, избранные зарубежными коллегами. Однако на данном этапе развития фундаментальной физики их обсуждения и дискуссии по данной проблематике представляются плодотворными.

Отметим, что А. Пуанкаре в своих работах неоднократно высказывался в пользу концепции дальнего действия, а также необходимости учета идеи всеобщей связи явлений во Вселенной, что, наряду с реляционной трактовкой природы пространства-времени, составляет основу именно реляционной парадигмы.

Другой раздел данного выпуска журнала «Проблема “квантования гравитации” в трех парадигмах» посвящен обсуждению проблемы совмещения принципов двух активно развиваемых в XX веке (и ныне) метафизических парадигм: теоретико-полевой и геометрической. Неудачи попыток решения проблемы квантования гравитации в рамках именно двух названных парадигм заставляют обратиться к третьей дуалистической – реляционной парадигме. В этом разделе содержатся статьи нескольких отечественных авторов, подходящих к этой проблеме с разных сторон.

В еще одном разделе «Геометрический подход к основаниям физики» содержатся две статьи, посвященные обсуждению проблем именно геометрической парадигмы. Некоторые высказанные в них идеи имеют дискуссионный характер, однако редакция сочла возможным их опубликовать.

Наконец, следует упомянуть, что в период подготовки этого номера журнала к печати (14 марта 2019 г.) физики-теоретики, особенно приверженцы геометрической парадигмы, отмечали 140-летие со дня рождения великого физика и мыслителя XX века Альберта Эйнштейна (1879–1955). Со статьи, посвященной этой дате, открывается содержание данного номера журнала. К этому следует добавить, что в этом же году также исполняется 140 лет, но со времени кончины двух других великих мыслителей уже XIX века: Вильяма Клиффорда (1845–1879), фактически заложившего идеи геометрической парадигмы, и Джеймса Максвелла (1831–1879); носящие его имя уравнения электромагнитного поля сыграли важную роль в становлении и развитии теоретико-полевой парадигмы.

Несколько статей первого раздела журнала посвящены обсуждению общих вопросов оснований фундаментальной физики и математики. В статье И.С. Нурғалиева также затрагивается вопрос происхождения научной мифологии в работах авторов, провозглашающих абсолютный характер теорий, которых они придерживаются.

Главный редактор *Ю.С. Владимиров*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пуанкаре А.* Эволюция современной физики. С.-Петербург: Издание товарищества «Знание», 1910.
2. *Клиффорд В.* Здравый смысл точных наук. 1922 (см. сб. «Альберт Эйнштейн и теория гравитации». М.: Мир, 1979).
3. *Van Dantzig D.* On the relation between geometry and physics and concept of space-time // *Funfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel. 1955. Bd.1. S. 569.*

4. *Мах Э.* Познание и заблуждение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
5. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия: Природа пространства-времени. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.
6. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница-Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
7. *Zimmerman E.J.* The macroscopic nature of space-time // Amer. J. Philos. 1962. Vol. 30. P. 97–105.
8. *Рашиевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М.: Наука, 1967.
9. *Chew G.F.* The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress, 1963. Vol. LI. No. 204. P. 529–539.
10. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004.
11. *Владимиров Ю.С.* От геометрофизики к метафизике. М.: ЛЕНАНД, 2019.

ОБ ОСНОВАНИЯХ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

К 140-ЛЕТНЕЙ ГОДОВЩИНЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АЛЬБЕРТА ЭЙНШТЕЙНА

Ю.С. Владимиров

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

В связи со 140-летней годовщиной со дня рождения Эйнштейна обсуждается его вклад в формирование и развитие трех основных метафизических парадигм, в рамках которых развивалась фундаментальная теоретическая физика в XX веке: доминирующей теоретико-полевой, геометрической и реляционной. Особое внимание уделено отношению Эйнштейна к реляционной парадигме, идеи которой сыграли важную роль при создании общей теории относительности.

Ключевые слова: специальная и общая теории относительности, геометрическая парадигма, реляционная парадигма, интерпретация квантовой механики.

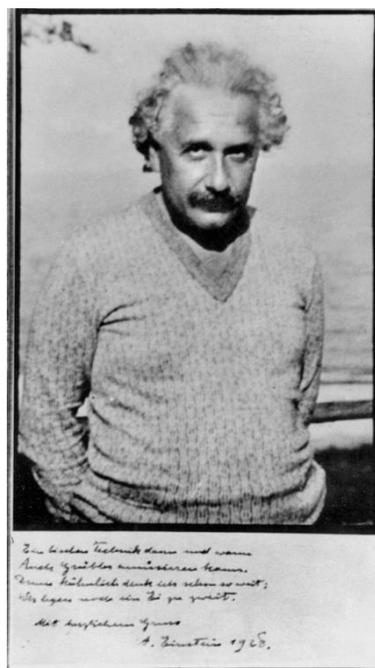
14 марта исполнилось 140 лет со дня рождения величайшего физика и мыслителя XX века Альберта Эйнштейна. Это был уникальный человек, которому посчастливилось оказаться ключевым участником трех великих научных открытий: создания квантовой механики, за что ему в 1921 году была присуждена Нобелевская премия, создания специальной теории относительности и, что особенно важно, – создания общей теории относительности. Открытие общей теории относительности ознаменовало формирование новой метафизической парадигмы в физике – геометрической.

Как известно, научные открытия возникают лишь тогда, когда созревают все необходимые для этого условия, причем зачастую они зреют в течение многих десятилетий, а то и столетий. И, как правило, в момент их созревания открытия делаются в близкие сроки сразу несколькими авторами. Так произошло в начале XIX столетия, когда К. Гауссом (1777–1855), Н.И. Лобачевским (1792–1856) и Я. Бояи (1802–1860) была открыта первая неевклидова геометрия. Так случилось и в самом начале XX века, когда к созданию спе-

циальной теории относительности пришли Х. Лоренц (1853–1928), А. Эйнштейн (1879–1955), А. Пуанкаре (1854–1912), а также свой важный вклад внес Г. Минковский (1864–1909).

После открытия сначала первой неевклидовой геометрии, затем произвольных неевклидовых геометрий Римана (1826–1866) и трудов В. Клиффорда (1845–1879) сложились необходимые предпосылки для следующего открытия. Но этого еще было недостаточно, и лишь после осуществленного в рамках специальной теории относительности объединения пространства и времени в единое 4-мерное многообразие сложились все необходимые условия для создания общей теории относительности. Заметим, что идеологическая база этого открытия была заложена В. Клиффордом, скончавшимся в год рождения Эйнштейна, а необходимый для этого математический аппарат дифференциальной геометрии был подсказан Эйнштейну в 1913 году Марселем Гроссманом [1]. Дальнейшее имело уже чисто технический характер, – уравнения Эйнштейна были записаны на рубеже 1915–1916 годов практически одновременно Д. Гильбертом (1862–1943) и А. Эйнштейном, причем разными методами: Гильберт, будучи великим математиком, применил строгий вариационный метод [2], а Эйнштейн действовал методом проб и ошибок, придя к окончательному виду уравнений после нескольких неудачных вариантов.

После создания общей теории относительности Эйнштейн до конца своих дней бился над проблемой геометризации не только гравитации, но и всех других видов материи. В связи с этим следует отметить важное обстоятельство. Эта идея была выдвинута В. Клиффордом, который еще до рождения Эйнштейна писал: «Не окажется ли, что все или некоторые из причин, которые мы называем физическими, свое начало ведут от геометрического строения нашего пространства?» [3]. Или еще более определенно: «...изменение кривизны пространства и есть то, что реально происходит в явлении, которое мы называем движением материи, будь она весома или эфирная. Что в физическом мире не происходит ничего, кроме таких изменений» [4]. Историки науки отмечают, что Эйнштейн ознакомился с книгой Клиффорда «Здравый смысл точных наук», где были изложены его идеи, в бернский период своей жизни (примерно в 1904 году). Однако в этот и в последующие полтора десятка лет Эйнштейн был увлечен реляционными идеями Э. Маха. И лишь после создания общей теории относительности осознал ее несоответствие идеям Маха и до конца своей жизни был убежденным приверженцем идей Клиффорда.



Наибольшее внимание (вслед за Д. Гильбертом и Г. Вейлем) Эйнштейн уделил попыткам геометризовать электромагнетизм. Автору этих строк во время посещения Иены (ГДР), где работала самая активная группа немецких физиков-гравитационистов под руководством профессора Э. Шмутцера, была подарена ранее не публиковавшаяся фотография А. Эйнштейна, под которой было короткое его стихотворение, адресованное одному из коллег. В переводе на русский язык оно звучит так:

«И я, как курица, квохчу,
С тобой еще одно яйцо
Снести хочу».

Однако в четвертый раз Эйнштейну уже не повезло, – по-своему геометризовать электромагнетизм ему не удалось. Как сейчас стало ясно, это фактически уже было сделано Т. Калуцей [5]. Эйнштейн несколько раз обращался к его идеям, но так и не решился окончательно согласиться с идеями 5-мерной теории Калуцы.

Автору этих строк пришлось особо внимательно ознакомиться с творчеством А. Эйнштейна в 1976–1979 годах, когда двумя гравитационными комиссиями (секции гравитации Минвуза СССР и Академии наук) он был назначен главным редактором и составителем сборника «Альберт Эйнштейн и теория гравитации» [6], выпуск которого был приурочен к 100-летней годовщине со дня рождения А. Эйнштейна. Сборник был составлен из оригинальных трудов предшественников общей теории относительности (Н.И. Лобачевского, Б. Римана, В. Клиффорда, Э. Маха, А. Пуанкаре), самого Эйнштейна, а также физиков, внесших важный вклад в развитие общей теории относительности (К. Шварцшильда, А.А. Фидмана, В.А. Фока, А.З. Петрова и др.). В сборник были включены также работы авторов, предложивших главные обобщения римановой геометрии: Г. Вейля, Т. Калуцы, Э. Картана и др. Сборник был опубликован точно к 100-летию юбилею А. Эйнштейна.

Материал этого сборника, а также книга автора «Природа пространства-времени. Антология идей» [7] позволяют более внимательно отнестись к высказыванию В.И. Вернадского: «Процесс научного творчества, озаренный сознанием отдельных великих личностей, есть вместе с тем медленный процесс общечеловеческого развития... Корни великого открытия лежат далеко в глубине, и, как волны, бьющиеся с разбега о берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока не придет девятый вал» [8].

Аналогичную мысль высказывал Э. Мах: «История науки показывает, что новое, правильное познание, покоящееся на верных основаниях, может то больше, то меньше затеняться, может выступать в односторонней, неполной форме, для одной группы исследователей даже совершенно исчезнуть и снова возродиться. Однократного нахождения и провозглашения какого-нибудь познания бывает недостаточно. Часто проходят годы и даже столетия, пока общее

мышление разовьется настолько, чтобы оно могло стать общим достоянием и укрепиться» [9].

Следует особо подчеркнуть, что сделать решительный шаг в реализации созревшей идеи удастся лишь высококвалифицированному, глубоко увлеченному данной проблематикой исследователю. Именно таким человеком был Альберт Эйнштейн.

Автору статьи посчастливилось участвовать в работе 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.), на которой выступал Л. Инфельд, сотрудник и соавтор книги с Эйнштейном «Эволюция физики». В своем выступлении он поделился воспоминаниями об Эйнштейне 30-х годов и об отношении тогда физиков к ОТО: «В 1936 году, когда у меня были непосредственные связи с Эйнштейном в Принстоне, я мог наблюдать почти полное исчезновение этого интереса. Количество физиков, которые в Принстоне занимались проблематикой поля, можно было без труда пересчитать по пальцам одной руки. Я помню, что очень немногие из нас встречались в кабинете профессора Робертсона, а потом и эти встречи прекратились. На нас, работавших в области поля, физики других специальностей смотрели исподлобья. Сам Эйнштейн часто мне говорил: “Здесь в Принстоне меня считают старым дураком”. Это положение оставалось неизменным почти до смерти Эйнштейна. Теория относительности была не в очень высокой цене на “Западе”, на нее кривились и на “Востоке”» (см. в [10]). Заметим, что в этом высказывании Инфельд под теорией поля подразумевал общую теорию относительности.

Поколению автора, входившему в большую науку в 1950-е годы, запомнилось, мягко говоря, настороженное отношение в нашей стране к общей теории относительности. А чуть раньше на физическом факультете МГУ проходили методологические семинары, где высказывались остро критические суждения как об общей теории относительности, так и о ее авторе (см. [11, с. 131–142]).

Ситуация существенно изменилась в самом начале 1960-х годов, когда на Западе возникли ожидания того, что дальнейшие серьезные практические результаты в физике будут связаны с общей теорией относительности. Этому способствовала важность в развитии технологий принципов специальной теории относительности, а также тот факт, что письмо американскому президенту в пользу развития атомного проекта в свое время было подписано Эйнштейном. После проведения двух международных конференций (в Америке и во Франции) и настойчивых писем профессора Д.Д. Иваненко к высокому начальству отношение в нашей стране к ОТО стало меняться. В 1961 году на физическом факультете МГУ была проведена 1-я советская гравитационная конференция, образована секция гравитации научно-технического совета Минвуза СССР для координации исследований по гравитации в масштабах всей страны. Тогда же в Казанском университете была создана кафедра теории относительности и гравитации под руководством профессора А.З. Петрова и гравитационная группа на физфаке МГУ (в ГАИШ) под руководством профессора Д.Д. Иваненко. Исследования, начатые тогда, продолжают по

настоящее время уже на кафедре теоретической физики, где действует семинар «Геометрия и физика», являющийся преемником гравитационного семинара, основанного Д.Д. Иваненко.

Следует отметить, что за прошедшие с тех пор более полувека так и не было достигнуто ожидаемых грандиозных практических следствий от ОТО. (Замечу, что об окончательном обнаружении гравитационных волн в общепринятом их понимании пока говорить преждевременно. Автор уже пережил историю с открытием гравитационных волн Дж. Вебером, когда при встрече с ним профессор Д.Д. Иваненко предлагал нам кричать: «Ура Веберу, открывателю гравитационных волн!» Подчеркну, что в данном случае имеется в виду не отрицание наблюдаемых эффектов, а их трактовка как регистрация гравитационных волн в предлагаемом их понимании.) Это уже стало ощущаться в 1980-х годах, когда, например, академиком А.А. Логуновым и некоторыми другими физиками стали предприниматься попытки замены или обобщений принципов ОТО. В частности, в те годы было показано, что к выводам общей теории относительности можно было прийти не отрекаясь от реляционных идей Э. Маха.

В связи со 140-й годовщиной со дня рождения А. Эйнштейна хотелось бы обратить внимание на недавно переведенную на русский язык и у нас изданную книгу Дэвида Боданиса «Самая большая ошибка Эйнштейна» [12]. В ней такой ошибкой называют, мягко сказать, настороженное отношение Эйнштейна к квантовой теории, особенно в последний период жизни. Как пишет Боданис: «Намеренно держась в стороне от новейших открытий в области квантовой механики, Эйнштейн тем самым изолировал себя от революционных научных свершений эпохи, к примеру, обнаружения новых частиц вне и внутри атома. Но ведь для создания единой теории поля обязательно следовало учесть эти находки» [12, с. 246]. Далее Боданис пишет: «И Эйнштейн не в состоянии организовать новую, более убедительную атаку на квантовую теорию, продолжал неуклонно сползать на периферию науки» [12, с. 252].

По нашему мнению, в какой-то степени Эйнштейн все-таки был прав, считая квантовую теорию еще непонятой до конца. Он писал: «Своеобразие современной ситуации в квантовой механике состоит, по-моему, в том, что сомнениям подвергается не математический аппарат теории, а физическая интерпретация ее утверждений» [13]. До сих пор продолжают дискуссии о физической интерпретации квантовой механики. Обсуждается порядка десятка вариантов. Эйнштейн считал, что поскольку квантовая механика имеет вероятностный характер, то должен быть четко указан физический ансамбль, ответственный за ее вероятностный характер. Пока еще не достигнуто согласия о его природе.

На наш взгляд, самой большой ошибкой Эйнштейна следует считать иное – отказ от реляционных идей Э. Маха и Г. Лейбница, фактически послуживших «повивальной бабкой» при создании общей теории относительности. Сам Эйнштейн писал о роли идей Маха в его деятельности: «Что касается меня лично, то я должен сказать, что мне прямо или косвенно помогли работы Юма

и Маха. Я прошу читателя взять в руки работу Маха: «Механика. Историко-критический очерк ее развития» и прочитать рассуждения, содержащиеся в разделах 6 и 7 второй главы. <...> В этих разделах мастерски изложены мысли, которые до сих пор еще не стали общим достоянием физиков» [14, с. 28–29]. Известно также, что именно Эйнштейн возвел в ранг принципа Маха часть его реляционных идей, причем об этом он писал в своей работе «Принципиальное содержание общей теории относительности» 1919 года [15], когда эта теория уже была создана.

Однако вскоре Эйнштейн осознал, что созданная им теория принадлежит совершенно иной метафизической парадигме и противоречит реляционным идеям Маха. По этому поводу он писал: «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 ньютонова механика: основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия между ними. Между тем не трудно видеть, что такая попытка не вяжется с духом теории поля» (1940 г.) [16, с. 268].

Отметим, что в этом высказывании допущена неточность и противоречие с более ранним пониманием характера идей Маха. В работах 1916–1919 годов Эйнштейн отмечал принципиальное отличие идей Маха от принципов ньютоновой теории. И в этом был прав, поскольку теория Ньютона построена в рамках триалистической парадигмы, фактически опирающейся на три категории: пространство (-время), тела и поля переносчиков (силы), тогда как идеи Маха соответствовали дуалистической реляционной парадигме, опирающейся на два типа категорий – отношений (пространственно-временных и импульсных). А в последнем приведенном высказывании Эйнштейн отождествляет взгляды Маха с положениями ньютоновой теории.

Однако в высказывании Эйнштейна содержится еще одна неточность: говоря о том, что идеи Маха «не вяжутся с духом теории поля», видимо, он хотел сказать, что они не вяжутся с духом общей теории относительности, так как ОТО тоже не вяжется с духом теории поля. В ней нет традиционно понимаемого поля – вместо гравитационного поля выступают метрические свойства искривленного пространства-времени.

В самом начале статьи отмечалось, что Эйнштейн оказался «ключевым участником трех великих открытий». Сейчас уже отчетливо ясно, что все эти три великих открытия сделаны в рамках трех различных метафизических парадигм. Вклад в создание квантовой механики, за что ему была присуждена Нобелевская премия, означал важный вклад в формирование метафизической теоретико-полевой парадигмы, опирающейся на две физические категории: пространства-времени и поля (как частиц, так и переносчиков взаимодействий). Важный вклад в создание специальной теории относительности фактически означал развитие идей реляционной парадигмы, поскольку в этой теории ключевой характер имеет понятие интервала – отношения между

событиями. Именно это послужило причиной опоры на реляционные взгляды Маха при создании общей теории относительности. Ну а создание общей теории относительности, как уже отмечалось, ознаменовало формирование еще одной, третьей, – геометрической парадигмы.

Сейчас, уже в XXI веке, накопилось достаточно оснований утверждать, что для получения наиболее полных представлений о физической реальности необходимо уметь смотреть на нее с позиций трех принципиально различных метафизических парадигм [17]: 1) ныне доминирующей теоретико-полевой парадигмы, 2) геометрической парадигмы, основанной Клиффордом и Эйнштейном и 3) реляционной парадигмы, основные идеи которой заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. С позиций каждой из названных парадигм удастся увидеть нечто большее, чем в двух других. Это ситуацию можно уподобить известному факту, что для изготовления какой-либо детали необходимо представить ее чертеж в трех ортогональных проекциях.

Произведенный в наших работах анализ (см. [17–18]) показал, что последовательный взгляд на физическую реальность с позиций реляционного подхода позволяет под иным углом зрения взглянуть на суть ряда ключевых проблем современной фундаментальной физики, в том числе на природу гравитационных взаимодействий, на проблему квантования гравитации, на интерпретацию квантовой механики и на ряд вопросов современной космологии. Как нам представляется, если бы Эйнштейн продолжил следовать реляционным идеям Маха, он смог бы раскрыть тайну истинной интерпретации квантовой механики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Эйнштейн А., Гроссман М.* Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения // А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 227–266.
2. *Гильберт Д.* Основания физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 133–145.
3. *Клиффорд В.* О пространственной теории материи // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 36–37.
4. *Клиффорд В.* Здравый смысл точных наук // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 38–49.
5. *Калуца Т.* К проблеме единства физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 529–534.
6. Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979.
7. *Владимиров Ю.С.* Природа пространства-времени. Антология идей. Изд. 2-е. М.: ЛЕНАНД, 2019.
8. *Вернадский В.И.* Научное мировоззрение // На переломе (Философские дискуссии 20-х годов). М.: Политиздат, 1990.
9. *Мах Э.* Познание и заблуждение. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2003.
10. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 2: По пути Клиффорда–Эйнштейна. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. С. 70.
11. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 1: Диамату вопреки. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. С. 131–141.

12. Боданис Дэвид. Самая большая ошибка Эйнштейна. М.: Лаборатория знаний, 2017.
13. Эйнштейн А. Элементарные соображения по поводу основ квантовой механики // А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов. Т. 3. М.: Наука, 1966. С. 617.
14. Эйнштейн А. Эрнст Мах // Собр. науч. трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 27–32.
15. Эйнштейн А. Принципиальное содержание общей теории относительности // Собр. науч. трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 613–615.
16. Эйнштейн А. Автобиографические заметки // Собр. науч. трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 268.
17. Владимиров Ю.С. Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
18. Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница-Маха. М.: ЛЕНАНД, 1917.
19. Владимиров Ю.С. От геометрофизики к метафизике. М.: ЛЕНАНД, 2019.

+TO THE 140th ANNIVERSARY OF ALBERT EINSTEIN BIRTHDAY

Yu.S. Vladimirov

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

In connection with the 140th anniversary of the birth of Einstein, his contribution to the formation and development of three main metaphysical paradigms is discussed, within which fundamental theoretical physics developed in the twentieth century: the dominant field theory, geometry, and relational. Particular attention is paid to Einstein concern about the relational paradigm, the ideas of which played an important role in creating the general theory of relativity.

Keywords: special and general relativity, geometric paradigm, relational paradigm, interpretation of quantum mechanics.

МЕТАФИЗИКА КАК ОСНОВАНИЕ ФИЛОСОФИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Л.П. Волкова

Институт информационных технологий и АСУ НИТУ «МИСиС»

В статье рассматриваются философские основания метафизических проблем. Анализируются и сопоставляются результаты исследований этих проблем учеными в аспектах науки, философии и религии. Обсуждаются проблемы соотношения понятий «метафизика» и «философия». Подчеркивается опасность преобладающего внимания к возникающему в интернете искусственному интеллекту по сравнению с человеческими способностями к метамышлению.

Ключевые слова: метафизика, философия, реляционная парадигма, метамышление, ноосфера, информация, мозг, сознание, процесс.

Введение

В преддверии второй конференции по основаниям физики представляется необходимым продолжить разговор об основаниях метафизики, начатый в статье, написанной к первой конференции [1]. Данная статья, как и предыдущая, мыслилась защищающей позицию метафизики как научного мировоззрения. Слушая и вникая в темы докладов тех, кто выступал на первой конференции, читая потом материалы, опубликованные в нескольких номерах журнала «Метафизика», понимаешь, что за логикой высказываний математиков и физиков незримо стоит определенный философский подход к теме исследования и уровень мировоззрения. Напрашивается вывод о необходимости систематизации многочисленных идей и теорий как в физике, так и в математике, на более высоком уровне иерархии – уровне философского осмысления. Именно этот уровень присутствует в статьях замечательного сборника «Основания физики и геометрии» издательства Российского университета дружбы народов 2008 года, заставляя вновь обратить внимание на проблемы, которые там обсуждаются. И в этой связи опять высвечивается необходимость обсуждения метафизических принципов как основы научного мировоззрения именно в рамках определенной парадигмы. Такой анализ представляется более продуктивным, чем оставить без внимания некоторые идеи и теории, квалифицируя их понятием «безусловная научная вера» [2]. Тем более что представляется возможным отнести к этой категории и следующие высказывания в рамках одной статьи:

«Позиция автора данной работы состоит в том, что математика является независимым от человека идеальным объектом, и это, пожалуй, один из тех объектов, абсолютная информация о котором в силу точности математи-

ческих соотношений с неизбежностью оказывается тождественной информации сознания» [2, с. 12].

«Убеждение же в абсолютной объективности математических соотношений легко сопровождается верой в получение из этих соотношений столь же абсолютной информации; тогда можно (и хочется) говорить о реальных явных и скрытых свойствах пространства и времени. <...> И такой косвенный метод изучения физики посредством изучения математики, по мнению автора, является одним из наиболее мощных и надежных инструментов для постижения сущности устройства мира» [2, с. 21–22].

Но каждый ученый-физик, доказывая свои идеи, ищет свой математический аппарат и пользуется им как инструментом. Тогда первопроходцами являются математики, создавшие этот инструмент (или открывшие)? Это возвращает нас к уже высказанной нами ранее мысли о том, что «появление «новой для человечества математики в сознании отдельных людей» скорее является отражением в отдельном, подготовленном к этому сознании конкретного человека, того, что называли «информацией в себе», «вещью в себе», «первичной реальностью». Процесс этот, как представляется, бесконечно идет по мере совершенствования сознания человечества, периодически локализуясь в виде новых идей, теорий, математики» [1].

В этом аспекте важно напомнить еще об одной мысли, высказанной ранее на основании некоторого анализа научных воззрений, о том, что «понятие “метафизика” может относиться к разным сторонам и понятиям единого целого, называемого “мир”, “космос” или иначе» [3]. Но главная работа, которая привела к этой мысли, посвящена основополагающим принципам метафизики и главному из них – «процессуальности триединого Первоначала» [4]. Именно этот замечательный метафизический принцип, который выявлен на основе подробного анализа исследований работ многих мыслителей в книгах Ю.С. Владимирова, как представляется, действительно «отражен во всех явлениях жизни».

1. О различии понятий «Метафизика» и «Философия»

Если говорить о различии понятий «философия» и «метафизика», то, наверное, это наиболее точно сказано деканом философского факультета МГУ В.В. Мироновым в [5, с. 36]: «Термин «метафизика» отличается от понятия философии. Это как бы ее теоретическая часть или сердцевина – учение о первоосновах сущего. Не случайно ее иногда называют теоретической философией, противопоставляя ее практическим разделам. Мы пытаемся обосновать это классическое представление о метафизике как о философской теории, исследующей предельные основания бытия или первоосновы всего сущего». В этой же работе В.В. Миронов отмечает, что именно «философ формирует то, что носит название “мировоззрение”», давая определение и последнему понятию: «Мировоззрение есть система взглядов на мир, на человека и, самое главное, на отношение человека к миру».

Благодаря многочисленным книгам и статьям, посвященным метафизическим вопросам, написанным уже в этом веке, метафизика поднялась на новый уровень, который позволяет говорить о новом ее значении. При этом параллельно развивается и теоретическая физика, в частности бинарная геометрофизика, базирующаяся на теории отношений [6]. Именно здесь подчеркивается, что «в теориях реляционной парадигмы вместо отдельных категорий пространства-времени и частиц вводится новая (метафизическая) категория систем отношений» [6, с. 16]. Обращает на себя внимание главная идея, *подтверждающая прогрессивный характер реляционной парадигмы* по сравнению с предыдущими парадигмами (геометрической и теоретико-полевой). Эта идея высказана в третьей книге из цикла «Метафизика и фундаментальная физика» (автор Владимиров Ю.С.) [7, с. 165]. Она подчеркивает реальность и значимость метафизического принципа процессуальности, высказанного автором указанной книги именно в рамках реляционной парадигмы.

Идея заключается в том, что «испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение участвует в формировании самой идеи пространственно-временных отношений». Уникальность этого высказывания состоит в том, что оно сделано на основании фундаментального анализа не только антологии идей, но и физических теорий, их истории и эволюции на протяжении нескольких веков в книгах и статьях автора идеи. Именно попытка осмыслить физические исследования, как теоретические, так и экспериментальные, что удалось сделать только с позиций метафизики, позволила ему прийти к столь фундаментальному выводу. Все это дает основание вернуться к вопросу об основаниях метафизики, к тому значению, которое придавал метафизике Аристотель как «первой философии», основание говорить о возрождении метафизики на новом уровне.

В этой связи необходимо подчеркнуть процесс формирования нового статуса метафизики как научной основы философии естествознания. Об этом свидетельствует и следующее высказывание известного философа А.В. Иванова, которое цитируется в одной из книг, посвященных метафизике [4, с. 3]: «Метафизика (или “первая”, или “теоретическая”, или “систематическая” философия) всегда являлась, является и будет являться неустрашимым сердцем, центральной составляющей философского знания, ибо никакая любовь к мудрости, никакое цельное мировоззрение, никакая последовательная рефлексия невозможны без обращения к вечным – собственно метафизическим – проблемам бытия с никогда не могущими завершиться попытками их всеобъемлющего систематического решения». Важным представляется и заключение самого Ю.С. Владимирова, приведенное в этой же книге, о значимости философии, метафизических принципов «на переломных этапах развития науки, когда происходят существенные изменения представлений об окружающем мироздании, осуществляется замена доминирующей метафизической парадигмы».

Предыдущая и настоящая наши статьи представляют, конечно, только попытки привлечь внимание к проблеме. Вся задача, как нам представляется, должна быть поставлена так, чтобы обосновать статус метафизики как основы

естественнонаучного мировоззрения. Очевидно, что тогда отпадет желание у многих выставлять отдельные исследования и научные направления как лженауку, даже не пытаясь найти в них рациональное зерно.

2. О противостоянии двух философских концепций

Вникая в суть в каком-то смысле противостояния физиков и математиков на первой Российской конференции по основаниям физики, еще раз убеждаешься, что речь должна идти о том, что их объединяет, то есть – об основаниях метафизики [1]. Только общая парадигма метафизики, принятая физиками и математиками, позволяет им адекватно раскрывать суть исследуемых явлений, мыслить в одном русле на интуитивном уровне.

Рассматривая метафизику как философию естественных наук, развиваемых человеком, необходимо помнить, что параллельно развивается философия искусственного интеллекта, как наука, развиваемая тоже человеком. Однако смысл ее связан с игрой в имитацию человека. Причем, как отмечается в [8], «искусственный интеллект ориентирован на практические применения, а не на метафизические исследования “сознания”». Тогда зачем игра в имитацию используется как научный метод? И в рамках той же темы данный метод упоминался даже в докторской диссертации по философии искусственного интеллекта. Но какова цель с точки зрения блага для человека?

Можно оставить это без внимания. Тогда вместо проблемы «как сохранить человеческое в человеке» [9], которая актуальна в рамках современной концепции о конвергенции цифрового и физического миров, мы будем еще озабочены тем, что в перспективе «электронный человек... окончательно порвет с биологической основой, обретет неограниченные когнитивные способности и бессмертие, станет “богом”» [8, с. 8]. Но это уже будет не человеческий Бог...

«Мир, в котором мы живём, – один для всех. Однако, пытаясь описать законы, действующие в этом мире, физика обнаружила как бы два мира. ...Каждый человек также живёт одновременно в двух мирах. Первый – “классический” – привычный нам мир окружающей действительности. Второй – “квантовый” – мир духовный, в котором внимание скачками переходит от одного впечатления к другому, от одной мысли к другой» [10]. Если верить этой гипотезе о двух мирах, то именно мозг является тем инструментом, при помощи которого человек может воспринимать и тот и другой миры. Именно в мозге, очевидно, находится «тончайшая линия, как лезвие бритвы, проходящая между двумя неверными крайностями», о которой писал другой ученый и мыслитель, писатель-фантаст Иван Ефремов. Эта особенность мозга человека – одновременного восприятия внешнего и духовного миров, позволяющая человеку делать свой выбор между ними, всегда будет отличать его от машинного интеллекта.

Речь идет о противостоянии, на самом деле, двух интеллектов – человеческого и машинного. Глобальный электронный мозг сети Интернет фор-

мирует свое философское мировоззрение. И делает это уже, как ни печально, используя биологический мозг людей, формируя метасеть на биологической основе. Кажется, что именно способность к метамышлению должна отличать человеческий мозг от компьютера.

Метамышление – что можно подразумевать под этим термином? Способность оперировать огромным количеством конструкций из терминов, которые представляют сами по себе сложные понятия и философские категории. Это доступно и человеку, и искусственному интеллекту. Но способность размышлять о своем мышлении, изменять способ мышления по своей воле способен только человек.

Противостояние концепций реализуется в конкретном мозге, подготовленном к этому. Именно здесь происходит самоорганизация информации восприятия. Эта информация восприятия, которую можно назвать чувственной информацией, накапливается в биологическом мозге вокруг «магнитного центра интереса» конкретной личности. Если помнить об асимметрии мозга, то у людей с особо развитым аналитическим мышлением, при накоплении соответствующей информации в виде словесных терминов и математических конструкций, появляется способность свободно манипулировать этими терминами и конструкциями, близкая к машинному интеллекту. Возникают некое метамышление, способность к анализу подобной информации и построению новых конструкций на основе этого анализа, но все дальше уходящих от реальных человеческих интересов. Это уже не игра в имитацию человеческого поведения, а искусственная жизнь. Интересно, что официально искусственного интеллекта пока нет, но существует Философия искусственного интеллекта, существует Научный Совет РАН «Философско-методологические и научно-теоретические проблемы искусственного интеллекта» [8].

Реальная жизнь продолжается, базируясь на основе восприятия обычных людей, порождая в ноосфере фракталы добра и зла. Метафизика, как философия естествознания человеческого интеллекта, тоже развивается благодаря усилиям ученых, продолжает искать свое место среди академических наук. Но дамоклов меч обвинения в лженауке периодически висит над ней, когда упоминаются идеи и теории, авторы которых так и ушли непризнанными. Такие темы, как «Информационный подход в теории сознания», «Метафизическая психология сознания», «Метафизика как философия интуитивного разума человеческого интеллекта», да и само понятие «ноосфера», как реальность и обратная связь, участвующая в формировании процесса жизни, как научные темы, возможно, есть, но не занимают столь почетного места, как искусственный интеллект, который развивается сам, в интернете, используя то, что игнорируем мы. И это уже не имитация. Как отмечается в [8], уже в статье А. Тьюринга 1950 года предлагалось заменить вопрос «Может ли машина мыслить?» на вопрос «Может ли машина наравне с человеком играть в имитацию интеллектуального поведения?». Только вот зачем?

Здесь остается вернуться к ранее уже высказанной нами мысли [3]: «Всегда остается загадкой этот вечный спор о понятиях и терминах, результат

которого подтверждается в реальности не всегда явно и не всегда связан с признанием научных достижений. Тем не менее, “информация”, изменяясь во времени, изменяет реальность, подтверждая правоту некоторых идей и опровергая другие. Формируется общее достояние всего человечества – ноосфера, формируется как результат самоорганизации чувственной информации. И формирование ноосферы не стоит на месте, процесс продолжается. Однако в любом процессе важны направленность, вектор движения. И тут нет альтернативы: энтропии может противостоять только любовь. Именно Живой Коллективный Разум с его направленностью на любовь может противостоять всем опасностям уже возникшего, как его отражение, электронного искусственного интеллекта».

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова Л.П. Об основаниях метафизики // Метафизика. 2018. № 1 (27). С. 99–106.
2. Ефремов А.П. Природа пространства и времени. Основания физики и геометрии. М.: РУДН, 2008. С. 6–22.
3. Волкова Л.П. Метафизика социальных процессов // Метафизика. 2018. № 2 (24). С. 28–41.
4. Владимиров Ю.С. Метафизика и фундаментальная физика. Книга 1: От древности до XX века. Изд. 3-е. М.: ЛЕНАНД, 2017. 216 с.
5. Миронов В.В. Становление и смысл философии как метафизики // Альманах «Метафизика. Век XXI». Вып. 2. М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2007. С. 18–40.
6. Владимиров Ю.С. Метафизика и фундаментальная физика. Книга 2: Три дуалистические парадигмы XX века. Изд. 3-е. М.: ЛЕНАНД, 2017. 256 с.
7. Владимиров Ю.С. Метафизика и фундаментальная физика. Книга 3: Реляционные основания исковой парадигмы. М.: ЛЕНАНД, 2018. 248 с.
8. Алексеев А.Ю. Роль комплексного теста Тьюринга в развитии исследований искусственного интеллекта. Доклад на заседании семинара НСММИ РАН «Философско-методологические и научно-теоретические проблемы искусственного интеллекта», 22 сентября 2015 года, Институт философии РАН, г. Москва. Роль комплексного теста Тьюринга в развитии исследований ИИ_alekseev_presentatio. PDF. 13 с. URL: https://iphras.ru/uplfile/ai/alekseev_presentatio.pdf.
9. Волкова Л.П. Сохранение человеческого в человеке как основная мотивация в конвергенции физического и цифрового миров и модернизации России. Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 13 / РАН. ИНИОН. М., 2018. Ч. 1. С. 616–621. URL: <https://www.academia.edu/36509309>.
10. Сайт игумена Владимира (Маслова), заметка № 262 «Два мира». URL: <http://www.igumen.ru/index.php3?id=200>.

METAPHYSICS AS A BASIS OF NATURAL SCIENCE PHILOSOPHY

L.P. Volkova

Institute of Information Technology and ACS, “MISiS”

The article discusses the philosophical foundations of metaphysical problems. Analyzed and compared the results of studies of these problems by scientists in the aspects: science, philosophy

and religion. The problems of the relationship between the concepts of “metaphysics” and “philosophy” are discussed. The danger of the prevailing attention to the artificial intelligence arising on the Internet in comparison with the human ability to meta-thinking is emphasized.

Keywords: metaphysics, philosophy, relational paradigm, meta-thinking, noosphere, information, brain, consciousness, process.

МЕЖДУ ФИЗИКОЙ И МАТЕМАТИКОЙ

С.Я. Серовайский

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Геометрия. Ее непосредственным предметом является изучение различных пространственных форм. Что же это такое? Естественная наука, исследующая конкретные свойства объектов реально существующего мира, родственная механике и астрономии, или один из разделов математики, подобный алгебре, математическому анализу и теории чисел? Как и в каком направлении она развивалась? Этим вопросам посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: геометрия, алгебра, математический анализ, теория групп, теория относительности, физика.

Естественная наука или математическая теория?

Геометрия – одна из наиболее древних математических дисциплин. Недюжинными познаниями в области геометрии владели все величайшие цивилизации древности – Египет, Вавилон, Китай, Индия и др. Да и как можно было бы возводить храмы и строить мосты, прокладывать курс в море и следить за звездами, не имея хоть каких-то представлений о простейших геометрических фигурах и формах пространственных тел, способах вычисления длин, площадей и объемов?

Архитекторы и инженеры, землемеры и звездочеты, ремесленники и мореплаватели уже в глубокой древности в силу своей профессиональной деятельности просто обязаны были владеть определенными навыками в области геометрии. А ведь кто-то еще должен был их обучать, а также систематизировать и совершенствовать накопленные знания. Встречались уже и зачатки науки, но вот только какой?

Существовала механика, изучающая движение тел в пространстве. Появилась астрономия, связанная с наблюдением небесных светил. И была геометрия, рассматривающая пространственные формы реальных объектов. Геометрия оказывалась тем самым естественной наукой, в значительной степени родственной механике и астрономии. И как же могло получиться, что со временем геометрия объединилась вместе с арифметикой, с появившимися позднее алгеброй и анализом в нечто уж очень странное, но как-то совсем не похожее на физику, химию или биологию – в то, что было названо математикой? Где истоки всего этого?

Среди мыслителей Древнего мира особое место занимает Пифагор. Он заявлял, что между окружающим миром, воспринимаемым нашими органами чувств, и туманным миром человеческих идей существует прямая связь. И выражена эта странная связь в числах, поскольку всё, происходящее вокруг, можно измерить. Отсюда следовал естественный вывод: надо изучать числа,

а уже с их помощью – весь окружающий мир. Вот только причем здесь геометрия?

Кто не изучал в школе теорему Пифагора? Кто не рисовал знаменитые «пифагоровы штаны»? Кто не поминал по делу или без эти самые катеты и гипотенузу? Каждый в той или иной степени хранит в памяти воспоминания детства... Но какое, вообще, всё это имеет отношение к мудреной философии Пифагора? Что же такого смог он узреть в том простеньком соотношении, фактически уже известном в Древнем Египте и Вавилоне?

Прямоугольный треугольник – объект, безусловно, геометрический. И он однозначно характеризуется своими сторонами – катетами и гипотенузой. Однако связь между их размерами может быть выражена в числах. А значит, за геометрическими образами скрываются свойства чисел! Значит, геометрия действительно оказывается в чем-то родственной арифметике. И тогда уже не столь уж странной может показаться сама идея заключить их в единую систему знаний. Возможно, и на самом деле геометрия является не только и не столько естественнонаучной дисциплиной?

Платон – один из величайших философов в истории человечества... Он жил лет через двести после Пифагора. Его воззрения на геометрию и математику в целом во многом сформировались под влиянием Пифагора. «Знание, к которому стремятся геометры, есть знание вечного, а не того, что тленно и преходяще», – учил Платон. Вслед за Пифагором он считал, что Математику следует изучать саму по себе, а не только в связи с решением каких-либо прикладных задач. «Бог всегда является геометром», – любил повторять Платон. А вход в основанную им Академию украшала суровая надпись: «Пусть не входит сюда тот, кто не знает геометрии».

Согласно Платону геометрические объекты не существуют в реальном мире. Их место – в мире идеальном. А в обыденной жизни вы никогда не встретите настоящие окружности, треугольники и конусы. Всё это – лишь математические абстракции, обладающие удивительно красивыми свойствами исключительно в силу своей идеальности, безусловной оторванности от суеты нашего бренного мира. Они лишь приближенно реализуются на практике. И хотя эффективность практического применения геометрических методов чрезвычайно высока, занимаясь изучением идеальных свойств идеальных объектов, геометрия не может быть отнесена к естественным научным дисциплинам. С этих позиций становилась актуальной разработка чисто абстрактной геометрической теории. И такая теория действительно вскоре появилась.

Рождение теоретической геометрии

Философия Платона стала идеологической основой для геометрии Евклида – глубоко формализованной математической теории и, кстати, первой математической теории, построенной таким образом. Но на пути разработки необходимого математического аппарата геометрии среди предшественников Евклида, конечно же, были весьма серьезные математики.

Уже в VI веке до н.э. Фалес из Милета дает первые доказательства простейших геометрических утверждений. Так, он устанавливает признаки равенства треугольников, доказывает равенство соответствующих углов равнобедренного треугольника. Особо важно здесь то обстоятельство, что геометрические свойства обосновываются с помощью некоторой цепочки логических утверждений. Фактически мы уже имеем дело с настоящими теоремами. Эта концепция, проходящая через всю Математику, была впоследствии положена в основу геометрии Евклида.

И всё же результаты Фалеса не составляют целостную теорию. Однако уже в V веке до н.э. Гиппократ Хиосский издает свои «Начала». Его труд, к сожалению, так и не дошел до нас. Трудно сказать, на каких принципах он был в действительности построен. Но, по свидетельству очевидцев, это была, возможно, первая в истории попытка систематического изложения геометрии на плоскости. Не случайно и Евклид назвал свой труд «Началами». Видимо, была здесь какая-то преемственность. Но только в чем она выразилась?

Мы не знаем, в какой степени осознавал Гиппократ аксиоматический метод. Да и пользовался ли он вообще аксиомами? Но вот Евдокс Книдский, живший в IV веке до н.э. незадолго до Евклида и бывший непосредственным учеником Платона, уже имеет достаточно четкое представление об аксиомах. Так, одна из наиболее известных математических аксиом, названная впоследствии аксиомой Архимеда, но сформулированная впервые именно Евдоксом, постулировала неограниченную возможность увеличения размеров отрезков. По своей известности и влиянию на развитие всей Математики, с ней может конкурировать лишь знаменитый пятый постулат Евклида. Отметим, что у Евдокса это было действительно некое недоказуемое утверждение, интуитивно принимаемое, тем не менее, за истину. А уже с его помощью получались другие геометрические результаты, например, вычислялась площадь круга.

Нельзя не отметить еще один результат Евдокса, проливающий определенный свет на соотношение между геометрией и арифметикой. Евдокс понимает под числом отношение двух однотипных величин, в частности длин отрезков или площадей фигур. И если Пифагор двигался от чисел к геометрии (связь между катетами и гипотенузой есть проявление некоторых количественных закономерностей), то Евдокс шел в обратном направлении. Для него число оказывается отражением некоего соотношения между геометрическими объектами. Так, эти два блистательных математика, бывших к тому же серьезными философами, с разных позиций вскрывали глубокую связь между геометрией и арифметикой.

Евдокс по праву считается одним из величайших математиков Античности. Но создание полноценной геометрической теории принято связывать все-таки с именем Евклида. Находившийся под несомненным влиянием философских воззрений Платона и прекрасно знакомый с трудами Евдокса и других крупнейших математиков предшествующего периода, Евклид жил в Александрии, городе, основанном Александром Македонским и превращен-

ном им в центр мировой культуры. Основной труд Евклида – «Начала» является, пожалуй, наиболее известным научным трактатом за всю историю человеческой цивилизации. Евклид создал образец математической теории, эталон, на который равнялись математики (и не только математики) всех последующих поколений. Он разработал стройную систему, основанную на четких и ясных логических принципах.

Геометрия Евклида самодостаточна. Она не нуждается в каких-то ссылках на другие работы. Сначала даются важнейшие определения, характеризующие главные объекты исследования. Затем приводятся аксиомы – основополагающие положения, считающиеся истинными изначально. После этого формулируются и логически обосновываются теоремы – утверждения, характеризующие свойства рассматриваемых геометрических объектов, выводимые из аксиом или уже доказанных теорем. Не случайно, более двух тысячелетий преподавание геометрии осуществлялось непосредственно на основе «Начал» Евклида. Собственно, с этих пор любая формализованная математическая теория будет строиться на подобных принципах.

После трудов Евклида становилось отчетливо видно, что геометрия – это действительно настоящая математика. Более того, к самой математике теперь будет принято относить всё, что может быть изложено таким же способом, как геометрия Евклида. Однако, несмотря на это, геометрия еще долгое время развивалась совершенно самостоятельно и была в немалой степени изолирована от других математических дисциплин. Единство всей математики по-прежнему оставалось далеко не очевидным. Предстоял еще долгий нелегкий путь к Истине...

На пути к великому синтезу

Отдельные факты, указывающие на связь геометрии с другими математическими направлениями, были обнаружены еще задолго до Евклида. К примеру, уже теорема Пифагора, наряду с естественной геометрической интерпретацией, имеет числовой, алгебраический и аналитический смысл. Действительно, каждой стороне треугольника (геометрическому объекту) можно поставить в соответствие его длину, то есть число. Именно отсюда берет начало аналитическая геометрия, использующая аналитический аппарат для описания геометрических фигур. В трудах наиболее проницательных математиков древности постепенно выявляются глубокие связи между геометрией и другими разделами Математики. В частности, уже упоминавшийся Евдокс был не только великим математиком, но и блестящим астрономом – создателем, возможно, первой в истории космологической теории. При составлении атласа неба для указания места расположения звезд он приписывает им определенные координаты. А его последователь Гиппарх пользуется еще и географическими координатами. Видимо, здесь – истоки метода координат, позволяющего сопоставить положению тела на плоскости или в пространстве несколько чисел – координат. Отсюда открывался путь к описанию многообраз-

ных геометрических объектов на языке чисел и формул, то есть средствами других разделов Математики. Но до полного осознания такой возможности было еще далеко.

Среди математиков античного мира, пожалуй, наиболее отчетливо ощущал связь геометрии с другими математическими направлениями Аполлоний Пергский. В своих глубоких исследованиях он уверенно пользовался различными типами систем координат и при необходимости умело переходил от одних координат к другим. Кстати, именно ему мы обязаны такими терминами, как ось, абсцисса, координата, аппликата, а также гипербола, парабола, эллипс, фокус, асимптота и др. Знаменитый труд Аполлония «Конические сечения» – вершина древнегреческой геометрии. Лишь через две тысячи лет европейские математики нового времени смогли превзойти этот уровень.

В Средние века лишь немногие мыслители всерьез задумывались о связи геометрии с другими разделами математики. К числу этих немногих, безусловно, относится Омар Хайям, гениальный поэт и крупнейший математик своего времени. В своих работах он пишет: «Не следует придавать значение тому факту, что алгебра и геометрия по видимости различны. Алгебраические факты есть факты геометрические, которые доказаны». А ведь сказано это почти на тысячу лет раньше известной фразы Гильберта «Арифметические знаки – это записанные фигуры, а геометрические фигуры – это нарисованные формулы»... Можно еще упомянуть французского математика XIV в. Николя Орема, пользовавшегося графическим изображением переменной величины, а также итальянского математика XVI в. Рафаэлло Бомбелли, установившего аналогию между различными процедурами над числами и отрезками. Время великого синтеза приближалось...

Создание аналитической геометрии, навсегда объединившей геометрию со всей остальной Математикой, связывают с двумя великими французскими математиками XVII в. Пьером Ферма и Рене Декартом. Они были так не похожи друг на друга... Ферма – профессиональный юрист, всю свою жизнь проработавший провинциальным государственным чиновником и практически не покидавший свой родной город. Декарт – знаменитый философ, немало ездивший по свету и умерший вдали от родины... Их результаты трудно переоценить.

Ферма, известный широкой общественности, главным образом своей легендарной теоремой, находится у истоков многих математических направлений. Именно Ферма первым ввел систему координат, причем как для плоского, так и для пространственного случая. Ему знакомо понятие размерности. Он отчетливо понимал, что с помощью метода координат можно описать геометрические свойства аналитическими методами и, напротив, геометрическую интерпретацию использовать для наглядной иллюстрации явлений, лежащих за пределами геометрии. В частности, он проводит классификацию кривых по свойствам функциональных выражений, дающих аналитическое представление этих кривых. Вместе с тем, имея аналитическое представление

кривой, он дает графическую интерпретацию решения уравнения, определяемого данной кривой.

Декарт, основоположник философии нового времени, был создателем философской теории естествознания. Согласно Декарту весь мир представляет собой хорошо отлаженный механизм, а любая наука сводится тем самым к механике. А языком науки является, естественно, математика, призванная описывать любые явления окружающего мира. Но поскольку явления эти происходят в пространстве, то непременно должно существовать какое-то средство для описания пространственных форм. Декарт вводит понятие переменной величины, которой можно дать различную интерпретацию. С одной стороны, это может быть траектория движущегося тела, что относится к механике. С другой стороны, за этим стоит некая кривая, то есть геометрический объект. Но ту же самую переменную величину можно описать с помощью некоторой функциональной зависимости, то есть средствами алгебры и анализа. Тем самым аналитический аппарат проникает не только в геометрию, но и в механику, связывая воедино всё естествознание.

Независимо от Ферма Декарт вводит явным образом прямоугольные координаты, которые впоследствии были названы декартовыми. Именно с их помощью предоставляется естественная возможность связать геометрию с анализом. Действительно, каждая точка кривой на плоскости характеризуется парой чисел, являющихся координатами этой точки. Одну из этих координат можно выбрать в качестве независимой переменной, а другую – значением в этой точке какой-то функциональной зависимости. И тогда, перемещая точку вдоль кривой, мы при определенных условиях восстанавливаем некоторую функцию. Вместе с тем, имея какую-то функцию, выбирая всевозможные числа из области ее определения и отслеживая соответствующие значения функции, мы получаем множество точек на плоскости, образующее какую-то кривую. В отличие от Ферма, практически не публиковавшего результаты своих исследований, Декарт дает систематическое изложение аналитических методов в геометрии. Тем самым существенно углубляется представление о различных геометрических объектах и о геометрии в целом.

Работы Декарта и Ферма знаменовали собой начало аналитической геометрии, реальное объединение геометрии с алгеброй и анализом и дали мощный импульс для развития всей математики.

Геометрия или геометрии?

Метод координат стал надежным мостом, связывающим геометрию с алгеброй, анализом и другими разделами математики. Геометрия обогатилась оригинальными идеями, и перед ней открылись новые неизведанные миры.

Отталкиваясь от пионерских изысканий Ферма и Декарта, на стыке геометрии и алгебры появилась алгебраическая геометрия, призванная изучать множества решений алгебраических уравнений – линейных, квадратных, кубических и т.д. С помощью метода координат решения уравнения отождес-

твляются с множеством точек, образующих какой-либо геометрический объект. К примеру, множество точек x и y на плоскости, удовлетворяющее равенству, образует окружность единичного радиуса с центром в начале координат. Геометрический объект, задаваемый решениями систем алгебраических уравнений, называется алгебраическим многообразием. Алгебраические многообразия и являются главным предметом алгебраической геометрии.

Алгебраические многообразия различаются, прежде всего, по размерности. В частности, алгебраические кривые имеют размерность 1, алгебраические поверхности – размерность 2 и т.д. В свою очередь, алгебраические кривые можно различить по порядку уравнений, определяющих данный геометрический объект. В частности, прямая на плоскости, определяемая координатами x и y , описывается уравнением с некоторыми коэффициентами, кривая второго порядка характеризуется соотношением и т.д.

Естественно, сами по себе эти геометрические объекты исследовались в глубокой древности. В частности, труд Аполлония «Конические сечения» был посвящен, главным образом, кривым, получаемым в результате сечения конуса той или иной плоскостью. В зависимости от того, что за плоскость здесь выбрана, получаются эллипс, парабола и гипербола, которые относятся к кривым второго порядка. А еще раньше в IV веке до нашей эры Менехм решал задачу удвоения куба (построение с помощью циркуля и линейки куба, имеющего удвоенный объем по сравнению с данным кубом) на основе нахождения точки пересечения двух кривых второго порядка. Позднее Омар Хайям исследовал кубические уравнения, находя точки пересечения окружности и параболы. Так что его высказывание о связи геометрии и алгебры было далеко не случайным.

Однако, естественно, настоящая алгебраическая геометрия началась лишь после открытий Ферма и Декарта. Мощный алгебраический аппарат и наглядная геометрическая интерпретация, дополняя друг друга, существенно расширили и углубили представление математиков об окружающем их мире.

Не менее грандиозные события происходили на стыке геометрии и анализа. Там зарождалась дифференциальная геометрия – геометрическое направление, в котором свойства кривых, поверхностей и пространственных тел изучаются средствами математического анализа. Так, в малой окрестности некоторой точки гладкая кривая достаточно близка к прямой – ее касательной в этой точке. Аналогично гладкая поверхность в малой области достаточно близка к своей касательной плоскости. Таким образом, исследование геометрических объектов достаточно общей природы (кривых, поверхностей) может быть локально (в окрестности точки касания) сведено к анализу существенно более простых объектов – прямых и плоскостей.

Отметим, что свойство гладкости и определение касательной напрямую связаны с дифференцированием – одним из центральных понятий математического анализа. У истоков дифференциальной геометрии находятся работы Леонарда Эйлера и Гаспара Монжа. Характерно название труда Монжа «При-

ложение анализа к геометрии», изданного в 1795 году. В нем закладываются основы изучения поверхностей с помощью аппарата дифференциального исчисления.

Сравнительное изучение поверхности и плоскости чрезвычайно актуально. Дело в том, что реальная поверхность земной коры является естественно криволинейной, в то время как ее изображение, то есть карта, остается плоской. Для разработки хороших карт требовался соответствующий математический аппарат. Стимулируемый во многом потребностями картографии, великий немецкий математик Карл Фридрих Гаусс публикует в 1827 году работу «Общее исследование о кривых поверхностях», после чего дифференциальная геометрия становится самостоятельным разделом Математики.

Шло время... Гауссу давно уже перевалило за семьдесят. Он много болел. Жить оставалась совсем немного... А в это время один молодой человек, бывший студент Гаусса, решил начать карьеру преподавателя в университете города Гёттинген, где работал Гаусс. Должность эта была фактически низшей ступенью в университетской иерархии и даже не предполагала оплаты. Однако правила предписывали, чтобы соискатель сначала прочел пробную лекцию. Для этого он должен предложить три темы, из которых компетентное жюри выбирает одну. Две из предложенных тем были достаточно хорошо изложены и свидетельствовали о вполне удовлетворительном уровне подготовки соискателя. Однако что-то подсказало Гауссу остановить свой выбор на именно третьей теме, едва проработанной.

На подготовку необходимого материала ушло полтора месяца тяжелого труда. И вот 10 июня 1854 года в Гёттингенском университете была прочитана лекция на тему «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», которая стала одной из главных вех в истории геометрии. Главным ее итогом было использование аппарата дифференциальной геометрии для объяснения законов качественно новых геометрий. Великий Гаусс, которому оставалось жить совсем недолго, был счастлив. Достойной заменой и продолжателем его дела будет молодой Бернхард Риман. Однако что же представляли собой те самые новые геометрии?

Качественно новые геометрические миры открывались в результате долгой и мучительной работы над пятым постулатом Евклида. Согласно Евклиду, через точку, взятую вне прямой, можно провести ровно одну прямую, параллельную данной. Тысячелетиями математики пытались обосновать это утверждение, выводя его из других аксиом Евклида. Но все их отчаянные попытки оканчивались безрезультатно. И лишь к XIX веку постепенно пришло понимание того, что отказ от пятого постулата приводит не к противоречию, а к принципиально новым геометриям.

У истоков нового направления в геометрии – трое. Это – всё тот же Гаусс, а также российский математик Николай Иванович Лобачевский и венгр Янош Бойяи. Дальше всех здесь удалось продвинуться Лобачевскому, так что новая геометрия по праву получила его имя. В геометрии Лобачевского, обладающей массой удивительных свойств, через точку, взятую вне прямой, проходит

бесконечное множество прямых, параллельных данной прямой. А в другой геометрии, описанной Риманом в той самой лекции, таких прямых не существует вовсе. Основываясь на дифференциальной геометрии (взяв за основу понятие кривизны), Риман описал все три варианта геометрии с единых позиций.

Новые геометрии, названные неевклидовыми, оказались столь же непротиворечивыми, как и геометрия Евклида, но существенно отличающимися от нее многими свойствами. С математической точки зрения они имеют точно такое же право на существование, как и евклидова геометрия. И, как это ни странно, впоследствии они смогли найти важное практическое применение. Так, в общей теории относительности Эйнштейна материальные тела искривляют пространство вокруг себя. Соответствующая геометрия уже не будет евклидовой – здесь уверенно вступают в свои права строгие законы геометрии Римана.

Итак, геометрия алгебраическая, дифференциальная, неевклидовы геометрии... Что еще? Еще раньше появилась проективная геометрия, связанная с изучением свойств фигур, не меняющихся при различных преобразованиях типа проектирования. Это направление стимулировалось, прежде всего, потребностью изобразительного искусства. Действительно, как правильно изобразить на картине перспективу? Какой вид принимают протяженные объекты, если смотреть на них издали под определенным углом? Неудивительно, что первые шаги в разработке учения о перспективе сделали живописцы – Пьеро делла Франческо, Леонардо да Винчи, Альбрехт Дюрер и др. Их идеи были подхвачены в XVII веке Жаном Дезаргом, а становление проективной геометрии произошло в первой половине XIX века после работ другого французского математика – Жана Понселе.

Геометрия всё сильнее сплеталась с другими математическими дисциплинами. Но, с другой стороны, геометрический мир неуклонно разрастался. И тут уже вставал другой вопрос, а составляют ли эти столь разные направления единый раздел Математики?

Вот, к примеру, топология, в которой с наиболее общих позиций исследуется понятие непрерывности. Зародилась она, безусловно, в недрах геометрии. А предметом ее являются свойства объектов, не меняющиеся при взаимно однозначных и непрерывных преобразованиях в прямом и обратном направлениях. Так, можно нарисовать на резиновом листе круг и, растягивая этот лист должным образом, получить треугольник. Однако никакая непрерывная деформация никогда не сделает из круга кольцо. Следовательно, есть что-то очень важное, объединяющее треугольник и круг, но никак не кольцо. Подобные свойства и изучает топология... Казалось бы, всё это чистейшая геометрия. Но топологические идеи оказались столь глубоки и многообразны, что, охватывая в наиболее общем виде такие понятия, как непрерывность, близость, предел и т.п., топология в настоящее время превратилась в самостоятельный раздел математики, сопоставимый по масштабам с алгеброй и в значительной степени подчинивший себе анализ. Остро назрела необходимость в разработке новых объединяющих принципов геометрии.

В 1872 году двадцатитрехлетний немецкий математик Феликс Клейн, вступая в должность профессора Эрлангенского университета, выступил с программной речью «Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований», вошедшей в историю под названием Эрлангенская программа. Клейн положил в основу единого взгляда на различные геометрии следующую достаточно естественную идею.

В евклидовой геометрии две фигуры можно отождествить, если одну из них можно отобразить в другую с помощью преобразований сдвига и поворота, называемых единым термином «движение». Характерно, что композиция, то есть последовательное выполнение двух движений, само является движением. Если у нас есть три движения, выполняемых последовательно одно за другим, то мы можем сначала последовательно выполнить первое и второе преобразования, а потом результатом подействовать на третье преобразование. А можно сначала совершить первое преобразование, а потом выполнить композицию второго и третьего движения. И результат в обоих случаях окажется одинаковым. Кроме того, существует тривиальное (тождественное) преобразование, которое оставляет рассматриваемое тело на своем месте. Наконец, любому преобразованию соответствует обратное преобразование, которое аннулирует действие исходного преобразования, то есть возвращает фигуру на первоначальное место. Совокупность описанных свойств для движений и их композиции соответствует важнейшему алгебраическому понятию группы.

Клейн отмечает, что евклидова геометрия изучает те и только те свойства тел, которые не меняются при движениях, или, как говорится, остаются инвариантными, относительно группы движений. И вообще, разные геометрические теории различаются своими группами преобразований. К примеру, топология изучает исключительно те свойства, которые не меняются при взаимно однозначных и непрерывных в обе стороны преобразованиях, образующих группу гомеоморфизмов. Проективная геометрия характеризуется своим типом преобразований, называемых проективными. Своя группа преобразований имеется и у геометрии Лобачевского.

Теория Клейна оказалась второй после разработки метода координат стадией объединения геометрии с другими математическими дисциплинами. Она не только позволила взглянуть с единых позиций на различные геометрические теории, но и дала в руки геометрам мощнейший аппарат теории групп. Отныне объектами изучения той или иной геометрической теории стали инварианты – свойства математических объектов, сохраняющиеся при тех преобразованиях, которые характерны именно для этой теории. К примеру, инвариантами евклидовой геометрии оказываются геометрические свойства, не меняющиеся в процессе движения, например, размеры тела (длины, площади, объемы). В топологии, имеющей дело с непрерывными преобразованиями, размеры геометрического объекта могут меняться, а значит, они уже не будут предметом данной теории.

Математизация геометрии вступила на новый этап. Однако наблюдался и противоположный процесс – геометрические идеи проникали всё глубже и глубже во все разделы математики. Геометризация математики шла полным ходом.

Абстрактное пространство и геометризация Математики

Еще со времен Евклида (и даже раньше) различали планиметрию, то есть геометрию на плоскости, и стереометрию, занимающуюся изучением тел в пространстве. Над тем, что они различаются таким понятием, как размерность, задумывался Ферма, а задолго до него – древнегреческий математик и астроном Клавдий Птолемей, известный своей космологической системой. Характерно название труда Птолемея «О трех измерениях».

Аналитическую геометрию в пространстве разрабатывали в XVIII веке Леонард Эйлер, Филипп Лаир и Алексис Клеро. А в середине XIX века уже известный нам Риман, а также немецкий математик Герман Гюнтер Грассман и англичанин Артур Кэли пришли (причем с разных позиций) к понятию пространства произвольной размерности. Действительно, если точка на плоскости характеризуется парой чисел, соответствующих ее координатам, а точка в пространстве – уже тремя координатами, то что нам мешает рассматривать упорядоченные наборы n чисел, то есть векторы размерности n , которые ассоциируются с точками в n -мерном пространстве? Удивительно, что столь простое и естественное понятие вектора произвольной размерности появилось в математике так поздно. В трехмерном случае его ввел незадолго до описанных событий Уильям Гамильтон.

Безусловно, над геометрией постоянно довлело ее естественнонаучное происхождение. Мы же постоянно в физическом мире наблюдаем тела, имеющие длину, ширину и высоту, то есть ровно три характеристики. При графическом изображении объектов на плоскости высоты уже нет и остаются только две координаты. Если же мы движемся в одну сторону строго прямолинейно (например, по дороге), то можем вполне обойтись единственной координатой, характеризующей наше расстояние от точки старта. Ничего сверх этого мы в жизни как будто и не наблюдаем. А раз так, то стоит ли искусственно выдумывать геометрию, изучающую объекты четырех и более измерений?

Только вот что любопытно... Математика (и геометрия в том числе), конечно же, призвана изучать окружающий мир. Но есть еще и неумолимая внутренняя логика развития науки. Там, где уже возникли числа 1, 2 и 3, характеризующие размерность пространства, естественным образом появляется и число 4. А за ним – 5 и другие натуральные числа. Действительно, почему вектор третьего порядка (упорядоченный набор трех чисел) имеет полное право на существование, а упорядоченный набор из четырех чисел – уже нет. Если двум числам можно поставить в соответствие точку на плоскости (двумерном пространстве), а трем числам – в пространстве трехмерном, то что же нам мешает представить, что четыре числа соответствуют точке уже в про-

пространстве четырех измерений? Математическая теория многомерного пространства во многом оказывается аналогичной соответствующей теории пространства двух или трех измерений.

И стоило только ввести многомерное пространство исключительно из соображений внутреннего логического совершенства, как выяснилось, что пространства высокой размерности имеют вполне естественный практический смысл. Так, в специальной теории относительности пространство неотделимо от времени. Соответствующая геометрия, разработанная в 1908 году Германом Минковским, оказывается четырехмерной. А в 1921 году немецкий математик Теодор Калуца предложил расширить пространство Минковского до пятимерного пространства с целью объединения теории гравитации и электромагнетизма. Эти результаты, дополненные Оскаром Клейном, получили дальнейшее развитие в теории струн – одном из ведущих направлений современной теоретической физики, в которой рассматриваются пространства еще более высокой размерности.

Однако для погружения в многомерный мир совсем необязательно уходить в дебри современной физики. При рассмотрении обычного движения двух тел (например, планеты и ее спутника) нам потребуется ровно шесть характеристик (координат) – по три на каждое тело. Таким образом, состояние этой системы во времени будет меняться в шестимерном пространстве. Пространство, на котором представляется множество всевозможных состояний системы, называется фазовым пространством. С шестимерным фазовым пространством связано также движение твердого тела в пространстве, причем три координаты здесь характеризуют положение центра масс, а три остальные – связаны с поворотами вокруг выбранной системы координат. А движение двух тел (материальных точек), находящихся на фиксированном расстоянии друг от друга, описывается лишь пятью координатами – фиксация расстояния между телами делает одну из шести координат (три на каждое тело) зависимой величиной. Таким образом, при желании можно получить физически осмысленное пространство произвольной размерности.

Казалось бы, рассмотрение пространства произвольного числа измерений является пределом полета человеческой мысли. Но уже в начале XX века великим немецким математиком Давидом Гильбертом выдвинута концепция бесконечномерного пространства. Если пара чисел характеризует точку на плоскости, тройка чисел – точку в трехмерном пространстве, а вектор произвольной размерности – точку в некотором многомерном пространстве, то упорядоченный набор бесконечного множества чисел, называемый последовательностью, оказывается точкой в пространстве бесконечной размерности.

Пожалуй, предел абстракции уже достигнут... Но последователи Гильберта идут еще дальше. Они вообще отказываются от введения изначально размерности пространства. Так, Феликс Хаусдорф определяет топологическое пространство (множество, в котором имеет смысл понятие близости), Морис Фреше – метрическое пространство (множество, в котором для любых двух элементов определено расстояние между ними), Отто Тёплиц – линей-

ное пространство (множество, где определены сумма элементов и умножение элемента на число). Точками этих пространств могут выступать уже объекты произвольной природы – числа, векторы, последовательности, функции, операторы. Особенно важным оказалось понятие функционального пространства, точками которого являются функции. Оно стало центральным для функционального анализа – анализа XX века и, видимо, XXI века тоже.

Как-то незаметно получилось, что практически любой математический объект может быть интерпретирован в качестве точки некоторого пространства. И при его анализе можно таким образом воспользоваться теми или иными геометрическими конструкциями. Но тогда возникает удивительный вопрос – а не свелась ли в таком случае вся необъятная математика к геометрии?

И вот что особо важно. Геометрия неизменно шла в сторону повышения уровня математической абстракции. Но при этом она никак не отрывалась от приложений. Так, появление общей концепции абстрактного математического пространства и построение на ее основе функционального анализа Гильбертом и его последователями в значительной степени стимулировалось потребностями физики, в частности квантовой механики. Всё глубже внедряясь в абстрактный математический мир, геометрия никогда не забывала своего естественнонаучного происхождения. Так было и так будет!

Заключение

На протяжении всего времени геометрия имела два лика, связанных между собой, но всё-таки принципиально разных. С одной стороны, имеется естественная теория реально существующего пространства. А с другой стороны, разрабатывается формализованная математическая теория, определяемая соответствующей аксиоматикой и живущая по своим внутренним законам. До сих пор даже в среде профессиональных научных работников (в частности физиков) порой наблюдается смешение этих двух концепций, обусловленных двойственным характером геометрии. Но столь ли уж уникально положение геометрии в математическом мире?

Возьмем, к примеру, понятие вероятности. Она является числовой характеристикой степени возможности наступления какого-либо события при определенных условиях. В этом смысле вероятность напрямую связана с реальными процессами и не особо отличается от таких физических характеристик, как масса, вязкость или сила тока. Но вместе с тем в первой половине XX века была разработана стройная формализованная теория вероятностей, построенная на основе соответствующей системы аксиом. В таком виде она уже является полноправной математической теорией со своими абстрактными определениями и строгими теоремами.

А вспомним еще понятие алгоритма – некоторого набора предписаний, следуя которым можно решить ту или иную задачу. Правила эти реально существуют, в чем любой из нас в каждом конкретном случае может непосред-

ственно убедиться, решив до конца указанным способом поставленную задачу. Но в XX веке понятию алгоритма придали строгий математический смысл. И появилась теория алгоритмов, ставшая одним из ведущих направлений математической логики. Ее предметом являются не обычные алгоритмы, которые можно, к примеру, непосредственно реализовать на компьютере, а некоторые формальные процедуры, подчиняющиеся соответствующему набору аксиом. Как и во всякой чисто математической теории, здесь можно формулировать и строго обосновывать различные утверждения. Словом, здесь действуют те же принципы, которые закладывал еще Евклид в своих «Началах».

Также есть информация, являющаяся одним из ключевых понятий окружающего мира. Все процессы живой природы и общества непременно сопровождаются обменом многообразной информацией. Она, безусловно, является объективной реальностью. Однако в середине XX века появилась математическая теория информации, живущая по строгим законам математики.

А что же геометрия? Она развивается....

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахман Ф. Построение геометрии на основе понятия симметрии. М.: Наука, 1969. 379 с.
2. Гротендик А. Урожаи и посевы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 288 с.
3. Клайн М. Математика. Поиск истины. М.: Мир, 1988. 296 с.
4. Клайн М. Математика. Утрата определенности. М.: Мир, 1984. 446 с.
5. Комацу М. Многообразие геометрии. М.: Знание, 1981. 208 с.
6. Курант Р., Роббинс Г. Что такое математика? М.: МНЦМО, 2010. 568 с.
7. Млодинов Л. Евклидово окно. История геометрии от параллельных прямых до гиперпространства. М.: Livebook/Гаятри, 2013. 384 с.
8. Перминов В.Я. Философия и основания математики. М.: Прогресс-Традиция, 2001. 320 с.
9. Стиллвелл Дж. Математика и ее история. Москва; Ижевск: Институт космических исследований, 2004. 530 с.
10. Стюарт И. Истина и красота: Всемирная история симметрии. – М.: Астрель, CORPUS, 2010. 461 с.

BETWEEN PHYSICS AND MATHEMATICS

S.Y. Serovaysky

Al Farabi Kazakh National University

Geometry. Its direct subject is the study of various spatial forms. What is it? Is natural science exploring the specific properties of objects in a reallife world, akin to mechanics and astronomy, or one of the branches of mathematics, similar to algebra, mathematical analysis and number theory? How and in which direction has it developed? This article is dedicated to these issues.

Keywords: geometry, algebra, mathematical analysis, group theory, theory of relativity, physics

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА И МИФОЛОГИЯ

И.С. Нурғалиев

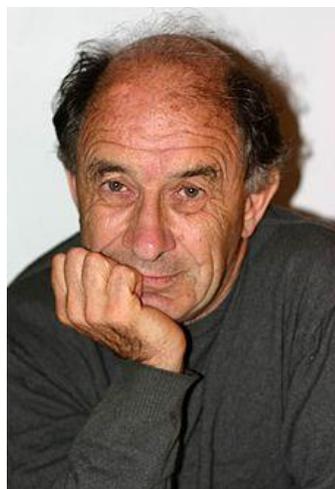
*Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А.Тимирязева*

Обосновывается тезис, что физика и математика взаиморезультивны из-за того, что объект описания, и субъект описания с его мышлением, языком и математическими моделями как продукт этого мышления суть часть единого целого – природы. Предложена трактовка пространства-времени как отдельного специально искусственно введенного сорта (компонента) материи, служащего посредником для построения отношений между другими обычными компонентами и лишенного всех материальных свойств, кроме геометрических. Предлагается дидактически различать понятия отношения и его меры. Указывается на мифологическую в позитивной коннотации составляющую в современной науке.

Ключевые слова: пространство-время, компонент материи, мифологическая составляющая, позитивная коннотация.

1. Метафизика соотношения математики и физики

Соотношение математики и физики находится в повестке дня уже издавна. Из более современных суждений на эту тему всем памятна публикация Вигнера о необъяснимой эффективности математики в описании природы [1] и тексты академика Арнольда по полемике об отношениях родства между математикой и теоретической физикой (например, сестры они или родительница с дитем? [2]). Особо следует отметить обсуждения этого вопроса в рамках комплекса научных семинаров кафедры теоретической физики МГУ, деятельности журнала «Метафизика» и начинающей серии конференций по основаниям фундаментальной физики в научной школе профессора Ю.С. Владимирова в МГУ им. М.В. Ломоносова и РУДН [3]. Настоящее сообщение отнюдь не претендует на полное раскрытие данной глубокой темы, торжественно объявленной в заголовке сообщения. А представляет собой скромную рефлексию на обсуждение проблемы соотношения фундаментальной физики и математики в рамках 27-го номера журнала «Метафизика».



Владимир Игоревич Арнольд
(12 июня 1937 г., Одесса –
3 июня 2010 г., Париж)



Юджин Вигнер или Енё Пал Вигнер (венг. *Wigner Jenő Pál*; 17 ноября 1902 г., Будапешт – 1 января 1995 г., Принстон, США)

Статья известного американского физика-теоретика XX века лауреата Нобелевской премии Евгения Вигнера повествует, как это ни странно слышать от естествоиспытателя, о чрезвычайной эффективности математики в естественных науках как о чем-то загадочном, не поддающемся рациональному объяснению. Для обоснования этого тезиса он кратко комментирует, что такое математика, что такое физика, каким образом математика входит в физические теории и, наконец, почему, как ему кажется, успехи математики в физике кажутся нам столь непостижимыми.

При этом математика определяется Вигнером как наука об изолированных операциях, производимых по специальным строгим правилам над специально придуманными понятиями, то есть зиждующихся на логике. В конце статьи Вигнер пишет: «Математический язык удивительно хорошо приспособлен для формулировки физических законов. Это чудесный дар, который мы не понимаем и которого не заслуживаем. Нам остается лишь благодарить за него судьбу и надеяться, что и в своих будущих исследованиях мы сможем по-прежнему пользоваться им». Отнесем эту возвышенно-романтизированную тональность текста Вигнера не на его склонность к мистицизму или чудоискательству, а к вдохновленности наукой и хорошему настроению.

Нисколько не умаляя замечательность этого вывода основателя теории симметрии, можно, тем не менее, предположить, что мы все же кое-что понимаем в причинах этой эффективности математики в естествознании и физике. Как кажется автору, причина кроется в том, что и объект описания, и субъект описания с его мышлением, языком и моделями как продуктом этого мышления, суть часть единого целого – природы. Такой холистической метафизики недостает многим нашим запросам в попытках понимать основы фундаментальной физики. Мы все еще подобны первокласснику, кладущему в свой новенький портфель отдельно учебник арифметики, азбуку, дневник и бутерброд. Тем временем физические наблюдения, объект и их субъект, а также математические модели, как продукт деятельности этого субъекта, и т.д. – вместе взятые суть есть проявления природы, единой и неделимой, разбиваемой на разделы только нами ради полезной классификации в познавательных целях, как в расписании первоклассника.

2. Понятия пространства-времени в современной физике

Например, возникновение понятия пространства и времени (особенно абсолютных) можно было бы объявить излишеством и придерживаться впол-

не состоятельной и последовательной схемы, что пространство – это такой отдельный специально искусственно введенный сорт (компонент) материи, служащий посредником для построения отношений между другими обычными компонентами, но специально для такой цели постулированный без всех прочих материальных свойств, кроме геометрических. А время – не что иное, как параметр, характеризующий отображение одного процесса на другой, принятый за стандарт (ход часов). То есть оно тоже величина отношения, его (отношения) мера. Заметим, что именно мерами отношений являются все те величины разных рангов, которые фигурируют как элементы матрицы при постулировании нулевого значения вырожденного определителя Кэли-Менгера. Саму их вырожденность можно интерпретировать как показатель принадлежности соответствующей реальности к подпространству более многомерного пространства. Не является ли ускользавшее до сих пор дефиниционное разделение отношений и их мер тем мешающим слушателям фактором воспринять реляционный подход еще при первом знакомстве? Как видим, реляционный принцип манит нас в конце пути к пониманию основ фундаментальной физики как привлекательный заслуженный приз за верность минимализму в основаниях фундаментальной физики, как один из метафизических принципов, редко упоминающихся, но из разряда наиглавнейших.

За указанную возможность отказа от признания пространства-времени самостоятельной сущностью и за указание на возможность признать его как разновидность – хотя и искусственную – материи прошу не записывать автора в список воинствующих материалистов, неспособных к пониманию никаких новомодных веяний, а прошу подозревать его всего лишь в тяготении к минимализму.

Такая «материализация» пространства-времени ставит сызнова следующий вопрос. Если вся материя во Вселенной внезапно исчезнет или ее никогда не было, будет ли пространство существовать? Мы знаем, что Исаак Ньютон считал, что будет. А именно на первых страницах его работы «Математические начала натуральной философии» читаем: «Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным».

Для неподготовленного читателя убедительным подтверждением этой мысли является опыт в нашей повседневной жизни. Один поезд от вокзала стартует на восток, другой – на запад, а здание вокзала остается на месте: система координат в виде столбов на обочине остается статичной. Но современнику Ньютона, немецкому математику и философу Готфриду Лейбницу, это соображение было неубедительно, и он не принял идею абсолютного пространства. Если убрать все разнообразные объекты, которые вместе составляют то, что мы называем Вселенной, казалось ему, в «пространстве» не будет больше не только надобности, но, самое главное, и никакого смысла. Эта позиция весьма гармонична предложенной выше автором «материализованной» концепцией пространства-времени. По мнению Лейбница, следует в то же время считать, что пространство «относительно»: пространство представ-

ляет собой множество постоянно изменяющихся мер отношений между различными объектами (в виде расстояний между ними), а вовсе не «абсолютную реальность».

3. Принцип Маха



Эрнст Мах (1838–1916)

Стремясь доказать, что эффекты абсолютного пространства вполне наблюдаемы, Исаак Ньютон приводит эксперимент с вращающимся ведром воды, который он реально провел. Нельзя не поразиться тому, что, несмотря на свою внешнюю тривиальность, этот эксперимент спровоцировал начало споров о природе пространства, времени, движения, ускорения, силы, особенно инерции, которые не вполне завершены до сих пор. И у нас с читателем есть возможность в нем поучаствовать в рамках этих строк.

В своих «Математических началах натуральной философии» Ньютон предлагает нам представить себе ведро воды, подвешенное на веревке за ручку. Если поворачивать его по часовой стрелке, веревка будет закручиваться. Что произойдет, если отпустить ведро? Ведро начнет вращаться против часовой стрелки – сначала медленно, а затем – набирать обороты и до определенных угловых скоростей. Но произойдет еще кое-что: как пишет Ньютон, поверхность воды «постепенно будет принимать вогнутую форму, опускаясь посередине и поднимаясь у края, у стенки ведра. В течение некоторого времени ведро и вода будут вращаться вместе. В конце концов вращение ведра замедлится, и оно начнет вращаться в другую сторону; вращение воды тоже замедлится, и ее поверхность снова станет гладкой.

Ученики старших классов уже знают о центробежной силе, но что заставляет воду подниматься у края ведра? По мнению Ньютона, это не может быть движение воды относительно ведра, потому что поверхность воды становится наиболее искривленной в тот момент, когда вода вращается быстрее всего, «синхронно» с ведром. Разумеется, ведро и вода вращаются относительно Земли, но это тоже не может служить объяснением, потому что такой

же эксперимент, проведенный в космосе, по мнению Ньютона, покажет тот же результат.

С точки зрения Ньютона, единственный способ объяснить эксперимент с ведром – это считать, что причиной является вращение воды относительно абсолютного пространства. Здесь развивается понятие инерции – одного из важнейших ключевых понятий динамики в «Математических началах натуральной философии», ранее возникшего у Галилея, а именно – явления сопротивления тела любым изменениям в скорости или направлении его движения. Одна из трактовок, термодинамическая, но не единственная, этого явления заключается в том, что, когда ведро и вода вращаются, кинетическая энергия стремится распределиться по пространству, а стенки ведра мешают воде двигаться прямо в стороны. Поэтому она поднимается у края ведра вверх на ту высоту, которая отвечает балансу между разнознаковыми энергиями – потенциальной гравитационной и кинетической вращательной.

Этот простой эксперимент служит поводом обратиться к творчеству Эрнста Маха, которое в данном контексте могло бы послужить яркой иллюстрацией соотношения математики и физики. Более того, это удобный повод обратить внимание общественности на не до конца четко осмысленное обстоятельство, чем же Мах воодушевил Эйнштейна на создание ОТО, и как же так вышло, что после создания ОТО Эйнштейн в своей теории не нашел того, что им называется принципом Маха.

Но почему объекты вообще обладают инерцией? Согласно Маху любое объяснение движения и инерции – в том числе движения воды во вращающемся ведре – следует рассматривать только относительно всей остальной материи во Вселенной. С точки зрения Маха, сама Земля представляет собой более сложную и масштабную версию ведра; миллиарды лет с момента формирования Солнечной системы Земля непрерывно вращалась, приобретая форму сплюсненного эллипсоида: ее экватор растягивался, а полюса стали ближе друг другу, чем у сферы подобно воде во вращающемся ведре. Мах задавал себе вопрос: если вращение Земли остановить и заставить все другие планеты и звезды вращаться вокруг нее, останется ли ее экватор выпуклым?

Приходится за Ньютона ответить, что нет: нет вращения – нет выпячивания. Однако, с точки зрения Маха, ответ на этот вопрос должен зависеть от того, каково происхождение инерции. Если она каким-то образом является следствием наличия массы у материи во Вселенной, тогда планета останется выпуклой у экватора, пока другие планеты и звезды будут вращаться относительно нее. Это картина относительности Лейбница в усиленном варианте: по мнению Маха, движение относительно, а инерция является мерой отношения между объектами и всей остальной материей во Вселенной. Если теория Маха верна, то звезды и галактики, вместе взятые, близкие и дальние, в соответствующей мере обуславливают форму Земли и форму поверхности воды во вращающемся ведре Ньютона. Но Мах не объяснил в прозрачной манере, каким образом эти далекие звезды и галактики влияют на Землю, каков

механизм и математическое описание этого явления – и даже сегодня ответ на этот вопрос остается предметом разногласий.

4. Мифология и научное творчество

Пользуясь текстом Павла Флоренского, вспомним [6], что: «Французские энциклопедисты XVIII века думали, что они были недалеко от окончательного объяснения мира физическими и механическими принципами: Лаплас даже воображал себе ум, могущий предсказать ход природы на всю вечность, раз будут даны массы всех тел, их положения и начальные скорости. В XVIII веке эта жизнерадостная переоценка объема новых физико-механических идей была прощительна. Это – даже освежающее, благородное и возвышенное зрелище; и мы можем глубоко сочувствовать этому выражению интеллектуальной радости, столь редкой в истории. Однако теперь, по истечении столетия, когда наше суждение стало трезвее, миропонимание энциклопедистов представляется нам механической мифологией, недалекой от анимистической мифологии древних религий. Оба эти взгляда содержат неправильные и фантастические преувеличения неполного восприятия».

Более чем трехсотлетний спор по трактовке эксперимента Ньютона с ведром продолжает волновать физиков, метафизиков и философов до сих пор.

Выдвигается, например, гипотеза, что поле Хиггса пронизывает всю Вселенную, наделяя материю как гравитационной, так и инертной массой.

Другой пример. Коллеги космологи начинают изложение истории Вселенной с описания процесса рождения Вселенной, происшедшего в результате начального квантового скачка в интервале времени секунд, далее излагают весьма изощренную успешную теорию процесса инфляции в течение ориентировочно секунд, за которые характерный размер новорожденной Вселенной увеличился в раз. А в конце ошеломленным слушателям обрушивают скромное признание: «Правда, но мы не знаем из чего состоит Вселенная на 95%!» У слушателей, естественно, не может не возникнуть когнитивного диссонанса. Откуда тогда такие изощренные выводы о «начальных» столь давних процессах?! От такого диапазона получающихся чисел и смелости требования соответствия выводов залихватского математического аппарата к реальной Вселенной у «потребителя» такой научной информации может возникнуть и дополнительный более общий вопрос. Вопрос о соотношении между современными математическими моделями и методами, с одной стороны, и повторяемо наблюдаемыми свидетельствами о реальных физических процессах во Вселенной, описываемыми современной математикой, верифицируемость которых стала возможной благодаря происшедшей в наш век революции в наблюдательном современном космологическом и астрофизическом инструментарии, с другой стороны.

Постмодернистское ошеломление публики происходит без полагающейся анестезии – без упоминания, что мы пробуем новую парадигму. То есть пытаемся не просто полнее описать прошлую историю Вселенной, ретро-

спективно экстраполировав нынешние наблюдения на основе этого более полного описания с помощью более изошренных теорий, а получить верифицируемые предсказания из прошлого уже обратно к этим же современным наблюдениям. А хотим, чтобы сами начальные условия следовали из наших современных принципов, базирующихся на развивающейся математике. Такие попытки на рубеже 1970-х и 1980-х назывались построением полных космологических моделей.

Спросим себя, а смена механической мифологии на квантово-механическую мифологию неужто лишает мифологию ее мифологичности?! Просто миф следует рассматривать не как ругательство, а как естественный традиционный способ выражения бытующих представлений, например как художественное представление, а современную космологию «начала Вселенной» следует рассматривать как своего рода тестовый стенд для новых теорий, наподобие стендов, тестирующих на прочность современные автомобили, подвергая их невероятным испытаниям, не встречающимся в реальной практике эксплуатации. Поэтому напоминание квантовой космологии и теории струн как математических фантазий и мифов следует воспринимать позитивно и не слишком прямолинейно требовательно и критически.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вигнер Е.* Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Успехи физических наук. 1968. Т. 94. № 3. С. 535–546.
2. *Арнольд В. И.* Математика и физика: родитель и дитя или сестры? // УФН. 1999. Т. 169. № 12. С. 1311–1323.
3. *Владимиров Ю. С.* Основания физики. М.: БИНОМ. 2008. 465 с.
4. *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк её развития. Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2000. 456 с.
5. *Нургалиев И. С.* Мир как поток // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2017. № 4 (21). С. 4–25.
6. *Флоренский П. А.* Наука как символическое описание: соч.: в 4 т. Т. 3 (1) / сост. игумена Андроника (А. С. Трубачева), П. В. Флоренского, М. С. Трубачевой; ред. игумен Андроник (А. С. Трубачев). М.: Мысль. 623 с.

MATHEMATICS, PHYSICS AND MYTHOLOGY

I.S. Nurgaliev

Russian Timiryazev State Agrarian University

The thesis is substantiated that physics and mathematics are mutually effective because the object of description, and the subject of description with its thinking, language and mathematical models, as a product of this thinking, are part of a single whole - nature. A space-time interpretation is proposed as a separate, specially artificially introduced sort (component) of matter, serving as an intermediary for building relationships between other ordinary components and devoid of all

material properties, except for geometric ones. It is proposed to differentiate the notion of relationship and its measures. It indicates the mythological component in positive connotation in modern science.

Keywords: space-time, matter component, mythological component, positive connotation.

РЕЛЯЦИОННОЕ МИРОПОНИМАНИЕ

ТЕОРИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СТРУКТУР ВЫЯВЛЯЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ КОМПОНЕНТУ ЗАКОНОВ ПРИРОДЫ

А.В. Коганов*

*Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр
Научно-исследовательский институт системных исследований
Российской академии наук»*

Развитая Ю.И. Кулаковым и Г.Г. Михайличенко теория физических структур дает особый взгляд на законы физики, заменяя функциональную связь исходных и измеряемых параметров зависимостью между разными значениями одного измеряемого параметра в многократном планируемом эксперименте. При этом на структуру закона были наложены некоторые ограничения. В новых исследованиях было доказано, что особым выбором планируемого многократного эксперимента можно снять ограничения на ранг физического закона и построить физическую структуру для любой гладкой зависимости параметров в некоторой области исходных данных (исключая множество Лебеговой меры ноль). Связь на значениях измеряемого параметра выделяет многообразие, вложенное в пространство большей размерности. Разрешая исходный закон относительно других параметров и меняя местами задаваемые и измеряемые величины, можно построить множество сопряженных физических структур. Оказалось, что физическая структура определяет исходный закон природы с точностью до особых преобразований параметров, названных Φ -инвариантными преобразованиями. Есть предположение, что комплекс всех сопряженных физических структур исключает другие варианты связи.

Ключевые слова: физические структуры, гладкие вложенные многообразия, законы природы, корневые функции, геометрическая интерпретация.

Введение

Теория физических структур, первоначально разработанная Ю.И. Кулаковым и Г.Г. Михайличенко, представляет новый взгляд на математическое описание законов природы. Традиционно, со времен Архимеда, эти законы

* E-mail: akoganov@yandex.ru

описывались как функциональные связи между измеряемыми параметрами, имеющими, как правило, разную физическую природу и разные способы измерения, причем эти законы выражают результат однократного эксперимента. В новом структурном подходе такой закон связи заменяется соотношением на результатах многократного эксперимента, причём используется одна измеряемая величина, которая в исходном законе интерпретировалась как результат эксперимента. С помощью специальной математической техники из функциональной связи исключаются исходные параметры эксперимента, играющие роль аргументов в уравнении закона природы. Это происходит за счет специально выбранных исходных параметров в многократном планируемом эксперименте. Оказалось, что при таком описании теряется часть информации о связях измеряемых величин, но выделяется новое качество связи, представленное геометрической интерпретацией взаимозависимости между результатами многократного эксперимента.

Следует отметить, что нынешнее состояние этой теории не позволяет непосредственно из эксперимента вычислить физическую структуру. Требуется первоначально установить функциональную форму связи исходных и выходных параметров опыта, а потом перейти к физической структуре с помощью математических операций. Однако имеется возможность строить физическую структуру для локальной зоны изменения параметров, используя обычные статистические методы интерполяции результатов измерений, например многочленную интерполяцию. Это дает надежду на использование методологии физических структур в технике и естественных науках, где редко возникают фундаментальные математические закономерности.

Другой способ использования метода заключается в непосредственном построении модели явления природы в форме одной или нескольких физических структур. На этом пути получены интересные результаты Ю. С. Владимировым и его учениками. В частности, удалось обосновать появление в теории таких объектов, как спиноры и метрики. Эти объекты возникают из параметров взаимодействия на некоторых фундаментальных теоретических элементах, причем эти отношения записаны в форме физической структуры. Обычно требуется совместное рассмотрение нескольких структур, которые создают взаимные ограничения.

Анализ аппарата физических структур показал, что в случае гладкой взаимозависимости параметров выходные параметры многократного эксперимента ложатся на гладкое многообразие, вложенное в пространство большей размерности. Это позволяет рассматривать построение физической структуры как геометрическую интерпретацию законов природы.

В первоначальной форме теория физических структур предполагала ограничения на гладкость, ненулевой градиент функциональной связи и на ранг взаимодействия, определяющий размеры множеств, между элементами которых устанавливаются отношения. В физической форме ранг определяет размерности аргументов разной физической природы. Не останавливаясь на этих ограничениях в рамках этой статьи, отметим, что новый аппарат, разра-

ботанный автором, позволяет отказаться от этих ограничений. Физическую структуру можно строить для любой функциональной связи исходных и выходных параметров. Кроме того, частично удалось выяснить, какие различные законы связи соответствуют одной физической структуре или набору структур, производных от одной функциональной связи параметров. Точнее, это множество описано снизу, но остаётся гипотетическая возможность его расширения.

В этой статье на содержательном языке описан способ построения физической структуры по функциональному закону связи параметров, комплекс различных структур, связанных с одним функциональным законом, и класс преобразований функционального закона, не меняющих физическую структуру. Будут сформулированы некоторые теоремы и гипотезы.

Работа выполнена по теме 0065-2018-0004 государственного задания фундаментальных научно-исследовательских работ.

1. Построение физической структуры

Излагаемый метод применим, если закон связывает между собой несколько числовых параметров (действительных или комплексных), причем связь допускает разрешение уравнения относительно любого параметра, выражая его в форме функции от остальных параметров. В частности, это гарантируется условием ненулевых производных по всем аргументам в каждой точке некоторой области. Но имеется и более широкий класс функций. Основная идея построения заключается в искусственном задании некоторой дополнительной связи на исходных параметрах (аргументах функции), которая фактически уменьшает число эффективных параметров и позволяет построить избыточную систему уравнений для их определения, если известны значения выходного параметра для каждого из предложенных наборов исходных параметров. Таким образом, фактически проводится многократный планируемый вычислительный эксперимент. Разрешая полученную избыточную систему относительно эффективных параметров, мы получаем два выражения для каждого параметра. Эти выражения, естественно, равны друг другу, и их разность приравнивается нулю. Это дает нам систему уравнений, имеющих вид некоторой функции, равной нулю. Число уравнений совпадает с числом эффективных параметров. Аргументами функций является набор значений выходных параметров в разных экспериментах.

По сути, это завершает построение физической системы. Обнулённая вектор-функция задает связь на выходных параметрах, исключая входные параметры. Эта связь заставляет вектор выходных параметров принимать значения на некоторой поверхности меньшей размерности, чем число экспериментов. Это и есть геометрическая интерпретация исходного закона природы.

Реально предложенный метод позволяет получить двойную избыточность числа уравнений к числу эффективных входных параметров, которое равно числу входных параметров в исходном законе. Таким образом, получа-

ется поверхность, вложенная в пространство удвоенной размерности. Это достигается следующим способом. Задаются столько формальных переменных, сколько входных параметров в законе связи. Рассматриваются входные наборы, в которых каждый входной параметр, независимо от других, принимает различные значения из этого формального набора. Всего таких входных наборов m , что заведомо больше удвоенного числа параметров n при $n > 1$. Для случая $n = 1$ надо задать два формальных параметра. Из этой избыточной системы уравнений можно выбрать $2n$ независимых уравнения, на которых и строится физическая структура. Заметим, что если уравнения относительно формальных параметров не решаются алгебраически, то можно задать эти параметры как конкретные различные числа и разрешать систему относительно этих чисел, что тоже приведет к физической структуре.

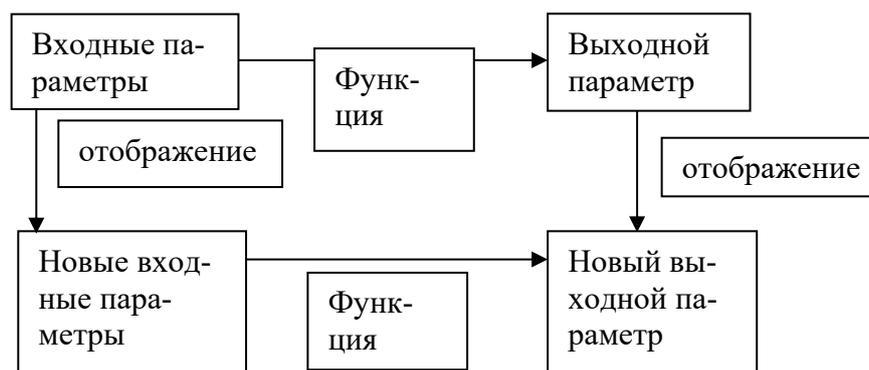
Следуя форме, предложенной Г.Г. Михайличенко, можно заменить нулевую вектор-функцию на скалярную корневую функцию, которая обнуляется на допустимых наборах выходных параметров, но не является тождественно нулевой. Это можно сделать, взяв положительно определённую норму от значения вектор-функции. Такая корневая функция эквивалентна обнулению вектора. Другой способ связан с вычислением якобиана полученной поверхности, который также обнуляется. Это эквивалентно обнулению якобиана, обрешённого единицами слева и сверху. Последняя форма предложена Ю.И. Кулаковым. Эквивалентность легко увидеть, если учесть, что определитель матрицы равен объёму параллелепипеда, натянутого на векторы столбцов матрицы, а определитель окаймлённой матрицы равен объёму натянутого на эти же векторы симплекса. Объёмы берутся в соответствующей размерности. Оба объёма обнуляются только при линейной зависимости векторов матрицы.

Однако вычисления показали, что переход к якобиану в ряде случаев приводит к потере полезной информации, создавая более грубую физическую структуру. Например, в случае линейной связи параметров якобиан не содержит параметров и превращается в константную матрицу. Это вообще устраняет выходную связь параметров. Но этот случай важен, когда система строится локально по вариации малых отклонений от центральных значений всех параметров. Такие законы часто возникают в прикладных экспериментальных исследованиях. Поэтому в прикладных исследованиях лучше использовать корневую функцию в форме квадратичной положительной нормы или прямо в векторной форме.

Важно отметить, что предложенный метод построения многократного эксперимента позволяет построить физическую структуру для любого функционального закона, позволяющего построить неявную функцию. Это нужно для разрешения полученной системы уравнений относительно формальных параметров.

2. Какие законы дают одинаковые физические структуры

Физическая структура определяется только исходной функцией связи входных и выходных параметров. Поэтому если совместное преобразование параметров не меняет эту функцию, то не меняется и построенная физическая структура. Это требование соответствует коммутативности следующей диаграммы.



Можно утверждать, что такие отображения сохраняют физическую структуру. Назовем их Φ -инвариантными отображениями. Физические структуры заведомо не различают законов связи, связанных Φ -инвариантно. Возникает вопрос, есть ли другие преобразования, сохраняющие физическую структуру? Ответа в настоящий момент нет. Для случая мультилинейных законов связи можно получать Φ -преобразования подходящим изменением масштабов параметров. Приведём общую формулу Φ -инвариантности:

$$[g(y; x_1, \dots, x_n)]_Y = f([g(y; x_1, \dots, x_n)]_X).$$

Здесь y означает выходной параметр, x_i – входные параметры, а проекторы на Y и X выделяют эти компоненты после совместного преобразования g . Исходная функция связи

$$y = f(x_1, \dots, x_n).$$

Более простой частный случай, когда переменные преобразуются раздельно, каждая своим отображением.

Но одному закону связи соответствует несколько физических структур, которые получаются изменением входных и выходных параметров. Разрешая закон относительно входного параметра, мы получим новую функцию связи, где этот параметр будет выходным, а прежний выходной параметр станет входным. Такие законы связи назовем сопряженными. Им соответствуют реальные эксперименты с изменением задаваемых и измеряемых характеристик. Есть гипотеза, что весь комплекс сопряженных физических структур определяет закон связи с точностью до Φ -инвариантных отображений параметров.

Имеется теорема: любое биективное совместное преобразование параметров закона связи можно реконструировать в Φ -инвариантное преобразование, не меняя проекцию образа на пространство входных параметров.

Заключение

Принцип сопоставления физических структур математическим законам природы оказался более универсальным, чем первоначально считали его создатели. Фактически требуется только разрешимость закона относительно входных параметров.

Удалось выявить достаточно широкий класс преобразований переменных, сохраняющий физические структуры. При этом описание полного класса структурно эквивалентных законов в общем случае пока не удалось построить.

Установлено, что разные корневые функции могут нести разную информацию о процессе в своих физических структурах. Максимальную информацию несут корневые вектор-функции и их положительно определённые нормы.

Главный смысл физической структуры состоит в геометрической интерпретации внутренних связей измеряемых выходных параметров при многократном эксперименте. При этом более полное описание закона природы получается при рассмотрении комплекса сопряжённых физических структур, получаемых изменением набора входных и выходных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михайличенко Г.Г.* Математический аппарат теории физических структур. Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 1997. 144 с.
2. *Кулаков Ю.И., Владимиров Ю.С., Карнаухов А.В.* Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Архимед, 1992. 184 с.
3. *Кулаков Ю.И.* Об одном принципе, лежащем в основании физики // Докл. АН СССР. 1970. Т. 193. № 1. С. 72–75.

THEORY OF PHYSICAL STRUCTURES DETERMINES GEOMETRIC COMPONENT OF THE LAWS OF NATURE

A.V. Koganov

*Federal State Institution Federal Research Center
Research Institute for System Studies
Russian Academy of Sciences*

Developed by Yu.I. Kulakov and G.G. Mikhailichenko's theory of physical structures gives a special look at the laws of physics, replacing the functional relationship between the original and measured parameters by the relationship between different values of one measured parameter in

a multiple-fold planned experiment. At the same time, certain restrictions were imposed on the structure of the law. In new studies, it was proved that a special choice of a planned multiple experiment can remove restrictions on the rank of a physical law and build a physical structure for any smooth dependence of parameters in a certain area of initial data (excluding the Lebesgue set of measure zero). The connection on the values of the measured parameter allocates a variety nested in a space of higher dimension. Solving the original law with respect to other parameters and interchanging the given and measured values, it is possible to construct a set of conjugated physical structures. It turned out that the physical structure determines the original law of nature up to special transformations of parameters called F-invariant transformations. There is an assumption that the complex of all conjugate physical structures excludes other communication options.

Keywords: physical structures, smooth nested varieties, laws of nature, root functions, geometric interpretation.

К ВОПРОСУ ОБ «ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕОРИИ»*

А.Л. Круглый**

*Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр
Научно-исследовательский институт системных исследований РАН»*

Обсуждается проблема построения «окончательной теории», как теории первичных элементов. Она основана на идее конечной делимости материи. При этом иерархический уровень неделимых первоэлементов предполагается непосредственно следующим за уровнем лептонов и кварков. Предлагается строить такую теорию логически из исходных принципов без опоры на экспериментальные факты. Связь с экспериментальными фактами должна исследоваться для уже законченной теории как подтверждение правильности исходных принципов. Показано, что получаемая теория является последовательно реляционной.

Ключевые слова: первоэлемент, граф, реляционный подход.

Возможно, современная физика стоит на пороге создания «окончательной теории», которая для объяснения явлений микромира не нуждалась бы в дополнительных принципах, не следующих из нее самой [1]. Разумеется, непосредственно вывести из первичных принципов достаточно сложные явления невозможно по техническим причинам. Даже если превратить в компьютер все атомы в видимой части Вселенной и вести расчеты миллиарды лет, то рассчитать на базе первичных принципов возможно только весьма простые явления. Поэтому под «окончательной теорией» будем понимать теорию первичных объектов, из которых состоит все во Вселенной. Ее окончательность заключается в том, что она дает исчерпывающее описание первичных объектов, которое уже не может быть улучшено. Теории более высоких уровней иерархии материи должны удовлетворять принципу соответствия по отношению к окончательной теории.

Анализ окружающего мира основан на разделении мира на отдельные явления, что приводит к понятию единичного явления. С этим разделением связаны такие базовые математические понятия, как единица, элемент множества. В общем случае единичное явление, выделенное из состава Вселенной, в свою очередь может быть разделено на явления более глубокого уровня. Представление о бесконечной делимости приводит к модели явления, как континуального множества мировых точек. Такая модель означает бесконечную сложность любого явления, содержащего бесконечное число степеней свободы и требующего для своего точного описания бесконечного объема информации.

* Работа выполнена по теме «Развитие методов математического моделирования распределенных систем и соответствующих методов вычисления» (0065-2018-0004), регистрационный номер в ЦИТус АААА-А18-118041290146-7.

** E-mail: akrugly@mail.ru

Явления даже конечной сложности, но очень сложные всегда уникальны. Тождественное совпадение во всех деталях двух очень сложных явлений имеет очень малую вероятность. Подобная уникальность находится в противоречии с принципом тождественности элементарных частиц, согласно которому элементарные частицы описываются конечным (и небольшим) числом квантовых чисел и неотличимы при их совпадении. Следовательно, свойства элементарных частиц свидетельствуют о конечной делимости материи. Причем уровень неделимых первоэлементов является соседним иерархическим уровнем к уровню лептонов и кварков. Построение теории первоэлементов является актуальной задачей теоретической физики. Эта теория и будет искомой «окончательной теорией».

Физика исследовала материю, последовательно переходя на все более глубокие уровни иерархии. При этом теория строилась на основе экспериментальных данных. Продолжение этого пути возможно. Например, можно ждать экспериментального открытия «новой физики» на очень мощных ускорителях. Однако уровень первоэлементов допускает иной путь. Можно попробовать построить теорию первоэлементов логическим путем из первичных принципов без ссылок на эксперимент. Затем построить модели элементарных частиц. Для подтверждения теории не требуется ждать «новой физики». Нужно вычислить давно известные свойства частиц и константы взаимодействий, например, постоянную тонкой структуры и отношение масс протона и электрона.

С целью сохранения общности терминологии с современными теориями назовем первоэлемент первичной частицей, так как термин элементарная частица уже занят совсем не элементарными объектами. Определим ее свойства логическим путем. Первичная частица неделима, не имеет внутренней структуры и, следовательно, не имеет внутренних свойств. Ее единственное свойство – это свойство существовать. Свойство существование может принимать два значения: существует и не существует. Соответственно возможно два элементарных процесса. Первый процесс – это смена значения свойства *существование* с «не существует» на «существует», то есть процесс рождения первичной частицы. Второй процесс – это смена значения свойства *существование* с «существует» на «не существует», то есть процесс уничтожения первичной частицы. Финкельштейн назвал эти два процесса монадами [2]. Они вызывают ассоциацию с привычными по квантовой теории поля операторами рождения и уничтожения. Поскольку нет никаких промежуточных состояний между существует и не существует, то оба процесса есть мгновенные, точечные элементарные события. Отметим, что процессы возникновения и уничтожения изучались уже в античности. У Аристотеля есть трактат «О возникновении и уничтожении», где он писал: «...у того, что может быть и может не быть, необходимо происходит возникновение и уничтожение» [3, с. 433].

Первичная частица живет от рождения до уничтожения. Но она бесструктурна и никаких внутренних процессов в ней не происходит. Нет процессов, нет и внутреннего хода времени. Ситуация аналогична фотону или

любой другой безмассовой частице. Для фотона время не течет. «Со своей точки зрения» фотон мгновенно перескакивает от своего испускания до поглощения. Таким образом, для внешнего наблюдателя первичная частица является безмассовой. Собственное время для нее равно нулю, а для внешнего наблюдателя моменты рождения и уничтожения первичной частицы могут быть сколь угодно далеко разнесены во времени и пространстве.

Рассмотрим причину уничтожения первичной частицы. Она не может самоуничтожиться поскольку внутри нет никакого часового механизма, который даст команду на самоликвидацию. Она может уничтожиться только в результате внешнего воздействия. Никаких иных объектов, кроме первичных частиц, не предполагается. Все иные объекты состоят из первичных частиц. Поэтому на первичную частицу воздействует другая первичная частица. Но всякое действие вызывает противодействие, то есть первая первичная частица тоже воздействует на другую. Воздействие означает изменение. Нет изменений – нет и воздействия. Единственное изменение, которое возможно для второй первичной частицы, – она может уничтожиться. Мы пришли к тому, что процесс уничтожения есть процесс уничтожения двух первичных частиц в результате взаимодействия.

Теперь рассмотрим процесс рождения первичной частицы. Что может являться причиной рождения? Единственный процесс, который у нас есть, – это процесс уничтожения. Следовательно, он и приводит к рождению первичной частицы. Причем к рождению мгновенному, так как нет ничего, из чего мог бы быть сконструирован механизм отсроченного рождения.

Для нашей Вселенной характерно выполнение строгих законов сохранения. Предположим, что закон сохранения справедлив и для первичных частиц. Они не рождаются из ничего. Уничтожение двух первичных частиц приводит к рождению двух других первичных частиц. Таким образом, элементарное событие состоит в уничтожении и рождении пар первичных частиц.

Первичные частицы, уничтоженные в рассматриваемом элементарном событии, были рождены в другом элементарном событии, а первичные частицы, рожденные в рассматриваемом элементарном событии, будут уничтожены в другом элементарном событии. Таким образом, возникает сеть связанных элементарных событий. Математической структурой, удобной для описания полученной сети, является ориентированный граф. Элементарные события идентифицируются с вершинами графа, а первичные частицы – с ориентированными ребрами. Ребро ориентировано от события рождения к событию уничтожения, тем самым задавая локальную причинно-следственную связь между соседними событиями. Предположение о наличии глобальной причинности означает отсутствие в графе ориентированных циклов. Мы получили ориентированный ациклический граф.

В терминах графа вершине инцидентно два входящих и два исходящих ребра. Такая структура имеет характерный вид буквы «х» и Финкельштейн назвал процесс, состоящий из таких событий, х-кинематикой [4]. Вслед за Финкельштейном будем называть вершину с инцидентными ей ребрами

х-структурой, а ориентированный ациклический граф, состоящий из х-структур, – х-графом.

Возможно рассмотрение взаимодействия более двух первичных частиц. Однако взаимодействие любого числа первичных частиц можно рассматривать как сложное взаимодействие, которое состоит из нескольких парных взаимодействий. Таким образом, х-структуры являются необходимыми, а более сложные структуры – нет. Возможны и другие ограничения. Например, модель допускает наличие двойных ребер, то есть две первичные частицы, родившиеся в одном событии, могут уничтожиться, провзаимодействовав друг с другом. Допустима модель, в которой двойные ребра запрещены. Таким образом, модель нестрого однозначна, но допускает варианты.

Отдельную группу вопросов составляет динамика. В последовательном варианте должны быть сформулированы принципы и из них однозначно выведена динамика. Этот круг вопросов выходит за рамки настоящей статьи. Обзор идей можно посмотреть в работах [5; 6], а конкретные модели динамики в работах [7; 8].

На х-граф можно посмотреть под другим углом зрения. Он представляет собой модель процесса, состоящего из элементарных событий. Ребро является элементарной причинно-следственной связью элементарных событий. Финкельштейн назвал ее хрономом [9]. Вершины и ребра графа бесструктурны и, следовательно, не обладают внутренними свойствами. Все свойства заключены в топологии х-графа. Все явления во Вселенной есть подграфы х-графа, и все многообразие мира есть следствие комбинаторно большого числа различных топологий х-графа.

Модель реализует реляционный подход к построению «окончательной теории». По определению граф есть множество вершин, на котором задано парное отношение, называемое ребрами. Поскольку в модели вершинам и ребрам не приписывается каких-либо весов, то все свойства сводятся к топологии вершин ребер, то есть отношений (реляций). В этом смысле модель является реляционной в чистой, наиболее последовательной форме. Более подробно с идеями реляционного подхода можно познакомиться в книге [10].

От рассмотренного чистого реляционного подхода можно перейти к более традиционному способу описания, когда объекты наделяются внутренними свойствами. Первым шагом в этом направлении является приписывание вершинам и/или ребрам весов. Однако эти веса должны быть отражением топологии х-графа. Например, вес вершины приравнивается числу соседей до какого-то порядка.

Важной группой вопросов является нахождение соответствия топологических структур х-графа с физическими объектами, в первую очередь с элементарными частицами. Элементарные частицы следует идентифицировать с квазиповторяющимися структурами х-графа. В современной теоретической физике для описания элементарных частиц используются комплексные числа, а подсчет топологических структур х-графа порождает только натуральные числа. Нахождение соответствия может быть связано с преобразова-

нием Фурье. Если к квазиповторяющимся структурам x -графа применить дискретное преобразование Фурье, то мы получим описание этих структур с помощью комплексных чисел. При этом описание уже будет не последовательно реляционным, а эклектичным. Примером подобного подхода является бинарная предгеометрия ([11] и многочисленные предыдущие работы).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004.
2. *Finkelstein D.* Space-Time Code. IV, Phys. Rev. D 9, 8, 2219–2231 (1974).
3. *Аристотель.* О возникновении и уничтожении. Соч.: в 4 т. Т. 3. М.: Мысль, 1981.
4. *Finkelstein D.* "Superconducting" causal net // International Journal of Theoretical Physics. 1988. № 27. P. 473–519.
5. *Круглый А.Л.* Идеи, лежащие в основании гипотезы причинностного множества в квантовой гравитации // Метафизика. 2014. № 2. С. 126–145.
6. *Круглый А.Л.* Учет конечных объемов информации // Метафизика. 2014. № 1. С. 116–122.
7. *Krugly A.L.* A sequential growth dynamics for a directed acyclic dyadic graph // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Математика, Информатика, Физика. 2014. № 1. С. 124–138 (arXiv: 1112.1064 [gr-qc]).
8. *Krugly A.L.* A particular case of a sequential growth of an x -graph // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Математика. Информатика. Физика. 2015. № 3. С. 61–73.
9. *Finkelstein D.* Space-Time Code // Phys. Rev. 1969–1971 (1969). 184, 4.
10. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
11. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 3: Реляционные основания искомой парадигмы. М.: ЛЕНАНД, 2018.

ON THE “FINAL THEORY”

A.L. Krugly

*Federal Research Center
Research Institute of System Studies
Russian Academy of Sciences*

The problem of constructing a “final theory” as a theory of primary elements is discussed. It is based on the idea of the ultimate divisibility of matter. In this case, the hierarchical level of indivisible primary elements is assumed immediately following the level of leptons and quarks. It is proposed to build such a theory logically from the initial principles without relying on experimental facts. The connection with experimental facts should be investigated for an already completed theory as confirmation of the validity of the initial principles. It is shown that the resulting theory is consistently relational.

Keywords: primary element, graph, relational approach.

ОТ ПРЕДГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АССОЦИАТИВНЫХ АЛГЕБР К ИСЧИСЛЕНИЮ НАПРАВЛЕНИЙ

С.А. Векшенов, А.С. Бешенков

*Российская академия образования
Лаборатория ВНИИЭМ*

В статье рассматривается аксиоматическая система, условно названная «исчислением направлений», в рамках которой возникают структуры, определяющие математические аналоги уравнений Шредингера и Дирака. В содержательной части эта аксиоматика опирается на модельную конструкцию А.П. Ефремова, с точки зрения формализма, она является развитием теории сюрреальных чисел Дж. Конвея. В методологическом плане данный подход можно отнести к реляционной парадигме, поскольку «исчисление направлений» не опирается на пространственно-временной континуум.

Ключевые слова: фундаментальное вращение, спиноры, квантовая механика, пространство-время, сюрреальные числа, исчисление направлений.

Введение

Общеизвестно, что квантовая теория в ее отдаленных ветвях крайне абстрактна, при этом градус абстракции постоянно повышается. При этом складывается устойчивое представление, что этот путь не ведет к более тонкому пониманию существа дела – математический аппарат начинает работать исключительно на себя, отодвигая в сторону собственно физические проблемы.

В этой ситуации имеет смысл вернуться к самым началам квантовой теории и попытаться прояснить суть проблем на модельном уровне, опираясь на наглядные образы. В этом плане мы полностью солидарны с А.П. Ефремовым, что «понимание сути вещей в значительной степени зависит от возможности некой визуализации исследуемого объекта» [3].

В свою очередь, наглядные образы можно рассматривать как базис нового формализма, который обладает большей «энергией смысла», чем общепринятые формализмы.

Именно этот путь предлагается реализовать в данной заметке.

1.

Как известно, любое вращение можно задать осью вращения r , проходящей через начало координат и углом $\varphi \in [-\pi, \pi]$. Пусть x – переменная по оси вращения r .



Естественной задачей является приведение переменных x и φ к одному виду. Имеется две возможности:

- 1) «подверстать» φ под x ;
- 2) «подверстать» x под φ .

В первом случае возникает хорошо известная структура: шар радиуса π с отождествленными диаметрально противоположными точками границы, то есть проективное пространство. В топологической структуре названного шара можно выделить два типа замкнутых контуров, что приводит к понятию спинора. Вместе с тем идея проективного пространства может быть развернута в концепцию твисторов и далее.

Нас будет интересовать альтернативная возможность: «подверстывание» x под φ . На первый взгляд она кажется неинтересной, поскольку в этом случае исчезают привычные топологические и геометрические структуры. Тем не менее, мы пойдем именно этим путем.

«Подверстывание» x под φ означает компактификацию переменной x и образование переменной φ_1 . Чтобы сохранить 1-1 соответствие, φ_1 надо «отделить» от φ – направить в противоположную сторону. Но чтобы понизить число степеней свободы (с 3 до 2), надо объединить φ и φ_1 в одном вращении – одной переменной (строго говоря, добавлением $\frac{1}{2}$ в показатель в экспоненциальном представлении вращения). Символически переход от φ к объединению φ и φ_1 можно записать как $\cup \rightarrow \cup\cup$. Нас будет интересовать сама идея вращения \cup и обозначенный выше переход. Вращения \cup и $\cup\cup$ будем называть фундаментальными вращениями. Принципиальная важность этого понятия заключается в том, что оно является абстрактным, «ментальным» вращением, автономным от идеи среды, в котором это вращение осуществляется. Можно усмотреть в этом аналогию с понятием эфира, который играл роль носителя электромагнитных волн. Отказ от понятия эфира дал самостоятельную жизнь понятию поля. Отказ от пространственного носителя вращения уравнивает его с интуитивно ясным понятием линейного движением, которое лежит в основе фундаментальных структур математики, в частности действительных чисел.

Используя столь неожиданную в данном контексте абстракцию (фундаментальное вращение), представляется необходимым дать некоторые пояснения.

Строго говоря, фундаментальное вращение – это образ порядковой бесконечности. В самых общих чертах речь идет о следующем.

Рассмотрим некоторый неограниченный процесс W (при этом мы хорошо понимаем, что этим символом обозначается именно процесс, *dureé* в смысле А. Бергсона). Шаги этого процесса мы можем различать или не различать в зависимости от набора имеющихся у нас предикатов.

Предположим, что шаги процесса W различаются некоторым предикатом $T(x,y)$. Определим объект α , на котором стабилизируется процесс W в смысле предиката $T(x,y)$, то есть шаги процесса неотличимы друг от друга в смысле предиката T . Если все объекты, порожденные процессом W , явля-

ются *конечными*, то объект α можно считать *бесконечным относительно предиката T* .

В применении к натуральному ряду данное определение работает следующим образом.

Каждое натуральное число n , является единством количества nR и порядка $n = (nR; nZ)$. Иными словами, можно определить два предиката $T_R(x, y)$ и $T_Z(x, y)$, которые различают натуральные числа в количественном и порядковом смысле. Следуя сформулированной выше логике, можно образовать два бесконечных числа ω и Ω , на которых натуральный ряд стабилизируется в смысле количества и порядка соответственно, то есть $\omega + I =_R \omega$, но $\omega + I \neq_Z \omega$. Вместе с тем $\Omega + I =_Z \Omega$, что влечет $\Omega + I =_R \Omega$.

Бесконечное число ω может быть интерпретировано как первый бесконечный ординал, то есть теоретико-множественным образом. Для интерпретации бесконечного числа Ω требуется иной подход.

Во-первых, очевидно, что Ω не может быть множеством. Действительно, в противном случае порядок Ω в области множеств должен совпадать с порядковым типом (принцип соответствия). Однако в силу неограниченности шкалы порядковых типов (ординалов) Ω допускает увеличение в смысле порядка, что противоречит его определению.

Соотношение $\Omega + \uparrow = \Omega$ можно рассматривать как своеобразное проявление «периодичности» относительно шага \uparrow . Вне теоретико-множественного универсума всё это сливается, и Ω становится числом с *внутренней циркуляцией времени* или *фундаментальным вращением* \cup (\cup). Аналогично определяется и двойное вращение ($\cup\cup$) [$\cup\cup$] [1].

2.

На данный момент переход от \cup к $\cup\cup$, не является математически легитимным. Возможный способ ее узаконивания состоит в дополнении ее некими осями вращения, которые трансформируют абстрактные, фундаментальные вращения в некие вращения, которые осуществляются в непрерывной среде.

В конструкции А.П. Ефремова [4], которая является частью его концепции предгеометрической структуры ассоциативных алгебр, можно увидеть способ такой легитимизации. Более того, эта конструкция, оказывается, имеет неожиданные связи с конструкцией, основанной на модели действительных чисел Дж. Конвея (сюрреальные числа). Это дает основу для развития крайне интересного формализма, о котором пойдет речь ниже.

В самых общих чертах конструкция А.П. Ефремова выглядит так.

Для вращения \cup можно выбрать конкретный образ: вращение в плоскости q_1, q_2 вокруг q_3 , где направление, определяемое вектором q_3 , совпадает с направлением оси вращения. Представляя q_3 матрицей Паули и применяя спектральную теорему, получим: $q_3 = i(\psi^+ \varphi^+ - \psi^- \varphi^-)$, где ψ^+ и ψ^- – базис некой предгеометрической поверхности, φ^+ φ^- – дуальный базис. Очевидно, в этом

случае $I = \psi^+ \varphi^+ + \psi^- \varphi^-$. Следуя А.П. Ефремову, запишем комплексное число z в виде $z = x \cdot I + y \cdot q_3 = x (\psi^+ \varphi^+ + \psi^- \varphi^-) + i y (\psi^+ \varphi^+ - \psi^- \varphi^-)$.

Путем несложных преобразований получим $z = \alpha \cdot e^{i\beta} C^+ + \alpha \cdot e^{-i\beta} C^-$, где C^+ и C^- – проекторы на две взаимно перпендикулярные комплексные плоскости. Наглядно это можно представить в виде «конической передачи» (рис. 1) [4].

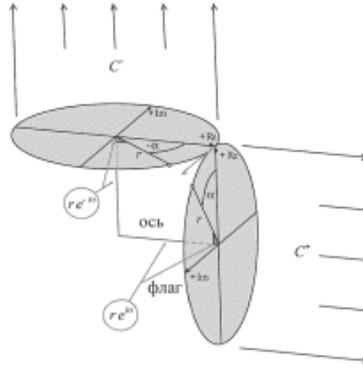


Рис. 1

При этом необходимо учитывать, что данная «коническая передача» реализуется в предгеометрии, которая по отношению к $3D$ -пространству имеет размерность $1/2$. Таким образом, с точки зрения $3D$ -пространства речь идет о комплексном $z^{1/2}$, что, в частности, объясняет спинорный характер базиса ψ^+ и ψ^- . С точки же зрения предгеометрии мы имеем «обычное» комплексное число z . Следуя этой логике, в «конической передаче» можно увидеть некую динамическую трансформацию римановой поверхности \sqrt{z} . (каждая из «шестерней» находится на своем C -листе, «точка ветвления» – точка соприкосновения «шестерен», на обод «конической передачи можно смотреть как на контур, позволяющий переходить с листа на лист и через период 4π вернуться в исходную точку).

Отвлекаясь от геометрических конструкций, можно увидеть, что мы фактически осуществили переход от \cup к $\cup\cup$. При этом интересно посмотреть в противоположную сторону: вращение «конической передачи» на угол φ дает вращение плоскости q_1, q_2 на угол 2φ вокруг q_3 .

В работах А.П. Ефремова присутствует также очень важный результат, путь к которому можно обрисовать следующим образом. «Шестерни» «конической передачи» можно вращать, но нельзя растягивать, поскольку это приводит к дефекту умножения в ассоциативной алгебре кватернионов. В свою очередь, такая возможность априори существует и ее необходимо нивелировать. Для этого существуют стандартные приемы, реализация которых приводит к неожиданному результату – уравнению непрерывности относительно $\psi\psi^*$, из которого можно извлечь уравнение Шредингера.

Если посмотреть на парное фундаментальное вращение, то можно увидеть что оно обладает тем же свойством что и названные «шестерни» – оно вращается, но не растягивается (вращение в отсутствии среды в принципе не

может быть «растянуто»). Это значит, что структура $\cup\cup$, помещенная в некое пространство, без всяких дополнительных условий в состоянии сгенерировать уравнение Шредингера.

Общий вывод

Как нам представляется, важность геометрической конструкции А.П. Ефремова помимо тех задач, которые поставлены и решены ее автором, состоит еще и в следующем.

Квантовая механика возникла и оформилась как теория в рамках алгебраического формализма гильбертовых пространств. В дальнейшем возникли и другие формализмы, которые, так или иначе, опирались на алгебраические конструкции (как традиционные, в контексте «программы Бурбаки», так и оригинальные). Приведенная выше интерпретация результатов А.П. Ефремова показывает, что феномены квантовой теории могут быть осмыслены на иной, более простой и, в известном смысле, финальной основе – арифметике направлений. В русле этого подхода высветилась важность понятия фундаментального вращения, и в частности структуры $\cup\cup$. Более того, это понятие в известном смысле оказывается самодостаточным и на его основе можно попытаться построить формализм, связывающий структуру фундаментальных вращений с видом уравнения, описывающего объекты квантовой механики.

3.

Подавляющее число математических объектов, представляющих интерес для физики, обладает той или иной ориентацией: положительной или отрицательной: положительные и отрицательные числа, направленные векторы и бивекторы, ориентированные вращения и пр. При этом можно заметить, что интерес представляет именно ориентация как таковая, а не ее носитель.

Естественным развитием этой идеи является создание некоего «исчисления направлений» без привязки к какому-либо носителю (как известно, подобная методология в применении к алгебраическим операциям высказывалась еще Э. Нётер). В определенной мере роль такого «исчисления» выполняет алгебра Клиффорда. Однако она всё же является «геометрической алгеброй», а не «исчислением направлений» и свойства геометрических объектов используются в ней весьма существенно.

Вернемся к структуре $\cup\cup$. Попытаемся сделать ее основной и «вывести за скобки» геометрические конструкции, которые инициировали ее появление.

Рассмотрим вначале модель действительных чисел, названную «сюрреальными числами» [5].

Сюрреальные числа (*surreal numbers* – название принадлежит Д. Кнуту) возникли в работах Дж. Конвей (John Horton Conway) для описания ряда аспектов теории игр. С традиционной, теоретико-множественной точки зрения,

сюрреальные числа – это еще одна, правда очень интересная, модель нестандартных действительных чисел, в которую кроме обычных вещественных чисел входят инфинитные и инфинитезимальные величины. До настоящего времени (с 1974 г.) сюрреальные числа практически не нашли себе адекватного применения и, по большей части, рассматриваются как изящная математическая экзотика. Однако сюрреальные числа являются хорошим инструментом для развертывания «исчисления направлений».

Формально сюрреальные числа – это конечные и неограниченные последовательности знаков \uparrow и \downarrow .

Будем говорить, что число α возникло позже числа β , если путь от 0 к β проходит через число α . Сложение двух чисел осуществляется на основе двух принципов: очередности и простоты. В первом случае это означает, что сложение двух чисел $\alpha + \beta$ определяется сначала для всех более ранних чисел по каждому из слагаемых. Второй принцип реализуется в том, что в качестве результата рассматривается самое раннее число. Эти принципы однозначно определяют правило сложения.

Каждая последовательность знаков (направлений) \uparrow и \downarrow (для удобства чтения стрелки изображены вертикально) может быть интерпретирована двояко: как *объект* (a) (действительное число) и как некоторый *процесс* (b).

(а) $\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\dots = u$, в частности: $\uparrow = 1$, $\downarrow = -1$, $\uparrow\downarrow = \frac{1}{2}$, в этом случае равенство $\uparrow = 1$ можно интерпретировать как «длину» шага 1 ($\downarrow = -1$, естественно, означает длину шага противоположного направления). В контексте обсуждаемых вопросов наибольший интерес представляет равенство $\uparrow\downarrow = \frac{1}{2}$ и вытекающее из него соотношение $\uparrow\downarrow = \frac{1}{2}\uparrow$.

(б) Соотношение $\uparrow\downarrow = \frac{1}{2}\uparrow$, разумеется, справедливо, если последовательность знаков \uparrow и \downarrow интерпретировать как процесс, однако в этом случае прямая интерпретация данного соотношения затруднительна.

Заменим знаки \uparrow и \downarrow на знаки \odot и \ominus . Это, разумеется, никак не отразится на формальных свойствах модели Конвея. Однако интерпретация этих свойств будет существенно иной: её особенность заключается в том, что в отличие от линейного шага \uparrow (\downarrow) знаками \odot и \ominus обозначается объект, наделенный *внутренним вращением*.

Как и в случае последовательности, состоящей из знаков \uparrow и \downarrow , последовательность, сконструированная из знаков \odot и \ominus , может быть интерпретирована двояко: как *объект* (a) (действительное число) и как некоторый *процесс* (b).

(а) Выше отмечалось, что 1 можно рассматривать как длину (меру) шага \uparrow . По аналогии можно ввести меру k фундаментального вращения \odot как абстрактного объекта. Вместе с тем процесс вращения, то есть неограниченного копирования \odot , можно представить как $k\varphi$, где φ – фаза. В рамках этой интерпретации соотношения, вытекающие из модели Конвея, выглядят следующим образом:

$$\odot = k\varphi, \quad \ominus = -k\varphi, \quad \odot\ominus = \frac{1}{2}k\varphi, \quad \odot\odot = \frac{1}{2}\odot.$$

Попытаемся выяснить смысл константы k .

Как уже отмечалось, отображение фундаментального вращения в геометрическую среду (физическое пространство) индуцирует реальное вращение с вполне конкретными параметрами. Однако идеальный характер самого фундаментального вращения должен отражаться в появлении неких инвариантов относительно этих параметров. Образно говоря, здесь реализуется известный «принцип» мудрой дочери из сказки Афанасьева: необходимо быть «в платье и одновременно без платья», то есть в конкретном и одновременно – в абстрактном.

В применении к данной ситуации этот общий принцип реализуется следующим образом. Очевидно, что выражение $k\varphi$ можно понимать как действие S . Рассмотрим фазовую плоскость (p, q) , тогда $dS = pdq$. Образом фундаментального вращения в этом случае является некоторая замкнутая траектория движения на фазовой плоскости. Тогда меру фундаментального вращения k можно отождествить с элементом фазового объема: $\oint pdq$. Поскольку вся названная конструкция имеет своим прообразом фундаментальное (абстрактное вращение), она не должна зависеть от выбора траектории. Это дает постоянную Планка \hbar . Таким образом, $k = \hbar$.

(б) Если некоторой структуре $\mathcal{C} \circ \mathcal{C} \circ \mathcal{C} \circ \mathcal{C} \dots$ в интерпретации (а) соответствует выражение $i\hbar\varphi$, где i – действительное число, соответствующее этой структуре, если каждое фундаментальное вращение заменить знаком \uparrow или \downarrow , то ей будет соответствовать процесс $e^{i\mu\varphi}$.

Общий вывод

Рассмотренные выше элементы исчисления направлений приводят к крайне интересной формуле $\mathcal{C} \circ \mathcal{C} = \frac{1}{2} \mathcal{C}$. В естественной интерпретации (б) она означает, что $\mathcal{C} \circ \mathcal{C} = \sqrt{\mathcal{C}}$. Таким образом, простейшая формула «исчисления направлений», по сути, совпала с формулой, полученной на основе геометрической модели А.П. Ефремова. При этом саму конструкцию $\mathcal{C} \circ \mathcal{C}$ можно рассматривать как порядковую модель двухкомпонентного спинора.

4.

Сделаем дальнейшие шаги в развитии «исчисления направлений».

Сформулируем следующие три аксиомы:

1. $\mathcal{C}(\mathcal{C})$ – означает физическое состояние системы с одной степенью свободы.

2. Удвоение числа внутренних степеней свободы по отношению к данному состоянию равносильно извлечению квадратного корня из этого состояния:

$$\mathcal{C} \circ \mathcal{C} = \sqrt{\mathcal{C}}; \quad \mathcal{C} \circ \mathcal{C} \circ \mathcal{C} \circ \mathcal{C} = \sqrt{\mathcal{C} \circ \mathcal{C}}.$$

3. Структура $\mathcal{C} \circ \mathcal{C}$ генерирует уравнение Шредингера относительно \mathcal{C} .

Дадим краткие комментарии к аксиомам.

Первая аксиома утверждает, что \mathcal{G} есть порядковая «модель» волновой функции, в которой отражены только идея периодичности (вращения) и его направления (комплексный характер волновой функции в этом случае оказывается «защит» в саму идею вращения). Количественные характеристики: фаза и амплитуда отсутствуют. Такая модель позволяет максимально «облегчить» традиционный формализм, перенеся его в порядковую сферу. Привязка к количественным параметрам осуществляется специальным образом – через 3-ю аксиому.

Смысл *второй* аксиомы заключается в том, чтобы придать арифметическому соотношению $\mathcal{G}\mathcal{O} = \sqrt{\mathcal{G}}$ не только геометрическое, но и определенное физическое содержание. В данном контексте – это некое эвристическое утверждение, пределы применения которого не обсуждаются.

Третья аксиома, по сути, фиксирует результат А.П. Ефремова.

Рассмотрим некоторые вытекающие из данных аксиом конструкции.

- 1) «объект» – $\mathcal{G} \sim \hbar$, одна степень свободы, «процесс» – $\mathcal{G}\mathcal{O}$ – уравнение Шредингера (собственно аксиома);
- 2) «объект» – $\mathcal{G}\mathcal{O} \sim \frac{1}{2} \hbar$, две степени свободы, «процесс» – $\mathcal{G}\mathcal{O}\mathcal{G}\mathcal{O}$ – «квадратный корень из уравнения Шредингера» (можно уточнить: « $\sqrt{\Delta}$, где Δ – оператор Лапласа») (аксиомы 2 и 3).

Можно получить уравнение непосредственно из структуры $\mathcal{G}\mathcal{O}\mathcal{G}\mathcal{O}$ (это несложно, но требует конкретных рассуждений, выходящих за рамки данной обзорной заметки). Во всех случаях получается математический аналог уравнения Дирака.

Более того, если рассмотреть «объект» – $\mathcal{G}\mathcal{G}\mathcal{O} \sim 3/2 \hbar$ и соответствующий «процесс» – $\mathcal{G}\mathcal{G}\mathcal{O}\mathcal{G}\mathcal{O}$, то, следуя методу извлечения из структуры $\mathcal{G}\mathcal{O}\mathcal{G}\mathcal{O}$ уравнения Дирака, можно получить структурную «заготовку» для уравнения Рариты -Швингера.

Общий вывод

Полученные результаты отдаленно напоминают теорию Галуа. С каждым уравнением связывается некая структура, которая генерирует: а) математический аналог физического уравнения; б) некую сущность, динамику, которая этим уравнением описывается. Эта сущность может иметь (или не иметь) физических агентов, равно как и уравнение может иметь (или не иметь) физического смысла. Тем не менее, подобная генерация структур и уравнений представляется интересной и многообещающей.

Заключение

Приведенные выше манипуляции со «стрелками» могут оставить впечатление «игры в бисер», поскольку отсутствует, казалось бы, обязательный для таких случаев аппарат спинорного анализа, а также другие хорошо

известные атрибуты. Поэтому мы еще раз попытаемся прояснить общую методологию, которая приводит к приведенным результатам.

Ключевым элементом этой методологии является понятие фундаментального вращения – вращение, которое осуществляется в отсутствие среды.

С точки зрения математики – это образ порядковой бесконечности, которая лежит вне теоретико-множественного универсума и, следовательно, теоретико-множественной модели пространства.

С точки зрения физики – это порядковый образ (модель) волновой функции, которая включает в себя только идею периодичности и направления.

Возникает вопрос, можно ли построить содержательную теорию, основанную именно на этом порядковом образе, без опоры на классическую волновую функцию, подразумевающую наличие пространства-времени. Модельная конструкция А.П. Ефремова, в известном смысле, подсказывает «царский путь» решения – непосредственный вывод уравнений из некоторых абстрактных структур, без обсуждения сопутствующих метафизических проблем. Возможность такого вывода в рамках «исчисления направлений» опирается на следующие две идеи:

1) фундаментальное вращение, будучи погруженным в пространство-время, приобретает конкретные числовые или геометрические характеристики. Вместе с тем, учитывая абстрактный характер этого вращения, такие характеристики должны обладать некими инвариантами. Эти инварианты могут иметь характер констант или, как показал на несколько ином примере А.П. Ефремов, – уравнений;

2) продвижение этих инвариантов опирается исключительно на арифметические структуры, построенные на бинарных символах, интерпретируемых как фундаментальные вращения.

Априори неясно, как далеко может продвинуться такое исчисление вглубь квантовой теории. Возможность вывода в рамках этого исчисления уравнения Дирака позволяет сделать несколько предположений.

1. В структуре квантовой теории существует некий «рекурсивный» фрагмент, допускающий описание на уровне арифметики первого порядка (без кванторов по предикатам). В этом случае «исчисление направлений» может оказаться очень мощным инструментом генерации уравнений, отвечающих различным квантовым объектам.
2. В рамках этого фрагмента геометрические (топологические) структуры играют роль носителей направлений и, в определенной мере, являются избыточными.

Избыточность континуальных конструкций при описании феноменов квантового мира убедительно продемонстрирована Ю.С. Владимировым в «Бинарной системе комплексных отношений» [2]. Сформулированный подход, хотя и основан на иных принципах, в ряде принципиальных моментов смыкается с концепцией Ю.С. Владимирова.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Векшенов С.А., Бешенков А.С.* Порядковые образы комплексных чисел и кватернионов в основаниях физики // *Метафизика*. 2013. № 3. С. 70–85.
2. *Владимиров Ю.С.* *Метафизика*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002. 550 с.
3. *Ефремов А.П.* О физических моделях квантовой механики // *Метафизика*. 2011. № 1. С. 106–122.
4. *Ефремов А.П.* Предгеометрическая структура ассоциативных алгебр и кватернионные пространства как математическая среда обитания физических законов // *Пространство-время и фундаментальные взаимодействия*. 2014. Вып. 1. С. 5–19.
5. *Кнут Д.* *Сюрреальные числа*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 110 с.

FROM PREGOMETRIC STRUCTURE OF ASSOCIATIVE ALGEBRAS TO CALCULATION OF DIRECTIONS

S.A. Vekshenov, A.S. Beshenkov

*Russian Academy of Education
Laboratory of
VNIEM*

The article deals with an axiomatic system, tentatively called the “calculus of directions,” within which structures arise that determine the mathematical analogs of the Schrödinger and Dirac equations. In the substantive part, this axiomatic is based on A.P. Efremov model construction, from the point of formalism, it is the development of the theory of J. Conway surreal numbers. Methodologically, this approach can be attributed to the relational paradigm, since the “calculus of directions” does not rely on the space-time continuum.

Keywords: fundamental rotation, spinors, quantum mechanics, space-time, surreal numbers, calculus of directions.

РЕЛЯЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

А.А. Сидорова-Бирюкова*

*Международный лазерный центр,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

Цель данного обзора – сформировать представление о состоянии реляционной парадигмы в современной западной физике. В качестве источников использованы статьи, опубликованные в англоязычных изданиях за последние годы. Представлено описание принципов и концепций реляционизма с точки зрения зарубежных авторов. Рассмотрены некоторые основные реляционные модели и методы; отмечается, что их развитие связано прежде всего с построением теории квантовой гравитации.

Ключевые слова: реляционизм, возникновение пространства-времени, дальное действие, коллективная динамика, относительная локальность, квантовое перепутывание.

Введение

Поиск физической теории, объединяющей все известные виды взаимодействий, по образному выражению А. Эйнштейна, сталкивается с проблемой принципиальной несовместимости «мрамора» общей теории относительности (ОТО) и «дерева» квантовой физики. В стремлении изготовить «каменный цветок» объединенной модели исследователи предпринимали попытки подстроить эти две четко оформленные теории друг под друга, затрагивая все более глубокие уровни их организации, пока не пришли к выводу о том, что причина несовместимости двух столпов физики лежит в самой их основе. Действительно, при всей непохожести обе теории так или иначе построены с опорой на привычные представления о пространстве-времени как непрерывном 4-мерном многообразии, обладающем лоренцевой инвариантностью и выделенным направлением времени. Но как оказалось, эта почва не пригодна для выращивания «каменного цветка», следовательно, должна быть заменена.

В последние десятилетия в мире идет широкомасштабная работа по поиску наиболее подходящей замены – предлагаются и исследуются радикально новые и необычные подходы, иногда в корне меняющие привычные представления о пространстве и времени. Сегодня все больше исследователей согласны с тем, что «пространство-время на фундаментальном уровне “растворяется” в наборе квантовых сущностей, которые можно назвать “атомами пространства”, без всякой геометрической интерпретации, которая должна возникнуть оттуда в некотором пределе и при подходящих приближениях» [1; 2]. Подчеркнутый здесь производный характер пространства-времени, отсутствие априори заданных геометрических характеристик (то есть какого-либо

* E-mail: asidorova@mail.ru

неизменного фона теории) и их появление на макромасштабе в результате взаимодействия большого числа первичных сущностей, – все эти особенности являются важнейшими чертами реляционной парадигмы. Таким образом, применение реляционного подхода, прежде всего, для создания «бесфоновых» моделей возникающего пространства-времени вызывает в настоящее время большой интерес ввиду впечатляющих результатов, которые уже получены в этом направлении, и широкого спектра новых открывающихся возможностей.

Сегодня на основе реляционного подхода разработан целый ряд эффективных методов и перспективных моделей, в значительной мере ориентированных на создание теории квантовой гравитации (КГ). Их описание, даже краткое, не входит в задачи данной статьи. В рамках этой работы можно лишь выбрать несколько наиболее интересных примеров для того, чтобы проиллюстрировать реляционную природу лежащих в их основе концепций и идей и привести ссылки на первоисточники.

Данный обзор в значительной мере основан на оригинальной обзорной статье известного представителя реляционного направления, профессора Perimeter Institute Ли Смолина [3]. Статья написана по материалам работ, выполненных за последнее время ведущими специалистами в области реляционного подхода к описанию физических явлений.

Обзор составлен следующим образом. Основные критерии, по которым теорию обычно причисляют к реляционным, а также некоторые дополнительные критерии «реляционности» перечислены в разделе 1.

Реляционные подходы могут различаться в зависимости от того, какие из физических категорий принимаются в качестве фундаментальных, а какие считаются производными. Важно определить статус трех категорий: времени и связанной с ним причинности, пространства и связанного с ним пространства-времени и, наконец, энергии и импульса. Некоторые аргументы в пользу того или иного выбора и следствия для результирующей теории обсуждаются в разделе 2.

Идеи, лежащие в основе ряда моделей, разработанных сравнительно недавно с применением реляционного подхода, кратко излагаются в разделе 3. Особо выделяются реляционные аспекты каждой модели.

Раздел 4 посвящен концепции локальности, которая на фундаментальном уровне оказывается под «перекрестным огнем», с одной стороны, из-за неопределенного на этом уровне статуса пространства-времени, а с другой из-за нелокальных аспектов квантовой механики. Попытки переосмыслить это понятие и заменить его чем-то более адекватным представляет важное направление исследований.

В Заключении приводятся некоторые наиболее важные результаты, достигнутые в разработке физических моделей на основе реляционного подхода, и оцениваются перспективы его дальнейшего применения.

1. Основные принципы реляционизма

Под основными принципами реляционной парадигмы обычно понимаются, с точностью до формулировки, три следующих утверждения:

- 1) фундаментальная теория должна быть независима от «фона», под которым можно понимать систему отсчета либо само пространство-время;
- 2) фундаментальные и наблюдаемые характеристики физических объектов выражаются в терминах относительных величин;
- 3) свойства системы определяются ее взаимодействием с большей системой, частью которой она является (принцип Маха).

Все эти три принципа в той или иной форме встречаются во всех реляционных теориях. Помимо них в понятие «реляционной теории» также иногда включаются дополнительные принципы, среди которых:

- принцип минимума свободных параметров;
- принцип идентичности неотличимых;
- принцип причинной замкнутости;
- принцип взаимности.

Принцип минимума свободных параметров восходит к знаменитой «Монадологии» Лейбница [4] и подразумевает, что научный прогресс состоит в том, что в новой теории содержится меньше произвольных величин, чем в предыдущей. В свете этого принципа можно сформулировать ряд конкретных задач, стоящих перед теоретической физикой:

- найти теорию, где величина скорости света и сам факт ее постоянства определяется фундаментальными предпосылками;
- уменьшить число свободных параметров стандартной модели;
- переформулировать ОТО и калибровочные теории в терминах наблюдаемых величин (калибровочно инвариантных и инвариантных относительно активных диффеоморфизмов);
- найти теорию, которая имела бы смысл только в 3D пространстве.

Принцип идентичности неотличимых гласит, что если объекты обладают одними и теми же свойствами, то это один и тот же объект. Следствием этого принципа оказывается вывод о том, что в фундаментальной теории не может существовать глобальных симметрий, ибо такая симметрия была бы идентичностью. Например, в случае трансляционной симметрии, если заморозить неподвижную аудиторию (наблюдателей с инструментами), относительно которой происходит движение, то пропадет и симметрия как таковая. Однако это не относится к калибровочным симметриям, которые представляют собой разные математические описания одних и тех же состояний.

Хорошим примером теории без глобальных симметрий может служить ОТО с космологическими граничными условиями [5]. Независимость законов движения от фона подразумевает, что касательное пространство можно вращать в двух соседних точках независимо и, следовательно, симметрии теории могут быть только локальными.

2. Что считать фундаментальным

Реляционные теории различаются в зависимости от того, какие из основополагающих физических категорий считать фундаментальными, а какие производными. Рассматриваются категории (1) времени и причинности, (2) пространства и пространства-времени и, наконец, (3) энергии и импульса.

Время и причинность. Главное различие связано с категорией времени. По мнению одних реляционистов [6; 7], которых можно назвать «вневременными», время является вторичной категорией, то есть существует примерно так же, как температура или давление. Другая группа ученых [3] придерживается противоположного мнения, то есть считает время фундаментальной сущностью. Это направление можно назвать «временным» реляционизмом. Обе позиции сталкиваются с определенными трудностями.

Если время фундаментально, то возникает очевидный конфликт со специальной теорией относительности (СТО): объективное существование настоящего противоречит относительности одновременности. Противоречие можно снять, если считать относительность систем отсчета и Лоренцеву инвариантность вторичными свойствами симметрии, которые возникают только с появлением пространства.

Если же время считать вторичной, возникающей категорией, то придется признать, что законы природы являются неизменными. В этом случае существовал бы математический объект M , идеально отражающий всю историю Вселенной в том смысле, что каждое свойство соответствовало бы верной теореме об M . В этом случае причинность, которая имеет выраженный временной характер, заменилась бы логикой, которая находится вне времени. Полученное противоречие используется как аргумент в пользу фундаментальности времени.

Таким образом, фундаментальность времени предполагает, что законы природы не могут быть абсолютными. Они должны меняться в пространстве (можно предположить, что это изменение становится заметным на космологическом масштабе) и быть несимметричными относительно обращения времени. В противном случае Вселенная может быть представлена в виде 4D-блока, внутри которого помещаются все возможные события и где прошлое, настоящее и будущее имеют одинаковый онтологический статус (так называемая «блочная» модель).

Кроме того, временные и вневременные реляционисты не согласны друг с другом в интерпретации ОТО. Для тех и других ОТО является реляционной теорией пространства и времени в том смысле, что физические события соответствуют не точкам в дифференциальном многообразии, а классам эквивалентности таких точек, возникающих при активных диффеоморфизмах пространства-времени, калибровочной симметрии ОТО. Однако, для вневременных реляционистов калибровка времени не фиксирована, и 4D-метрика пространства-времени определяется группой диффеоморфизмов всего 4D-пространства-времени M .

$$g_{mv} = \text{modulo}Diff(M).$$

Для временных реляционистов время имеет абсолютный характер, следовательно, существует физически предпочтительное расслоение 4D-многообразия ОТО: $M = \Sigma \times R$, где на каждом временном слое пространство определяется 3D-метрикой

$$h_{ab} = \text{modulo}Diff(\Sigma).$$

Выделенность одного расслоения нарушает основной принцип относительности систем отсчета. Для того чтобы избежать подобной ситуации, была найдена переформулировка ОТО в виде теории под названием «динамика формы» (см. ниже).

Пространство и пространство-время. Что касается второй категории – пространства, в реляционной теории оно всегда вторично, а значит, вторично и пространство-время.

Энергия и импульс. Наконец, необходимо определить статус энергии и импульса. Традиционно считается, что они вторичны, то есть формируются в соответствии с теоремой Нётер из симметрий возникающего пространства-времени. Если же предположить, что они фундаментальны, то законы сохранения импульса и энергии выполняются автоматически. Тогда можно допустить существование обратной теоремы Нётер, в соответствии с которой сохранение энергии и импульса будет подразумевать возникновение пространства-времени с глобальными трансляционными симметриями. Именно это и происходит в модели энергетических причинных множеств (см. ниже).

3. Основные концепции и теории

Реляционные теории по определению являются бесфоновыми, то есть все компоненты теории, участвующие в определении пространства-времени, вещества и метрических полей, являются динамическими, причем общие решения динамических уравнений не выбирают конкретного направления ни во времени, ни в пространстве. «Нет больше полей в пространстве, есть только поля в полях» [6]. Поэтому, несмотря на то что в ОТО непрерывное пространство-время считается фундаментальным, можно говорить о его «исчезновении» в том смысле, что невозможно определить физические свойства системы как функции положения точки пространственно-временного многообразия. Примерами таких теорий являются ОТО и различные ее модификации, не связанные с дискретизацией, одна из которых (динамика формы) будет рассмотрена ниже в разделе III.1.

Если же пространство-время изначально отсутствует среди предпосылок теории, то можно говорить о более высоком уровне «бесфоновости». Свойства возникающего пространства-времени должны быть таковы, что динамика получающейся системы окажется согласованной с предсказаниями эксперименталь-

но подтвержденных теорий – ОТО либо квантовой механики. В соответствии с этими двумя ориентирами модели возникающего пространства-времени разрабатываются с расчетом в предельном случае либо выйти к уравнениям Эйнштейна (сюда относятся многочисленные модели квантовой гравитации, раздел III.2), либо получить динамические законы квантовой механики. К последним относятся, например, модели относительных скрытых переменных и концепция реального ансамбля в квантовой механике (раздел 3.3).

3.1. Пространство-время как континуум

Как говорилось ранее, сама ОТО является примером реляционной теории. Физическое событие не имеет внутренней, нединамической метки, а характеризуется совокупностью степеней свободы. Иными словами, реляционной характеристикой физического события служит «видение» отсюда окружающего мира (концепция «видения» является ключевой в новых теориях реляционизма и будет рассмотрена ниже). Еще больше реляционных черт приобретает модификация ОТО, известная под названием теории динамики формы (shape dynamics).

Теория динамики формы (Shape dynamics)

Теория динамики формы (ДФ) представляет собой калибровочную теорию, которая описывает гравитацию несколько иначе, чем ОТО. Главным отличием является тот факт, что теория ДФ обходится без понятия пространства-времени: существование псевдориманова 4D-многообразия с лоренцевой сигнатурой не входит в перечень входных аксиом. Вместо этого исходными сущностями ДФ являются 3D-геометрические пространства, сопряженные друг с другом с помощью принципа относительности в «стек», структура которого может быть в ряде случаев соотнесена со структурой 4D пространства-времени, удовлетворяющего уравнениям Эйнштейна.

В полной мере реляционные свойства теории ДФ проявляются, когда ее конформные 3D-пространства замкнуты; в этом случае наблюдается наибольшее совпадение результатов теории ДФ и ОТО. Однако между ними остается онтологическое различие, которое касается контекста теории и интерпретации ее результатов. А именно теория ДФ основывается на меньшем числе кинематических принципов, которые к тому же более фундаментальны, чем основополагающие принципы ОТО:

- Пространственный реляционизм: конфигурационное пространство теории ДФ образовано относительными положениями и размерами объектов. В теории поля этот принцип переходит в конформную инвариантность и инвариантность относительно диффеоморфизмов, а также требование пространственной замкнутости многообразия.
- Временной реляционизм: поток времени определяется исключительно физическими изменениями.

- Принцип Маха–Пуанкаре: точка и направление (касательный вектор в более слабом случае) в конфигурационном пространстве полностью определяют единственное решение

Теория ДФ не требует соблюдения общей ковариантности, принципа относительности систем отсчета, существования пространства-времени, наличия внешних часов и измерительных стержней. Она дает возможность альтернативного понимания гравитации и тем самым является серьезным шагом на пути к бесфоновой, реляционной формулировке физических законов.

С точки зрения временных реляционистов, еще одно важное достоинство теории ДФ состоит в том, что она позволяет решить вопрос о выделенном расслоении в ОТО (на гиперповерхности с постоянной средней кривизной). В рамках теории ДФ наличие выделенного расслоения не нарушает эквивалентность моментов времени, а переводит ее в относительность локального масштаба, на котором гамильтониан 3D-теории остается инвариантным [8]. А это означает, что все экспериментальные данные, подтверждающие предсказания специальной и общей теории относительности, совместимы с постулатом об абсолютном времени.

3.2. Дискретные модели, континуальный предел – ОТО

Как отмечалось выше, новый уровень «бесфоновости» теории возникает при переходе на микромасштаб, где пространство-время уже не является непрерывным многообразием, а рассыпается на кванты или совсем исчезает, в зависимости от интерпретации статуса подлежащей структуры фундаментальных элементов. Как правило, эти первичные элементы интерпретируют не просто как математический инструмент, схему разбиения пространства-времени, а как некоторые сущности, имеющие негеометрическую природу (алгебраическую или комбинаторную). Все характеристики этих объектов определяются только относительно друг друга, а не относительно пространства-времени.

Если такие первичные сущности имеют негеометрическую природу, то возникает вопрос: как и при каких условиях их эволюция приводит к возникновению непрерывного пространства-времени и непрерывной геометрии. Важно не смешивать этот переход от элементарных структур к континууму с переходом от квантовых величин к классическому пределу. Переход к континууму происходит при увеличении числа элементарных объектов (степеней свободы), а их коллективное поведение приводит к возникновению пространства-времени, примерно так, как это происходит в физике конденсированных сред или для квантовых систем многих тел. С увеличением числа первичных объектов возникают новые свойства и эффективная динамика, а также новые концепции.

В настоящее время в качестве таких первичных объектов используются самые разнообразные структуры (спиновые сети, симплициальные комплексы, причинные множества и т. п.). Все они представляют собой дискрет-

ные структуры динамически развивающихся отношений, на которых возникает непрерывная 3D- или 4D-геометрия.

По-видимому, все многообразие первичных структур восходит к остроумной идее Р. Пенроуза, который впервые предложил использовать дискретную геометрию для синтезирования наблюдаемых свойств пространства-времени. В настоящее время его «спиновые сети» находят самое широкое применение, в частности, именно на них основаны наиболее успешные теории квантовой гравитации (КГ).

Спиновые сети Пенроуза и модели КГ на их основе

Спиновые сети – математическая модель описания физических явлений в терминах дискретных комбинаторных величин, изобретенная Р. Пенроузом в начале 1970-х гг., с помощью которой он стремился показать, что общие свойства перепутанной квантовой системы обеспечивают реализацию принципа Маха в том смысле, что свойства локальной системы определяются ее взаимодействием с большей системой, частью которой она является. Спиновая сеть Пенроуза [9] представляет собой трехвалентный граф. Наличие элементарной частицы обозначается меткой у вершины. Наличие поля обозначается меткой на ребре графа (метки – полуцелые числа, соответствующие представлениям группы $SU(2)$). Изменение положения частиц и полей в пространстве моделируется дискретными перемещениями меток по узлам и ребрам графа. В результате расчета углов между парами спинов, каждый на своем ребре, Пенроуз получил распределение, которое в пределе бесконечно большого графа воспроизводило геометрию двухсферы, то есть пространство направлений в R^3 .

В настоящее время на основе спиновых сетей формулируется множество моделей квантовой гравитации, в первую очередь, каноническая формулировка (в терминах гамильтониана), известная под названием петлевой квантовой гравитации (loop quantum gravity) [7]; а также разнообразные варианты в ковариантной (лагранжевой) формулировке с привлечением аппарата интегрирования по путям. Это решеточные модели КГ, с кусочно-плоской геометрией симплексов, в числе которых модель спиновой пены (spin foam models) [9; 10], формализм Редже (Regge calculus), причинная динамическая триангуляция (causal dynamic triangulation) [12]. «Кванты» групповых теорий поля (group field theories) [13-17] можно интерпретировать и как обобщенные спиновые сети, и как симплексные строительные блоки кусочно-плоских геометрий, а их квантовая динамика соединяет идею моделей спиновой пены и решеточной КГ [3]. Близкой по идеологии является модель случайных тензоров (random tensors model) [18; 19], которая является обобщением матричных и векторных моделей и представляет собой попытку создать перенормируемый вариант групповых теорий поля.

Обширная группа теорий, где непрерывные геометрические поля заменяются фундаментальными дискретными сущностями, известна под названи-

ем теории струн [20; 21]. Наконец, еще одной структурой, которая довольно успешно используется для вывода пространственно-временного континуума, являются причинные множества [22]. Во всех подобных моделях КГ фундаментальные степени свободы представляют собой нечто отличное от непрерывных полей, а пространство-время растворяется в предгеометрических объектах, имеющих непространственно-временную природу, из которых должны возникать пространство, время и геометрия в некотором приближении. Рассмотрим немного более подробно, как это происходит, на примере теории причинных множеств.

Теории причинных множеств с энергией (Energetic Causal Set Models)

Причинные множества представляют собой объекты, природа которых не имеет почти ничего общего с непрерывным пространством-временем, за исключением того, что в них используется однонаправленность и фундаментальный характер времени. Как полагают временные реляционисты, метрические отношения могут развиваться из сети причинных отношений, заданных на причинных множествах [23].

Важный аспект для построения пространства-времени на основе причинного множества состоит в том, что причинную структуру в принципе можно получить в результате дискретизации лоренцевского пространства-времени. Однако для этого пространство-время должно обладать достаточно большой размерностью и проблема состоит в том, что из 4D-пространства никакого причинного множества не получается. Ситуацию можно исправить, выбрав такую динамику развития событий, которая будет подавлять вклады, не соответствующие реальному пространству-времени. Например, если наделять каждое событие причинного множества энергией и импульсом, которые передаются причинным процессом, то получается правильное слабоискривленное лоренцево 4D-пространство-время [24; 25]. В этом и заключается суть моделей причинных множеств с энергией. При этом работает обратная теорема Нетер: из сохранения энергии и импульса следует, что возникающее пространство-время будет иметь глобальные трансляционные симметрии.

Как же возникает пространственно-временная симметрия и порядок из первоначального хаоса бесконечных возможностей? В [25] подробно описан этот процесс и приведено множество результатов моделирования. Коротко говоря, при генерации нового события важны два момента: (1) правила выбора пары «родителей» и (2) их прошлое, то есть конкретные значения величин, которые передаются «потомкам». Ввиду того что вначале процесса все прошлые существенно различны, информация о «родителях» (о прошлом) играет определяющую роль, она важнее, чем правила выбора пар; затем прошлое постепенно гомогенизируется, с каждым шагом возможные варианты становятся все более похожими друг на друга и правила выбора пар становятся определяющими. Поскольку эти правила неизменны, система выходит на дискретное множество состояний, которые можно интерпретировать как

квазичастицы (рис. 1). При этом видно, что вначале процесс был существенно несимметричным во времени, а затем зависимость от времени постепенно нивелируется и динамика приближается к обратимой.

Вообще говоря, каждое событие во Вселенной уникально, нет ничего такого, что в точности повторяло бы что-либо другое, но как же тогда быть с симметрией? Можно предположить, что бесконечное разнообразие событий «обрезается» при возникновении пространства, спектр событий дискретизируется, создаются многочисленные копии почти одинаковых событий и, следовательно, иницируются симметрии. Таким образом наше восприятие минимизирует количество информации, необходимой для описания Вселенной.

В рамках теории причинного множества с энергией найдены условия,

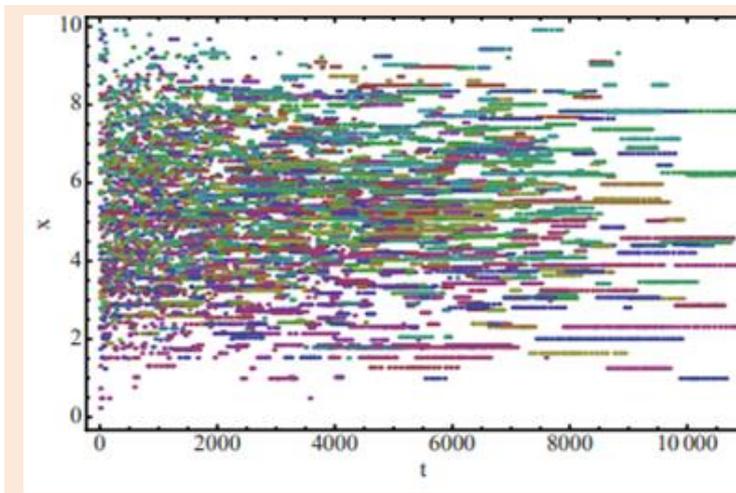


Рис. 1. Эволюция событий причинного множества; горизонтальная ось – физическое время, вертикальная ось – пространственное положение (взято из [22])

при которых уравнения Эйнштейна получаются как термодинамический предел эволюции этого множества [26; 28]. Показано, что сформулированных четырех условий достаточно, чтобы получить уравнения Эйнштейна из модели причинного множества определенного вида [28]. Стратегия доказательства изложена в [29–31].

В соответствии с рассмотренным выше процессом возникновения временной симметрии из первоначально асимметричного процесса ОТО должна была возникнуть из некоторой необратимой во времени теории на ранних стадиях развития Вселенной. Такое несимметричное относительно обращения времени расширение ОТО должно эффективно описывать переход от асимметричного во времени режима к симметричному. В настоящее время построено несколько таких теорий [34–36] и изучено их значение для физики ранней Вселенной [35].

3.3. *Континуальный предел – квантовая механика*

Модели, рассмотренные выше, в том числе теории КГ, в основном касались построения лоренцева пространства-времени общей теории относительности. В данном разделе будут представлены модели другого типа, где в пределе бесконечного увеличения числа элементарных объектов возникают уравнения квантовой механики как результат их коллективного взаимодействия.

*Реляционные теории скрытых переменных
(Relational Hidden Variables Theories)*

С точки зрения реляционного подхода квантовую механику можно усовершенствовать, заменив существующие переменные относительными величинами и переформулировав теорию в терминах статистической механики множества таких относительных, или «скрытых», переменных. Термин «скрытые» объясняется тем, что эти величины невозможно измерить так, как измеряются квантовые наблюдаемые. Реляционный характер этих переменных подразумевает, что описываемые ими свойства являются общими для нескольких (чаще всего для пар) квантовых систем.

В случае парных отношений на каждую пару обычных степеней свободы приходится одна скрытая. Естественной формой для описания таких систем является матрица или граф, где недиагональные элементы матриц соответствуют скрытым степеням свободы, а диагональные элементы и собственные значения – наблюдаемым величинам.

Каким образом такая матричная модель приводит к квантовой теории? Как правило, для этого используется процедура построения стохастического процесса, который при некоторых условиях [37; 38] в пределе большого числа элементов $n \rightarrow \infty$ приводит к распределению вероятностей, соответствующему решению уравнения Шредингера. То есть квантовая эволюция собственных значений матрицы проявляется как следствие классической статистической физики матричных элементов.

Рассмотрим основные этапы такого построения на примере двумерной системы n тел [39]. Пусть степени свободы характеризуются комплексными числами Z_{ij} , которые образуют матрицу $n \times n$. Недиagonalные элементы соответствуют скрытым переменным, выражающим отношения между объектами i и j ; тогда N собственных значений λ_i описывают положения n частиц в R^2 .



Рис. 2. Матрица скрытых переменных с наложенной случайной динамикой (за счет нагрева)

Элементы матрицы $n \times n$ помещаются в термостат, в результате чего их значения начинают флуктуировать подобно броуновскому движению, что влияет и на собственные значения λ (рис. 2). Предполагается, что в пределе $n \rightarrow \infty$ собственные значения λ двигаются в соответствии с механикой Ньютона в потенциале $V = V[\lambda_j - \lambda_k]$ (функция разности собственных значений).

Чтобы определить динамику системы, следует найти эффективное статистическое действие для распределения вероятностей собственных значений. Для этого необходимо: (1) сформулировать статистический вариационный принцип для матричной модели; (2) сделать ряд предположений относительно статистического ансамбля, в частности предположить, что при нагреве температура ведет себя обратно пропорционально числу частиц n : $T \sim 1/N$ при

$n \rightarrow \infty$; (3) получить эффективный вариационный принцип, усреднив его по значениям матричных элементов и выделяя первый порядок при $n \rightarrow \infty$.

В результате было получено [40], что плотность вероятности и ток собственных значений ведут себя в первом порядке по $1/\sqrt{n}$ в соответствии с уравнением Шредингера для n тел.

Теория скрытых переменных построена также для системы n частиц в D -измерениях, где скрытые степени свободы представлены $n \times n$ антиэрмитовыми матрицами в количестве M штук, а собственные значения задают координаты частиц в пространстве R^D [40]. Динамика выбрана в форме стандартной динамики матричной модели, которая используется в редуцированных по размерности моделях М теории и теории Янга–Миллса. И в этом случае было показано, что уравнение Шредингера воспроизводится с точностью до первого порядка в разложении вокруг $n \rightarrow \infty$.

В настоящее время известно несколько вариантов теории скрытых реляционных переменных [39; 40]; некоторые из них построены на основе теории графов [12] или других матричных моделей [41; 43].

*Модель реальных ансамблей
(The Real Ensemble Formulation of Quantum Mechanics)*

Модель реальных ансамблей основана на новой концепции «видения» как альтернативы положения в пространстве, которая отражает новый, сильно нелокальный тип взаимодействия. В рамках модели показано, что если в качестве потенциала взаимодействия объектов взять функцию разности их видений, можно получить квантовый потенциал Бома, а затем и уравнения квантовой механики Шредингера.

В реляционном подходе нет положения объекта в пространстве, аналогом этой характеристики является его место в сети отношений с другими объектами. Тогда можно предположить, что то, что мы привыкли называть положением объекта в пространстве, возникает из отношений между данным объектом и всеми остальными объектами в этой фундаментальной сети отношений (принцип Маха).

Сетевые отношения удобно иллюстрировать графом. События соответствуют узлам, ребра – отношениям между ними. Метрика g_{IJ} вводится как минимальное число шагов, которое необходимо сделать для того, чтобы дойти по графу из узла I в узел J .

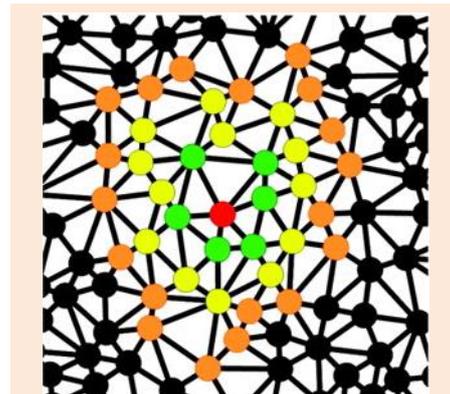


Рис. 3. Иллюстрация понятия окружения события. Различные цвета соответствуют окружениям разного порядка

Каждый объект сети можно характеризовать его «видением» системы в целом. Видение является функцией отношений, которые связывают объект с остальной системой, и ее можно выразить в терминах окружения (рис. 3):

1-е окружение узла $J(NJ^1)$ включает все узлы, расположенные на расстоянии одного шага по графу, и границу; n -е окружение узла $J(NJ^n)$ включает такие узлы, что расстояние от них до $Jg_{J,K} < n$, и связи между парами узлов. Тогда видение объекта определяется как полный набор n -х окружений:

$$V_J = \{NJ^0, \dots NJ^n, \dots\}.$$

В традиционном смысле локальность подразумевает, что объекты будут взаимодействовать тем чаще, чем ближе они расположены в пространстве. Но объекты, которые близки в пространстве, имеют и сходные видения. Будем считать, что степень сходства видений фундаментальна, а близость в пространстве является некоторым приближением к ней. Введем метрику в пространстве видений V :

$$d(e, f) = \sqrt{|e - f|^2} \approx g(V_e, V_f),$$

где V_e и V_f – видения событий e и f соответственно, и предположим, что локальность представляет собой близость в пространстве видений V . Тогда вероятность взаимодействия двух событий тем больше, чем ближе значения их видения.

События могут иметь сходные видения в двух случаях. В случае макрообъектов близость в обычном пространстве и пространстве видений совпадает. Но есть еще микрообъекты, которые существуют в виде многих копий во Вселенной и характеризуются сходным видением, то есть имеют множество соседей в пространстве видений. Такие соседства образуют ансамбли микроскопических объектов, которые взаимодействуют друг с другом, хотя и далеки в пространстве (принцип дальнего действия). Именно это и есть тот ансамбль, к которому относится понятие квантового состояния. При этом квантовая теория представляет собой «крупнозернистое» описание таких ансамблей.

Чтобы показать связь теории реальных ансамблей с квантовой механикой, введем понятие различности видений V (вариант метрики в пространстве видений):

$$D_{JK} = \frac{1}{n_{JK}^p},$$

где p – некоторая целая степень, n_{JK} – минимальный порядок, при котором окружение события J, NJ^n не изоморфно окружению события K, NK^n .

Имея метрику, которая характеризует различность видений, можно определить меру разнообразия множества отношений:

$$v = \frac{1}{N^2} \sum_{J \neq K} D_{JK}.$$

Если рассматривать v как потенциал взаимодействия (вообще говоря, между тремя телами, так как различность предполагает сравнение видений из J и K третьих тел), то получается в точности квантовый потенциал Бома [44]. Таким образом, из динамики сравнения схожих систем выстраивается квантовая механика Шредингера, это и есть основная идея формулировки квантовой механики в терминах реальных ансамблей [44–47].

Причинная теория видений (Causal Theory of Views)

Определим теперь концепцию «видения» в случае причинного множества. Напомним, что множество событий $\{A, B, C, \dots\}$ образует причинное множество, если для любых A и B , $A > B$, $B > A$ или A не связано с B причинно.

Пусть причинное множество

(1) локально: для любых A и B , множество C такое, что $B > C > A$ конечно

и

(2) транзитивно: из того, что $A < B$ и $B < C$ следует, что $A < C$.

Тогда для каждого события можно ввести понятие причинного прошлого $P(A)$, которое определяется следующим образом: событие B принадлежит прошлому события A , если $A < B$.

Совокупность прошлых событий, которые находятся в n и меньше причинных шагов от A , образуют подмножество $P_n(A)$, называемое n -м причинным окружением события A .

Введем величину, характеризующую «различность» прошлых двух событий A и B :

$$D_{AB} = \frac{1}{n_{AB}^p},$$

где p – некоторая целая степень, а n_{AB} – минимальный порядок, в котором причинные окружения событий A и B не изоморфны.

Сумма по всем событиям $B \neq A$ дает меру разнообразия причинного множества для события A :

$$v = \frac{1}{N^2} \sum_{A \neq B} D_{AB}.$$

Разнообразие прошлых v двух событий рассматривается как потенциальная энергия их взаимодействия. Аналогичная идея лежит в основе упомянутой ранее теории причинных множеств с энергией. Динамика такой системы будет стремиться максимизировать ее разнообразие, то есть действовать больше на пары с малым разнообразием и менять его так, чтобы увеличить общее разнообразие. Таким образом, чем более похожи события, тем больше вероятность их взаимодействия. При некоторых условиях отсюда

можно вывести уравнение квантовой механики Шредингера, используя условие экстремума разнообразия [45; 47].

Так в общих чертах строится причинная теория видений, которая представляет собой синтез теории причинных множеств и формулировки квантовой механики в терминах реальных ансамблей.

4. Концепция относительной локальности

Одним из важнейших результатов применения реляционных принципов к изучению свойств пространства-времени стал пересмотр понятия локальности. Плодотворной оказалась идея в духе концепции дальнего действия о том, что обычное понимание положения в пространстве-времени неприменимо на малых расстояниях или при высоких энергиях и должно быть заменено некоторой относительной характеристикой. В данном разделе обсуждается понятие относительной локальности, рассматривается переход к обычной абсолютной локальности в низкоэнергетическом пределе, упоминаются некоторые экспериментальные подтверждения зависимости локальности от энергии, а также кратко описываются модели пространства-времени с инвариантным энергетическим масштабом и концепция голографической дуальности.

Принцип относительной локальности (Relative Locality)

Сочетание трех фундаментальных констант: постоянной гравитации G , постоянной Планка h и скорости света c дает планковскую длину $l_P = (hG/c^3)^{1/2}$ или ее обратную величину – энергию Планка E_P . Этот масштаб определяет порог, за которым обычное описание пространства-времени не работает и можно ожидать появления качественно новых квантовых явлений, в частности проявления дискретной пространственной структуры, а также дискретных спектров для физических наблюдаемых. При этом новая теория должна согласовываться со специальной теорией относительности на энергетических масштабах $E \ll E_P$. Тогда возникает вопрос: в какой системе отсчета следует считать эти пороговые значения l_P и E_P ? Ведь в соответствии со СТО длины различаются для наблюдателей, движущихся с разной скоростью.

Чтобы сохранить постоянство E_P , был разработан целый ряд теорий [48–50]. При этом скорость света также остается постоянной, то есть теории получаются двухмасштабными. Однако приходится жертвовать обычным понятием локальности. Локальность становится относительной, зависящей от энергии системы (нормированной на E_P) и положения наблюдателя. Такая релятивизация локальности снимает также некоторые парадоксы, обсуждавшиеся в [51; 52].

Если в качестве характерного масштаба энергии принять планковскую энергию E_P , то эффект нелокальности взаимодействия должен проявляться в виде поправок, пропорциональных степеням E/E_P , где E – энергия системы. В этом случае пространство импульсов оказывается искривленным и его связ-

ность будет иметь ненулевые значения кручения, неметричности и кривизны, которые и будут поправками, пропорциональными степеням $1/E_p$. (При этом законы сохранения энергии-импульса становятся нелинейными, так как их линейность является следствием обычной локальности.) Теперь касательные пространства различаются в зависимости от энергии-импульса (рис. 4), и в общем случае для удаленного наблюдателя ($z \neq 0$) «координата» на мировой линии x не совпадает с координатой места взаимодействия z : $x \neq z$, то есть локальность «разъезжается». При этом всегда есть наблюдатель, находящийся в точке взаимодействия ($z = 0$), для которого локальность не нарушается, $z = x = 0$.

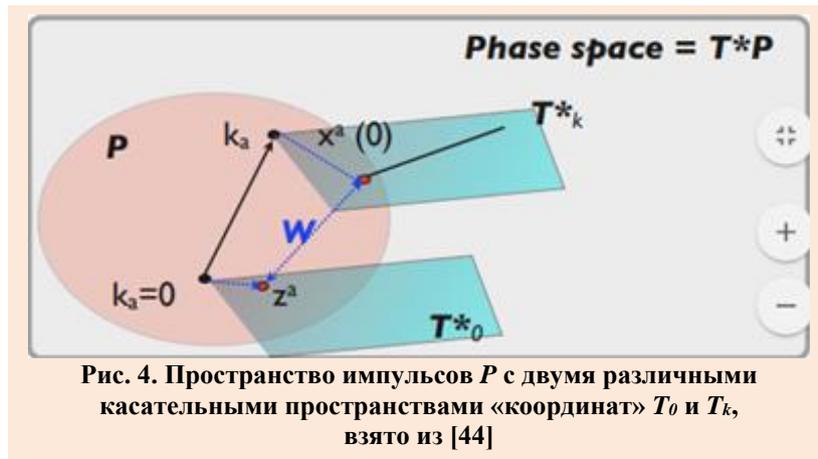


Рис. 4. Пространство импульсов P с двумя различными касательными пространствами «координат» T_0 и T_k , взято из [44]

Так, например, пусть фотон с энергией E поглощается атомом. Локальный наблюдатель видит, что фотон исчезает в той же точке, где его поглощает атом. Наблюдатель на расстоянии d видит, что поглощение произойдет, когда фотон находился от атома на расстоянии

$$x = dEN = d \frac{E}{E_p},$$

где N – компонента неметричности тензора, $\sim 1/E_p$.

Другой пример. Пусть пучок гамма-лучей испущен на расстоянии d от Земли. Два фотона, испущенные одновременно в одной точке, прилетят на Землю с разницей

$$\Delta t = \frac{d \Delta E}{c E_p},$$

где ΔE – разница энергий двух фотонов.

Как известно, в СТО одновременность относительна, но локальность абсолютна. Если события одновременны и происходят в одной точке пространства, то таковыми они являются для всех наблюдателей. В теории относительной локальности [53; 54] локальность тоже относительна, то есть факт совпадения двух событий в пространстве зависит от их энергии и расстояния от

наблюдателя. Подобно тому как в СТО не существует абсолютного пространства, то есть единого пространственного 3D-многообразия, так в теории относительной локальности нет абсолютного пространства-времени, то есть единого 4D-многообразия. Существует только локальное пространство-время, которое зависит от движения наблюдателя и энергии зонда.

*Выход на локальность в предельном случае СТО
(Emergent Locality)*

Рассмотренный выше эффект нелокальности должен исчезать в предельном случае перехода к специальной теории относительности: $\hbar \rightarrow 0$ и $G \rightarrow 0$. Допустим, что требуется сохранить характерный энергетический масштаб

$$E_p = \sqrt{\frac{\hbar}{Gc^3}} = const$$

(вторая постоянная теории, в дополнение к скорости света c).
Тогда обратная величина, характеризующая масштаб расстояний

$$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \rightarrow 0$$

и пространственной геометрии не существует. Как оказалось, ее можно «вывести», используя фундаментальное пространство импульсов и динамические законы.

Рассмотрим свободную частицу в плоском p -пространстве с метрикой η^{ab} и запишем для нее функцию действия:

$$S^{free} = \int ds(-x^a \dot{p}_a - \mathcal{N}C),$$

где \mathcal{N} – множитель Лагранжа, $x(s)$ – «момент от момента».

Пусть теперь частиц много и взаимодействие между частицами A и B дает частицу C (рис. 5).

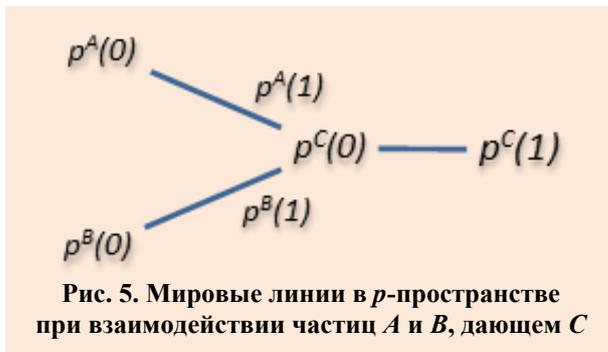


Рис. 5. Мировые линии в p -пространстве при взаимодействии частиц A и B , дающем C

Начало и конец мировых линий частиц A , B и C в p -пространстве обозначим, соответственно цифрами 0 и 1. Запишем закон сохранения импульса при взаимодействии:

$$P_a = p_a^C(0) - p_a^A(1) - p_a^B(1) = 0$$

и добавим его к действию, используя множитель Лагранжа z_a :

$$S = \sum_{\text{мировым}} S^{free} + z^a P_a.$$

линиям

Будем варьировать конечные точки мировых линий и смотреть, какие из этого последуют уравнения. Оказывается, что все три уравнения, полученные варьированием значений финальных импульсов частиц A и B и начального импульса частицы C , имеют одно и то же решение, равное z^a .

Таким образом, конечные точки мировых линий A и B совпадают с начальной точкой мировой линии C , следовательно, взаимодействие **локально**.

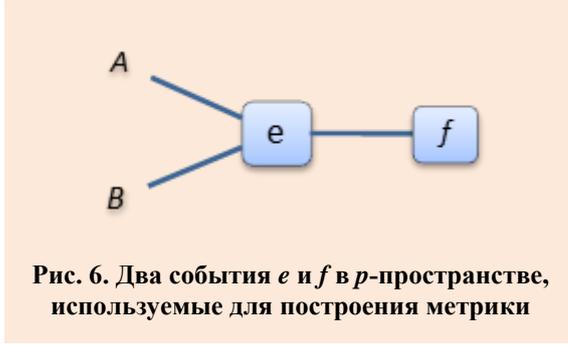


Рис. 6. Два события e и f в p -пространстве, используемые для построения метрики

Событие в точке z^a назовем e . Введем еще одну точку f и определим расстояние между событиями e и f (рис. 6):

$$\Delta z_{ef}^a = z_f^a - z_e^a = N \eta^{ab} p_b^c,$$

где

$$N = \int_C \mathcal{N},$$

$p^c = \text{const}$, η^{ab} – метрика в p -пространстве.

Тогда для частиц с нулевой массой $m = 0$ обращение метрики в пространстве импульсов дает пространственную метрику:

$$\Delta z_{ef}^a \Delta z_{ef}^b \eta_{ab} = N^2 p_c^c p_d^c \eta^{df} \eta_{ef} = N^2 p_c^c p_d^c \eta^{cd} = 0.$$

Таким образом, применяя законы классической динамики к событиям на пространстве импульсов, удалось индуцировать пространство-время с погруженными в него исходными событиями и построить на них метрику (конформна при $m = 0$).

Модели с инвариантным масштабом энергии (Models with Invariant Energy Scale)

В предыдущем разделе при выводе локальности уже использовалась двухшкальная модель, которая представляет собой модификацию СТО, где некоторая характерная величина энергии (например планковская) считается инвариантом, подобно скорости света. При этом возникает упомянутый выше конфликт с принципом относительности, в силу которого длина зависит от скорости движения системы отсчета, а значит, характерный масштаб длины будет разным для разных наблюдателей.

Как разрешить эту проблему? С одной стороны, можно считать лоренцевскую инвариантность (как глобальную, так и локальную) приблизительно-

ной симметрией, которая нарушается на планковском масштабе. Есть мнения, что такое нарушение лоренц-симметрии можно наблюдать в ближайшее время (возможно, даже уже наблюдалось) в спектрах космических лучей [55] и гамма-вспышек [56–59].

Но есть и другой выход: можно модифицировать линейное преобразование Лоренца на пространстве импульсов с помощью нелинейной добавки так, чтобы некоторый фиксированный масштаб энергии (планковский) остался инвариантным [48–50]. Тогда принцип равноправия инерциальных систем отсчета соблюдается, и в то же время все наблюдатели согласны относительно масштаба E_p . В пределе низких энергий нелинейная добавка исчезает. Аналогичное преобразование было ранее предложено Фоком [60; 61] в качестве симметрии, которая обеспечивает выполнение принципа относительности без предположения о постоянстве скорости света. В данном случае симметрия Фока–Лоренца применяется к импульсному пространству. При этом скорость света по-прежнему остается инвариантом и теория является «дважды реляционной», так как для любой системы отсчета сохраняет как скорость света, так и планковский масштаб.

*Теория создания пространства из перепутывания
(Space Emergent from Entanglement)*

Гипотеза о том, что ткань пространства-времени возникает из квантового явления перепутывания между удаленными системами, носит выраженный реляционный характер и дает возможное обоснование принципа дальнего действия. В ее основе лежит идея голографической дуальности (AdS/CFT соответствия), впервые предложенная Хуаном Малдаценой. В рамках этой гипотезы показано, что свойства квантовой системы многих тел, которая описывается конформной теорией поля (CFT) в плоском пространстве-времени, можно выразить в терминах динамических искривленных 4D-геометрий пространства анти-де-Ситтера (AdS) и тем самым в полной мере определить гравитационные эффекты [62]. Имеется ряд результатов [63–65], которые свидетельствуют о том, что связность между двумя областями пространства-времени, а значит, и его топология коррелируют с величиной перепутывания между квантовыми степенями свободы этих двух областей, так что меру перепутывания, взаимную информацию и подобные характеристики можно использовать для определения геометрических и топологических свойств пространства-времени.

Заключение

Применение реляционного подхода в современной физике связано, прежде всего, с задачей построения моделей квантовой гравитации, где он является одним из наиболее перспективных направлений, на котором достигнут ряд впечатляющих успехов.

Принцип исключения фона путем превращения его в динамического участника событий определил идеологию вывода пространства-времени из более фундаментальной структуры. В настоящее время показано, что геометрию лоренцева пространства-времени можно рассматривать как макроскопическое приближение, возникающее из коллективной динамики некоторой абстрактной дискретной структуры. В этой связи все больше идей и методов заимствуется из физики конденсированных сред и квантовых систем многих тел. В ряде случаев удается получить конструкции, согласующиеся с ОТО либо с уравнениями квантовой механики. Так, например, в теориях причинных множеств уравнения Эйнштейна возникают как следствие статистической термодинамики, которая управляет потоком энергии через фундаментальную сеть причинных отношений. Вместе с тем в теориях скрытых переменных и реальных ансамблей уравнения квантовой физики выводятся как следствие динамики реляционных структур, основанной на принципе максимального разнообразия [66].

Отказ от абсолютного характера локальности и переход к интерпретации этого свойства событий как следствия более фундаментальной характеристики «схожесть видения» полностью соответствуют принципу дальнего действия и приводят к новому пониманию явления квантового перепутывания, которое благодаря открытию голографической дуальности оказывается связанным с геометрическими свойствами пространства. Таким образом, появляется возможность интерпретировать эксперименты и парадоксы, связанные с нарушением абсолютной локальности, в терминах квантово-механических свойств системы многих тел и концепции дальнего действия.

Представленный неполный перечень современных теорий, в основе которых использованы те или иные реляционные принципы и идеи, позволяет до некоторой степени оценить результаты и перспективы применения реляционного подхода для решения проблем, стоящих перед современной физикой. Учитывая то множество разнообразных и эффективных моделей, которые уже разработаны на его основе, а также широкий спектр открывающихся новых возможностей для исследования, можно надеяться, что этот подход внесет значительный вклад в построение физической теории, описывающей Вселенную.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Oriti D.* Stud. Hist. Philos // Mod. Phys. 2014. 46. 186–199. URL: arXiv:1302.2849 [physics.hist-ph].
2. *Crowther K.* URL: arXiv:1410.0345 [physics.hist-ph].
3. *Smolin Lee.* Temporal relationism. URL: arXiv:1805.12468v1 [physics.hist-ph].
4. *Leibniz G.W.* The Monadology.
5. *Kuchar Karel.* General relativity: Dynamics without symmetry // Journal of Mathematical Physics. 1981. 22, 2640. URL: <https://doi.org/10.1063/1.524842>.

6. *Barbour J.* The End of Time: The Next Revolution in Physics. Oxford University Press, 1999.
7. *Rovelli Carlo, Vidotto Francesca.* Covariant Loop Quantum Gravity: An elementary introduction to quantum gravity and spin foam theory. Cambridge University Press, 2015.
8. *Mercati Flavio* (OUP, 2018), *Gomes Henrique, Gryb Sean, Koslowski Tim.* Einstein gravity as a 3D conformally invariant theory. URL: arXiv:1010.2481, Class.Quant.Grav.28:045005,2011.
9. *Penrose Roger.* Spin networks, hand written notes, 1960's.
10. *Wieland W.M.* New action for simplicial gravity in four dimensions. URL: arXiv:1407.0025; Class. Quantum Grav. 2015. 32. 015016.
11. *Cortés M., Smolin L.* Spin foam models as energetic causal sets. DOI: 10.1103/PhysRevD.93.084039 // Phys. Rev. 2016. D 93, 084039. URL: arXiv:1407.0032.
12. *Ambjorn J., Jordan S., Jurkiewicz J., Loll R.* Quantum Spacetime, from a Practitioner's Point of View. URL: arXiv:1302.2181, AIP Conference Proceedings. 2013. 1514, 60. URL: https://doi.org/10.1063/1.4791726.31.
13. *Oriti Daniele.* Spacetime as a quantum many-body system // Manybody approaches at different scales: A tribute to Norman H. March on the occasion of his 90th birthday / ed. by G. G.N. Angilella and C. Amovilli. – NewYork: Springer, 2017. URL: arXiv:1710.02807
14. *Oriti D.* The Group field theory approach to quantum gravity // Oriti D. (ed.): Approaches to quantum gravity. 310–331 [gr-qc/0607032]. University Press, Cambridge, 2009. URL: arXiv: gr-qc/0607032.
15. *Oriti D.* Quantum gravity as a quantum field theory of simplicial geometry // In Fauser B. (ed.) et al.: Quantum gravity 101–126. URL: [gr-qc/0512103].
16. *Oriti D.* The microscopic dynamics of quantum space as a group field theory // In Foundations of space and time / G. Ellis, J. Murugan, A. Weltman (eds). Cambridge University Press, Cambridge, 2012. URL: arXiv:1110.5606 [hep-th].
17. *Krajewski T.* URL: arXiv:1210.6257 [gr-qc].
18. *Gurau R., Ryan J.P.* Colored Tensor Models – a review // SIGMA 8, 020. 2012. URL: arXiv:1109.4812 [hep-th].
19. *Rivasseau V.* Random Tensors and Quantum Gravity // Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications. SIGMA 12. 2016. 069.
20. *Blau M., Theisen S.* // Gen. Rel. Grav. 2009. 41. 743–755.
21. *Hohm O., Luest D., Zwiebach B.* // Fortsch. Phys. 2013. 61. 926. URL: arXiv:1309.2977 [hep-th].
22. *Dowker F.* // Gen. Rel. Grav. 2013. 45. no.9. 1651–1667.
23. *Bombelli Luca, Lee Joohan, Meyer David, Sorkin Rafael D.* Spacetime as a Causal Set // Phys. Rev. Lett. 1987. 59. 521–524.
24. *Cortés M. and Smolin L.* The Universe as a Process of Unique Events. URL: arXiv:1307.6167 [gr-qc], Phys. Rev. 2014. D 90, 084007.
25. *Cortés M. and Smolin L.* Energetic causal sets // Physical Review D. Vol. 90, eid 044035. URL: arXiv:1308.2206 [gr-qc].
26. *Smolin Lee.* The thermodynamics of quantum spacetime histories. URL: arXiv:1510.03858.
27. *Smolin Lee.* General relativity as the equation of state of spin foam. URL: arXiv:1205.5529.

28. *Smolin Lee*. Four principles for quantum gravity / A book in honour of Thanu Padmanabhan. URL: arXiv:1610.01968.
29. *Jacobson Ted*. Thermodynamics of Spacetime: The Einstein Equation of State // *Phys. Rev. Lett.* 75, 1260. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.75.1260>; arXiv:gr-qc/9504004.
30. *Jacobson Ted*. Entanglement equilibrium and the Einstein equation. URL: arXiv:1505.04753.
31. *Padmanabhan T*. Thermodynamical Aspects of Gravity: New insights. URL: arXiv:0911.5004 // *Rep. Prog. Phys.* 2010. 73/ 046901.
32. *Padmanabhan T*. Entropy of Static Spacetimes and Microscopic Density of States. URL: arXiv:gr-qc/0308070, *Class. Quant. Grav.* 2004. 21: 4485–4494.
33. *Padmanabhan T*. Equipartition of energy in the horizon degrees of freedom and the emergence of gravity // *Mod. Phys. Lett.* 2010. A25: 1129–1136. URL: arXiv:0912.3165.
34. *Cortes Marina, Gomes Henrique, Smolin Lee*. Time asymmetric extensions of general relativity // *Phys. Rev.* 2015. D 92, 043502. URL: arXiv:1503.06085.
35. *Corts Marina, Liddle Andrew R., Smolin Lee*. Cosmological signatures of time-asymmetric gravity. URL: arXiv:1606.01256.
36. *Smolin Lee*. Dynamics of the cosmological and Newton’s constant // *Classical and Quantum Gravity*, Vol. 33, Number 2. URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0264-9381/33/2/025011>; arXiv:1507.01229.
37. *Nelson E*. // *Phy. Rev.* 1969. 150, 1079.
38. *Nelson T*. *Quantum Fluctuations*. Princeton University Press, 1985.
39. *Smolin Lee*. Derivation of quantum mechanics from a deterministic non-local hidden variable theory, I. The two dimensional theory, IAS preprint, August 1983 // *Stochastic mechanics, hidden variables and gravity in Quantum Concepts in Space and Time* / ed. C.J. Isham and R. Penrose. Oxford University Press, 1985.
40. *Smolin Lee*. Matrix models as non-local hidden variables theories. URL: hep-th/0201031.
41. *Alder S*. *Quantum theory as an emergent phenomenon*. Cambridge University Press New York, 2004.
42. *Alder S*. Statistical dynamics of global unitary invariant matrix models as prequantum mechanics. URL: hep-th/0206120.
43. *Starodubtsev Artem*. A note on quantization of matrix models // *Nucl. Phys.* 2003. B674. 533–552. URL: arXiv:hep-th/0206097.
44. *Smolin L*. Quantum mechanics and the principle of maximal variety. URL: arXiv:1506.02938.
45. *Smolin L*. *Foundations of Physics*. 46(6), 736–758. DOI 10.1007/s10701-016-9994-x.
46. *Smolin L*. A real ensemble interpretation of quantum mechanics // *Foundations of Physics*. 2012. DOI 10.1007/s10701-012-9666-4. URL: arXiv:1104.2822.
47. *Smolin Lee*. The dynamics of difference. URL: arXiv:1712.04799.
48. *Amelino-Camelia G*. Relativity in space-times with short-distance structure governed by an observer-independent (Planckian) length scale // *Int. J. Mod. Phys.* 2002. D 11, 35. URL: arXiv:gr-qc/0012051.
49. *Amelino-Camelia G*. Testable scenario for relativity with minimum length // *Phys. Lett.* 2001. B 510, 255. URL: arXiv:hep-th/0012238.

50. *Magueijo J., Smolin L.* Lorentz invariance with an invariant energy scale // *Phys. Rev. Lett.* 2002. 88. 190403. URL: hep-th/0112090.
51. *Hossenfelder S.* Bounds on an energy-dependent and observer-independent speed of light from violations of locality // *Phys. Rev. Lett.* 2010. 104. 140402. URL: arXiv:1004.0418 [hep-ph].
52. *Schutzhold R., Unruh W.G.* Large-scale nonlocality in 'doubly special relativity' with an energy-dependent speed of light // *JETP Lett.* 2003. 78. 431–435. URL: gr-qc/0308049.
53. *Amelino-Camelia G., Freidel L., Kowalski-Glikman J., Smolin L.* The principle of relative locality // *Phys. Rev.* 2011. D 84. 084010. URL: arXiv:1101.0931 [hep-th].
54. *Freidel L. and Smolin L.* Gamma ray burst delay times probe the geometry of momentum space. URL: arxiv:hep-th/arXiv:1103.5626
55. *Amelino-Camelia Giovanni and Piran Tsvi.* Planck-scale deformation of Lorentz symmetry as a solution to the UHECR and the TeV- γ paradoxes, astro-ph/0008107 // *Phys. Rev.* 2001. D64. 036005.
56. *Amelino-Camelia G. et al.* // *Int. J. Mod. Phys.* 1997. A12: 607–624.
57. *Amelino-Camelia G. et al.* // *Nature.* 1998. 393: 763–765.
58. *Ellis J. et al.* // *Astrophys.* 2000. J.535: 139–151.
59. *Ellis J., Mavromatos N.E., Nanopoulos D.* // *Phys. Rev.* 2001. D63:124025. URL: ibidem astro-ph/0108295.
60. *Fock V.* The theory of space-time and gravitation. Pergamon Press, 1964.
61. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения.
62. *Jae-Weon Lee, Hyeong-Chan Kim, Jungjai Lee.* Gravity from Quantum Information, *J. Korean Phys. Soc.* 63 (2013) 1094. DOI: 10.3938/jkps.63.1094, arXiv:1001.5445; arXiv:1001.5445.
63. *Raamsdonk M. Van.* URL: arXiv:1609.00026 [hep-th].
64. *Cao C., Carroll S.M., Michalakis S.* // *Phys. Rev.* 2017. D95. no.2, 024031. URL: arXiv:1606.08444 [hep-th].
65. *Raamsdonk M. Van,* *Int. J. Mod. Phys.* 2010. D19. 2429–2435. URL: arXiv:1005.3035 [hep-th].
66. *Barbour J. and Smolin L.* Variety, complexity and cosmology. URL: hep-th/9203041.

RELATIONAL ASPECTS OF MODERN PHYSICS

Anna Sidorova-Biryukova

International Laser Center, M.V. Lomonosov Moscow State University

The review is aimed to give a general idea of the relational paradigm in modern physics. The principles and main concepts of relationism are considered. Some basic relational models and methods are described; the recent essential advances are attributed primarily to their high applicability for handling the theory of quantum gravity, one of the most challenging issues of modern physics.

Keywords: relationalism, spacetime emergence, long-range action, collective dynamics, relative locality, quantum entanglement.

ПРОБЛЕМА «КВАНТОВАНИЯ ГРАВИТАЦИИ» В ТРЕХ МЕТАФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМАХ

ОТ ГРАВИТАЦИИ КЛАССИЧЕСКОЙ К КВАНТОВОЙ

Р.Ф. Полищук

*Астрокосмический центр Физического института
им. П.Н. Лебедева РАН (АКЦ ФИАН)*

Здесь рассматривается гравитация в контексте физики и метафизики. Указана связь между гравитацией и теорией струн. Установлена связь между массой нуклона и массой звезды. Предложены законы сохранения тетрадных токов в общей теории относительности.

Ключевые слова: гравитация, гравитон, классическая и квантовая физика, метафизика, звёзды, Вселенная, теория струн.

Гравитация (от лат. *gravitas* – тяжесть, [1]) есть тяготение, гравитационное взаимодействие, универсальное взаимодействие между любыми видами материи. Материя (от лат. *materia* – вещество, [2]) – философская категория для обозначения объективной реальности, бесконечное множество всех существующих в мире объектов и систем, субстрат (этот философский термин означает общую материальную основу всех процессов и явлений [3]) любых свойств, связей, отношений и форм движения. Материя включает в себя не только все непосредственно наблюдаемые объекты и тела природы, но и те, которые в принципе могут быть познаны в будущем на основе совершенствования средств наблюдения и эксперимента. Весь окружающий нас мир представляет собой движущуюся материю в её бесконечно разнообразных формах и проявлениях, со всеми её свойствами, связями и отношениями. И мир, и познающий его человек, субъект есть единство «что» и «как». Даже великий философ Георг Гегель (1770–1831) считает свою абсолютную идею, сближаемую им с понятием Бога, её универсальной предпосылкой её отчуждения (*das Entfremdung*) в виде материи. Отчуждение по Роже Гароди есть перевёртывание субъект-объектных отношений, а свобода – снятие отчуждения, а не познанная необходимость, как нас раньше учили.

Развитие познания перевернуло и установку Георга Гегеля в духе Людвиг Фейербаха (1804–1872), который встал на позицию непримиримой борьбы с религией как абсолютно несовместимой мировоззренческой пози-

ции с единственно истинной позицией – философией. Здесь мы видим бифуркацию человеческого познания в точке вершины параболы, ветви которой идут в противоположные стороны, но в бесконечности становятся просто параллельными. Это не означает возвращения в лоно религии, поскольку расстояние между ветвями продолжает увеличиваться. Мир и его познание человеком как универсальным существом предстают как океан ветвящихся возможностей, и идти приходится не назад, а вперёд с вдохновляющими нас новыми открытиями. Что это может нам дать в понимании гравитации?

Это требует оглядки на негравитационные физические взаимодействия: электрослабые и сильные: если есть гравитация (она вызвана обменом масс как гравитационных зарядов виртуальными безмассовыми гравитонами спина 2), то есть и электромагнетизм (он вызван обменом электрических зарядов виртуальными фотонами спина 1), и нестабильные массивные бозоны (с массами 80,4 и 91,2 ГэВ, что отвечает массам порядка 10^{-25} в степени минус 25 грамм и расстояниям 10^{-53} в степени минус 53 сантиметра), обмен которыми обеспечивает слабое взаимодействие, и сильное взаимодействие. Гравитационное и электрическое взаимодействие подчиняются законам обратных квадратов, а сильное отличается экспоненциальным множителем с показателем в виде минус отношение расстояния к постоянному расстоянию 10^{-13} в степени минус 13 сантиметра. Это последнее расстояние определяет размер нуклонов, из которых состоит вещество. Оно противопоставляется излучению, распространяющемуся со скоростью света 3×10^{10} в степени 10 сантиметров в секунду.

Все физические взаимодействия появились в результате распада единого физического взаимодействия (идея единства материального мира фундаментальна). Из наблюдательной космологии следует, что наблюдаемое внешнее трёхмерное пространство имеет конечный радиус кривизны (горизонта событий) порядка 10^{28} в степени 28 сантиметра: Вселенная расширяется, и за горизонтом событий скорость удаления галактик от нашей Галактики (Метагалактика состоит из примерно двухсот миллиардов галактик с примерно двумястами миллиардами звёздами в каждой с массами в среднем порядка 2×10^{33} грамма, как и у нашего Солнца) становится сверхсветовой, то есть их мировые линии вместо времени-подобных в системе Земли становятся пространственно-подобными. Размер пространства более чем на 40 порядков превосходит размер ядра атома, а объём более чем на 120 порядков превосходит его объём. Масса нуклона равна примерно 10^{-24} в степени минус 24 грамма, а масса Метагалактики (по числу звёзд) равна примерно 10^{56-57} грамм. Эта масса состоит примерно на 0,7 из массы физического вакуума, на 0,25 из массы неизвестной тёмной материи и на 0,05 из массы видимого вещества.

Нуклоны состоят из троек кварков, электрический заряд которых кратен $1/3$, и с точностью до знака модуль электрического заряда нуклона равен 1 (протон или антипротон) или 0 (нейтрон или антинейтрон). Кварки не вылетают из нуклонов, поскольку связывающие их глюоны подобны резинкам,

растяжение которых увеличивает их массу-энергию, и они рвутся, что рождает новые частицы. Столкновение частиц и античастиц противоположного знака электрического заряда превращает каждую такую пару в пару фотонов с противоположными пространственными 3-импульсами, и из-за асимметрии чисел нуклонов и антинуклонов в Метагалактике мы наблюдаем только нуклоны. Наблюдаемая картина есть результат самоорганизации природы в результате её эволюции. Можно положить в первом приближении полный электрический заряд и массу Метагалактики равными нулю: электрические заряды разного знака могут быть взаимно скомпенсированы, а гравитационные заряды одного знака могут быть компенсированы отрицательной потенциальной энергией гравитации при сохранении полной массы источников гравитационного взаимодействия.

Из трёх поколений кварков и лептонов самыми лёгкими являются нейтрино трёх сортов и лептон электрон (0,5 МэВ), а самыми тяжёлыми частицы третьего поколения t-кварк (171,2 ГэВ, это около 3 на 10 в степени минус 25 грамма) и тау-лептон (в 100 раз легче указанного кварка). Если массу Метагалактики сжать до предельной планковской плотности около 5 на 10 в степени 93 грамма в кубическом сантиметре (это если пространство считать трёхмерным в начале Большого взрыва 13,7 млрд лет тому назад), то получим сферу или гипертор (произведение сфер) размером (в предположении начальной изотропии, когда все взаимодействия были перемешаны) около 10 в степени минус 13 сантиметра («первоатом Леметра» с размером ядра порядка ядра обычной наблюдаемой материи).

Наблюдаемой космологии не противоречит возможность приписать электрическому и гравитационному потенциалам вид потенциала Юкавы с заменой в экспоненте постоянного расстояния 10 в степени минус 13 сантиметра на 10 в степени плюс 28 сантиметра. Во-первых, это сближает качество (но не количественную величину) различных физических взаимодействий. Во-вторых, это фактически элиминирует актуальную бесконечность из физики. Немецкий математик Карл Вейерштрасс (1815–1897) назвал математику наукой о бесконечном, а советский математик Владимир Игоревич Арнольд (1937–2010) назвал её (при мне) частью физики, где эксперименты наиболее дешёвы. Физика (от греч. слова *physis* – природа) есть наука о природе, изучающая и простейшие, и наиболее общие свойства материального мира. Термин метафизика (от греч. *metaphysika* – после физики) имеет два значения.

В первом значении, данном Андроником Родосским (I век до новой эры; мы для краткости не будем без конца ссылаться на «Советский энциклопедический словарь» как на общеизвестный источник пояснения разных слов), он означает философское учение о недоступных опыту сверхчувственных принципах бытия, некое изначальное единство философии и физики как всеобщей науки, которую мы (автор данной статьи) здесь понимаем как развивающееся понятие: ведь каждое понятие имеет предел применимости, и заключённое в некие скобки единое знание требует выхода за скобки в силу изначальной процессивной природы всякого знания как такового.

Во втором значении слово метафизика означает противоположный диалектике метод, рассматривающий явления в их неизменности и независимости друг от друга при отрицании противоречия как источника их развития. Но грех после Гегеля возвращаться от нового диалектического подхода в тылы преодолённого антидиалектического догматического подхода, характерного для различных мировых религий с их принципиально несовместимыми религиозными догматами (поскольку все люди имеют различные биологические и познавательные возрасты, религии всегда будут иметь воспитательное значение, но на фронте борьбы за новое знание первое слово принадлежит постоянно развивающейся науке). Напомним, что диалектика (от греч. *dialektike*) как искусство вести беседу предполагает не одну, а две стороны, а также двуединство истины как таковой: ведь проведение границы означает её диалектическое пересечение и преодоление. Наука не столько отбрасывает, сколько обобщает прежнее знание.

Что касается важнейшего понятия бесконечности, то она никогда не дана в опыте и порождена не силой, но слабостью наличного знания: мы не знаем, как дальше, и говорим «и так далее до бесконечности» с ошибкой в слове «так» и без необходимой замены термина «бесконечность» на термин «безграничность». У самого Георга Гегеля образом бесконечности была окружность. Она безгранична, но не бесконечна. В математике бесконечно множество натуральных чисел, которое строится на основании существующих только в умозрении пяти аксиом Пеано. Для Пифагора 1 не есть число, но некая конкретная в каждом конкретном случае именованная конечная величина: «неделимый» атом, сантиметр, секунда, грамм, планета, народ, звезда, галактика и т.д. В опыте сверхбольшие конечные величины мы имеем вместо бесконечностей.

Приведём пример. Звезда сверхбольшого размера стискивает гравитацией нуклоны так, что отталкивание протонов сменяется их слиянием в сложные молекулы из протонов и нейтронов с взаимодействием с потенциалом Юкавы. Экспоненциальное его ослабление с увеличением расстояния между нуклонами ограничивает размеры молекул (изотопы водорода, гелия, углерода, кислорода, серы, железа и т.д.). Атомные бомбы используют распад тяжёлых ядер (прежде всего урана), водородные – синтез лёгких ядер изотопов водорода (их надо атомным взрывом стиснуть настолько, чтобы электрическое отталкивание протонов сменилось ядерным склеиванием). То, что мы существуем, есть доказательство того, что Солнце (его возраст 5 миллиардов лет, примерно в 3 раза меньше возраста расширяющейся Вселенной) есть звезда второго или третьего поколения. Земля возникла примерно 4 миллиарда лет тому назад, её биосфера – на полмиллиарда лет позже, предок человека как части земной биосферы возник около 4 миллионов лет тому назад, а письменные источники – примерно 10 тысяч лет назад. Параметры чёрной дыры из нуклонов дают предел массам стабильных звёзд.

Из трёх фундаментальных физических констант (скорость света, постоянные Ньютона и Планка) получается планковская масса порядка 10 в степе-

ни минус 5 грамма, которая сама себе чёрная дыра размером порядка планковской длины около 10^{-33} сантиметра. Основной вклад в массу звезды дают нуклоны, масса которых примерно на 19 порядков меньше планковской массы. Чтобы из нуклонов получить чёрную дыру, надо в одном измерении плотно приткнуть друг к другу 10^{19} нуклонов, а в трёх измерениях – 10^{57} нуклонов. Умножаем эту массу на массу нуклона 10^{-24} грамма и получаем предел массы стабильной звезды 10^{33} грамма, то есть примерно половину массы Солнца. Масса Земли около $6 \cdot 10^{33}$ грамма, масса взрослого человека около 10^5 грамма.

Солнце каждую секунду тратит на излучение 4 мегатонны своей массы-энергии. Из них одна двухмиллиардная часть (2 килограмма света) падает на Землю. За миллиарды лет Солнце создало биосферу Земли. Существует закон роста энтропии как меры хаоса. Но жизнь есть поток негэнтропии (упорядочения), обеспечиваемый самокоррекцией наследственного кода при условии притока свободной энергии [4]. Низкоэнтропийное излучение Солнца вытесняет энтропию из окрестности Солнца (пережигаящего свой водород в гелий) ценой его общего увеличения. Этот закон роста общей энтропии делает вспышки разума во Вселенной предельно редкими, лишаящими нас возможности связаться с братьями по разуму: нет смысла ждать ответов на свои распространяющиеся не быстрее света послания в течение сотен и тысяч лет. Но при этом факт появления жизни есть редкое, но структурно устойчивое явление. Даже в Солнечной системе на ближайших соседях планеты Земли жизни нет: Венера раскалена, а на Марсе, по земным меркам, мороз (на нём в лучшем случае могли на время когда-то возникнуть примитивные одноклеточные организмы).

Вернёмся к умозрительной числовой бесконечности. Напомним аксиомы Дж. Пеано (1889): (1) 1 есть натуральное число; (2) следующее за натуральным числом есть натуральное число; (3) 1 не следует ни за каким натуральным числом; (4) если натуральное число a следует за натуральным числом b и за натуральным числом c , то эти два числа тождественны; (5) если какое-либо предложение доказано для 1 и если из допущения, что оно верно для натурального числа n , вытекает, что оно верно и для следующего за ним натурального числа, то это предложение верно для всех натуральных чисел. Аксиомы Пеано умозрительно задают дискретный бесконечный ряд натуральных чисел, имеющий начало и не имеющий ветвлений и циклов. Очевидно, что множество натуральных чисел бесконечно: иначе имеется наибольшее конечное натуральное число, и добавление единицы увеличивает их количество. Бесконечно также и число простых чисел: иначе добавление единицы к произведению всех простых чисел даст новое простое число.

Бесконечно множество пар эквивалентных дробей (они получаются умножением числителя и знаменателя на любое натуральное число) может быть представлено одной несократимой дробью. Бесконечно не только множество дробей: можно построить и бесконечно растущую последователь-

ность числовых бесконечностей. Действительно, пусть A есть трансфинитное натуральное число (оно называется алеф-нуль). В арифметике трансфинитных чисел имеем $A + A = A$ (в частности, чётных натуральных чисел столько же, сколько и всех натуральных чисел), $A \times A = A$, но 2 в степени A (это множество различных подмножеств натуральных чисел) больше A . Для чисел 0 и 1 это очевидно: пустое множество не имеет подмножеств, а для 1 их два: пустое подмножество и само одно число 1 . Верна и последняя аксиома полной математической индукции: добавление одного элемента удваивает число всех подмножеств: это все старые подмножества и они же с новым добавленным элементом.

Два в степени алеф-нуль равно алеф-один (это мощность множества всех вещественных чисел), который строго больше, чем алеф-нуль. Получаем бесконечно растущую систему алефов, не существующих вне головы и умозрения. Но для понимания естественного появления разума во Вселенной это важно. Действительно, потенциально растущая последовательность перестановок N различных элементов по формуле Стирлинга растёт быстрее, чем N в степени N , то есть быстрее экспоненты. Перестановки и сочетания различных элементов рожают новые структуры. Человек состоит из того же набора элементарных частиц, что и вся остальная Вселенная. По Демокриту, мир есть атомы и пустота, а в современной физике вакуум не пустота, и возможны разные вакуумы. Видимо, из распада первоначального сверхплотного вакуума и родилось вещество на фоне нового вакуума.

Докажем, что вещественных чисел больше, чем дробей. Допустим, что квадратный корень из числа 2 есть дробь p/q . Тогда квадрат числителя равен удвоенному квадрату знаменателя. Но если квадрат числа делится на 2 , то и само число делится на 2 , так что его квадрат делится на 4 . Сокращая на 2 квадрат числителя и удвоенный квадрат знаменателя, получаем, что и знаменатель есть чётное число, что противоречит несократимости взятой дроби. Корень из числа 2 есть новое число, которое делит всюду плотное множество дробей на два различных класса: квадрат любой дроби одного (левого) класса строго меньше квадрата дроби другого (правого) класса. В итоге получаем бесконечную числовую полуось вещественных чисел. Далее вводим число 0 как единицу аддитивной полугруппы неотрицательных целых чисел по сложению, отрицательные числа (они превращают полугруппу по сложению и умножению в группу с вычитанием и делением), комплексную плоскость, приписывая числам роль оператора: мнимая единица поворачивает число-вектор на прямой угол. Два таких поворота изменяют знак числа. Три взаимно ортогональных единичных вектора как три различные мнимые единицы дают три различные антикоммутирующие единицы. Дополнение коммутаторов антикоммутираторами расширяет симметрии в физике антисимметриями, объединяющими фермионы и бозоны с их взаимопревращениями в новое единое целое. Локализация симметрий взаимодействующих элементов вводит их зависимость от координат в пространстве, которое может быть пространством всей наблюдаемой Вселенной. Различные условия в различных частях про-

странства могут подавлять или добавлять различные степени свободы частиц, в том числе размерность самого пространства как число степеней свободы их перемещения и поведения. Дальнейшее обобщение гиперкомплексных чисел не имеет большой перспективы: нарушаются не только свойства коммутативности умножения, но и ассоциативности. Но мысленно можно считать, что в рамках математики, но не реальной физики, непрерывное движение точки рождает линию, движение линии рождает плоскость, движение плоскости рождает объём, и так далее до бесконечномерных пространств.

Что касается размерности, скажем следующее. Собственным значением оператора скорости является только скорость света, и все элементарные частицы рождаются в световом состоянии: квадрат их импульса равен нулю из-за равенства квадрата временной его части и части чисто пространственной. Допустим, что ориентация пространственной части (вообще говоря, многомерного) импульса с максимальной частотой изменяют знак (направление светового движения). Тогда частица словно топчется на месте как минимум в двухмерном пространстве-времени, хотя в каждый отдельный момент времени одна одномерна. Так «дрожащее» одномерие рождает некое двухмерие или даже многомерие. При этом не существует ненулевой длины дрожащего импульса частицы как ещё одного измерения в пространстве состояний частиц.

Теперь скажем о бесконечности с её важностью для бесконечных предельных переходов в выводе многих параметров физических систем. Вспомним про работу 1930 года «Познание природы и логика» немецкого математика Давида Гильберта [5]. В ней он пишет: «Повсюду существуют лишь конечные вещи. Не существует ни бесконечной скорости, ни бесконечно быстро распространяющейся силы или действия. К тому же действие по природе своей даже дискретно и существует только квантами. Не существует ничего континуального, что могло бы быть бесконечно делимо. Даже свет, как и действие, обладает атомистической структурой. Да и сама наша Вселенная, по моему глубокому убеждению, имеет лишь конечную протяжённость, и когда-нибудь астрономы смогут нам сказать, сколько километров мировое пространство имеет в длину, в высоту и в ширину... Эта трактовка бесконечного, обоснованная мной подробными исследованиями, решает ряд принципиальных вопросов: она, в частности, делает беспредметными кантовские антиномии, связанные с пространством и с безграничной делимостью, а стало быть, и снимает возникающие в связи с ними трудности... бесконечное не реализуется нигде; оно не присутствует в природе, а без специальных мер предосторожности оно недопустимо и в качестве основы нашего мышления. Уже в этом я усматриваю некий важный параллелизм природы и мышления, основополагающую согласованность между опытом и теорией».

Гильберт прав. Радиус кривизны трёхмерного макроскопического пространства (3-сферы) порядка 10^8 в степени 28 сантиметра. Представим себе 2-сферу с расширяющимся из точки (полюса) 2-кругом. После пересечения экватора его граница начинает сжиматься. Фронт расширяющегося множе-

ства галактик Метагалактики, возможно, тоже сжимается с будущим сжатием до планковской плотности (начальная и конечная сингулярности есть математическая идеализация физики процесса). В мире нет ни бесконечного объёма, ни точки как обратной для бесконечности величины. Минимальная длина есть планковская длина порядка 10 в степени минус 33 сантиметра. Меньшие длины существуют, видимо, только в математике, но не в нашем физическом мире. Радиус кривизны пространства порядка 10 в степени 61 планковских длин, объём (2 на «пи» в квадрате умножается на куб радиуса кривизны для 3-сферы) порядка 10 в степени 85 кубических сантиметров и 184 планковских объёмов. Умножая объём на среднюю плотность материи Метагалактики 10 в степени минус 29 грамм в кубическом сантиметре, получаем массу Метагалактики около 10 в степени 56 грамм. Отсюда и получаем размер 10 в степени минус 13 сантиметра начальной 3-сферы «первоатома Леметра» в момент Большого взрыва (иная первоначальная размерность пространства даст иное значение).

Вначале было единое физическое взаимодействие, распавшееся на сильное, электрослабое и гравитационное. Два электрона с массой около 10 в степени минус 27 грамма испытывают кулоновское отталкивание, которое в 10 в степени 42 раза сильнее их гравитационного притяжения по закону Ньютона. В атоме водорода электрическое притяжение электрона к протону в 10 в степени 39 сильнее их гравитационного притяжения. Если считать, что при распаде единого взаимодействия электрическое взаимодействие стало на 2 порядка слабее исходного, то гравитационное взаимодействие электронов и нуклонов примерно на 41 порядок слабее первоначального единого взаимодействия.

Переход от понимания реальности как непрерывного поля к квантовому дискретному полю предпринял, в частности, Роджер Пенроуз ещё в конце 1950-х годов [6]. Дискретную природу квантово-механического спина он рассматривал в качестве основного строительного блока комбинаторного (дискретного) подхода к физике. До него о квантовом пространстве-времени в 1947 году говорил Снайдер [7]. Идеи дискретной, зернистой структуры физического мира появились после введения в 1900 году немецким физиком Максом Планком (1858–1947) кванта действия и постоянной длины ($1,616$ на 10 в степени минус 33 сантиметра), названной его именем. Если постоянную тяготения Ньютона и скорость света принять за единицу, то постоянная Планка будет равна квадрату планковской длины (планковской площади). Горизонт событий нашей Вселенной тогда равен примерно 10 в степени 123 планковских квантовых площадей (разница в несколько порядков для сверхбольших величин большого значения не имеет). Длина волны виртуальных гравитонов, обмен масс которыми рождает гравитационное взаимодействие, не может быть больше радиуса кривизны горизонта событий и меньше планковской длины.

В 1970 году японо-американский физик Йоширо Намбу, основываясь на формуле итальянца Габриэле Венециано для амплитуды рассеяния адро-

нов, пришёл к выводу, что всё это может иметь смысл, если рассматривать отдельные адроны не как точечные частицы, а как струны. История струны описывается двумерной поверхностью, так что фейнмановские диаграммы для рассеяния адронов, при которых две сталкивающиеся частицы на короткое время объединяются в частицу-резонанс и распадаются на две удаляющиеся друг от друга частицы, теперь можно представить некими трубками. Струны ведут себя подобно тонким упругим лентам, сила натяжения которых растёт пропорционально величине растяжения. Затрата массы-энергии на растяжение одной струны приводит к её разрыву и образованию из одной струны двух таких же одинаковых струн. В этом смысле струна неделима. Струнная модель позволяет объяснить прямизну так называемых траекторий Редже как линий, которые получаются, если для данного класса адронов построить зависимость спина от квадрата массы. Все элементарные частицы можно считать различными резонансными модами колебания одной и той же струны. Так современная физика даёт ещё один пример соединения единого и многого.

Поскольку в мире нет актуальной бесконечности, струны можно считать компактными объектами. Если, скажем, склеить противоположные стороны полосы, то получим часть цилиндра с двумя граничными окружностями либо локально двустороннюю, но глобально одностороннюю ленту Мёбиуса с одной граничной окружностью. Стягивая границы в точки, получим топологическую сферу или бутылку Клейна без границы. Поверхности классифицируются по их топологии – в соответствии со свойствами, сохраняющимися при непрерывных преобразованиях без склеек и разрывов. Разные частицы можно считать квантами возбуждения физического вакуума с разными топологиями элементов одного и того же физического субстрата. Примером разных топологий компактной римановой 2-поверхности служат поверхности с разным числом ручек: сфера (без ручек), тор (одна ручка), крендель (две ручки) и т.д.

Математика как часть физики началась с физики. Первым изученным физическим явлением было электричество. С 1771 по 1773 год Генри Кавендиш проводил эксперименты с электричеством. Шарль Кулон продолжал их до 1785 года. В 1819 году Ханс Эрстед открыл магнитное воздействие текущего электрического тока на магнитную стрелку. Жан Био и Феликс Савар (1820) и Андре Ампер (1820-1825) установили наличие связи магнитного поля с электрическим, а Майкл Фарадей (1831) показал, что и изменение магнитного поля порождает электрические токи. Но лишь Джеймс Максвелл (1865) построил с введением нового слагаемого согласованную систему уравнений электромагнетизма. Сегодня эти уравнения имеют вид: кодифференциал дифференциала вектор-потенциала равен электрическому току. Вектор-потенциал с нижним индексом в геометрии внешних форм (антисимметричных по всем нижним индексам тензоров без верхних индексов) есть 1-форма. Кодифференциал (он определяется через дифференциал и оператор Ходжа) равен с минусом ковариантной производной с верхним индексом, свёртываемый с первым нижним индексом формы. Ковариантная дивергенция (по

первому индексу формы, на которую она действует) отличается от частной дивергенции «обкладкой» из корня из модуля метрического тензора. Внешний дифференциал увеличивает на единицу степень получаемой дифференцированием формы (это индекс частного дифференцирования с альтернированием затем всех индексов, чтобы снова иметь форму, а не другой тензор), а кодифференциал уменьшает её степень на единицу. Кодифференциал дифференциала сохраняет степень формы. При этом внешний дифференциал не зависит от метрики, а кодифференциал зависит. Определитель метрики связан с размером соответствующей физической системы (а после большого Взрыва объём 3-пространства Вселенной резко увеличился, хотя объёмы его мельчайших частей, которые вовсе не нульмерные точки, могли резко уменьшиться).

Итак, уравнения Максвелла принимают вид: кодифференциал дифференциала вектор-потенциала равен току. Поскольку квадраты дифференциала и кодифференциала по определению равны нулю, кодифференциал тока автоматически равен нулю. Этот дифференциальный закон сохранения при интегрировании даёт известный интегральный закон сохранения источников электромагнитного поля. По аналогии с уравнениями Максвелла можно получить законы сохранения в общей теории относительности Эйнштейна. В книге [8] содержится ошибочное утверждение: «Для локализованных в пространстве гравитирующих систем можно определить энергию и импульс по асимптотике гравитационного поля вдали от системы, но в общем случае такая конструкция невозможна. В частности, говорить о полной массе Вселенной не имеет смысла». Предъявим же решение проблемы законов сохранения в гравитации. На уровне метрики (10 компонент) их нет, но они есть на уровне тетрады (16 компонент).

Кодифференциал дифференциала плюс дифференциал кодифференциала называется лапласианом. Лапласиан тетрады равен (с минусом) её даламбертиану (квадрату ковариантной производной) плюс тензор Риччи, свёрнутый по одному индексу с тетрадой. Выразив тензор Риччи через тензор материи и перенеся дифференциал кодифференциала тетрады (в лоренцевой калибровке это нуль) вправо, получим уравнения Эйнштейна в виде: кодифференциал дифференциала тетрады равен по определению тетрадному току (автоматически сохраняющемуся). Мы это сделали впервые и назвали максвеллизацией уравнений Эйнштейна [9]. Свёртка координатного индекса даламбертиана тетрады с тетрадой даёт квадрат ковариантной производной тетрады. В результате в правой части уравнений остаются только первые производные тетрады и материальные источники гравитации (кривизны пространства-времени).

В мире Минковского в ускоренной системе отсчёта плотность энергии поля сил инерции (локально эквивалентного полю гравитационному) равна с минусом квадрату ускорения свободного падения, делённому на постоянную Эйнштейна (8 «пи», умноженные на постоянную тяготения Ньютона и делённые на квадрат скорости света). Это называется принципом локальной

эквивалентности сил гравитации и сил инерции. Откуда в плоском мире Минковского возникает в неинерциальной системе отсчёта отрицательная масса-энергия? При придании ускорений континууму наблюдателей инерциальной системы отсчёта их датчики возбуждаются. Нулевая масса каждого наблюдателя умножается на континуальную бесконечность (в математической идеализации) и даёт ненулевую величину: придание ускорения континууму наблюдателей предполагает затрату конечной массы-энергии. Сумма затраченной на ускорения положительной массы-энергии и массы-энергии в ускоренной системе отсчёта в мире Минковского равна нулю.

Максвелл объединил электричество и магнетизм. Гравитация впервые была аккуратно описана Исааком Ньютоном [10] и обобщена Эйнштейном (1915). Картан (1922) дополнил его геометризацию гравитации через риманову кривизну пространства-времени геометризацией спина. Кривизна отвечает за то, что при обходе по малому круговому контуру отношение его длины к радиусу отличается от двух «пи», а кручение отвечает за то, что этот контур размыкается, словно вы идёте по винтовой лестнице. При этом скорость движения ограничена скоростью света и за время обхода геометрия пространства может немного измениться. В теории Эйнштейна–Картана число уравнений увеличивается с 10-ти до 16-ти, тензор материи становится несимметричен по двум индексам: придание закрученности каждому элементу физической системы требует затраты массы-энергии, и квадрат массы растёт с ростом спига источников, давая прямую линию для полюсов Редже в связи масс и спинов различных частиц. При этом вращательные моменты разных материальных элементов могут иметь разные знаки и в сумме компенсировать друг друга, тогда как масса материальных источников всегда неотрицательна (в отличие от знаков электрических зарядов, обменивающихся виртуальными фотонами нечётного спина 1).

Полезно напомнить, что собственным значением квантового оператора скорости является только плюс-минус скорость света. При этом скорость света не вполне скорость. При мысленном росте скорости воображаемого наблюдателя с нулевой массой на его небосводе все звёзды из-за релятивистской абберации света стягиваются в апекс движения, а в пределе – в одну точку. При этом воображаемая точечная звезда в антиапексе из-за предельного эффекта Доплера исчезает: её фотоны не догоняют удаляющегося от звезды со скоростью света воображаемого наблюдателя. Для светового наблюдателя в нуль обращаются как расстояния до предметов впереди него, так и до тех, что позади него (в точке антиапекса его движения). Этот наблюдатель (с его мировой линией нулевой длины, принимаемой за его собственное время) не тратит своего времени на достижение звезды далеко впереди, так как его расстояние до неё равно нулю (он «уже там» через нулевое мгновение времени).

Теория Максвелла для расчёта микроскопических явлений в сильных полях требует обобщения до теории электрослабых взаимодействий в виде квантовой электродинамики. В случае сильного (цветового) взаимодействия

нужна теория квантовой хромодинамики, что в соединении с электрослабой теорией даёт Стандартную модель физики частиц. Но настоящего глубокого объединения слабой и цветовой сил не происходит. Тем более нет теории объединения этих сил с гравитацией, которая на планковских масштабах становится сильной, что требует построения единой теории всех физических взаимодействий.

Для вообразяемого светового наблюдателя пространство двухмерно, и $2+2$ расщепление первично по отношению к знакомому всем $1+3$ расщеплению пространства-времени. Поскольку первичная скорость в физике световая, $2+2$ расщепление первично. Мы в 1977 году построили соответствующий диадный формализм [11]. В 1973 году аналогичный формализм построили Героч, Хелд и Пенроуз, известный как GHP formalism (в России нет пророка в своём отечестве). Идея пришла ко мне элементарно. У Ньютона время и пространство были абсолютны. Минковский соединил их в $4+0$ единый мир нульмерных событий. Мой учитель А.Л. Зельманов (1913–1987) в 1956 году построил формализм хронометрических инвариантов $1+3$ расщепления мира и позже монадный формализм как его общековариантное обобщение: ведь наблюдатель с часами описывает одномерную мировую линию. А как ещё разделить 4 на две части? Ясно: $4=2+2$. Из-за взаимодействия элементарных частиц с полем бозонов Хиггса их 3-импульс меняет знак, и каждая частица испытывает световое дрожание, размер которого приписывается размеру частицы: ломаная мировая линия частицы со звеньями нулевой длины выглядит размытой одномерной мировой линией. Частицу и весь мир можно считать на микроуровне как их пересоздание с планковской частотой 2 на 10 в степени 43 раз в секунду (такой вот квантовый «кинофильм» из сменяющихся кадров пространств). Дискретное время нумерует мгновенные пространства. М-теория только увеличила размерность как бы 0 -мерных мировых точек теории гравитации Эйнштейна.

В теории струн каждая частица идентифицируется как колебательная мода элементарной микроскопической струны. Одним из колебательных состояний струны является гравитон как квант гравитационного поля. Все частицы естественно включаются в одну теорию. Гравитон как замкнутая струна описывает в пространстве-времени трубку. Распад частицы теперь выглядит как «брючная диаграмма». Теория струн сама приводит к предсказанию частицы спина 2 , которую было естественно отождествить с гравитоном.

В теории струн имеется один размерный параметр (длина струны) и фиксированная размерность пространства-времени. На размерность мира влияют свойства симметрии. Физические величины на квантовом уровне заменяются операторами, имеющими собственные значения. Алгебра Ли с коммутирующими операторами может быть обобщена до супералгебры Ли (алгебры Грассмана) с антикоммутирующими операторами. Теория групп обобщается до теории супергрупп с идеей суперсимметрии, соединяющей в одну систему фермионы и бозоны, а три физические взаимодействия (сильные, электрослабые и гравитационные) в одно взаимодействие, которое через 10

в степени минус 39 секунды распалось на 3 взаимодействия при температуре Вселенной в эпоху Большого взрыва 10^{28} в степени 28 градусов Кельвина. Планковская температура 10^{32} в степени 32 градуса ограничена температурой Хагедорна. Повышение температуры приводит при столкновении высокоэнергетических частиц к рождению нескольких частиц с той же суммарной массой-энергией и с меньшей температурой их смеси.

Общая теория относительности является пределом теории струн на больших расстояниях или при слабой гравитации. Поскольку мы наблюдаем только 4 измерения, дополнительные измерения свёрнуты в компактные пространства малого масштаба. Гравитационные постоянные до и после компактификации связаны друг с другом. Поскольку гравитационные эксперименты не обнаружили отклонения от закона обратных квадратов до расстояния в сотую долю сантиметра, дополнительные измерения должны иметь меньший размер. Резерфордское рассеяние альфа-частиц на нуклонах подтверждает, что закон обратных квадратов выполняется до 10^{11} в степени минус 11 сантиметра. В принципе наш мир может быть D3-браной, пересекающей дополнительные измерения мира. Элементарные частицы могут быть открытыми струнами с концами на этой бране. Замкнутые струны (в том числе гравитоны) не ограничены бранами и могут ощущать дополнительные измерения. При этом истинно многомерная планковская длина может быть много больше эффективной четырёхмерной планковской длины порядка 10^{33} в степени минус 33 сантиметра. В 10-мерном, например, пространстве-времени планковская длина равна 10^{18} в степени минус 18 сантиметра, при размере дополнительных измерений порядка 10^{13} в степени минус 13 сантиметра, что невозможно проверить с помощью настольных гравитационных экспериментов.

В 1921 году Калуца выдвинул идею объединения гравитации и электромагнетизма с помощью добавления одного измерения к пространству-времени общей теории относительности [12]. Эту идею развил в 1926 году Клейн, взяв вместо 4-мира Минковского его произведение на окружность практически незаметного малого масштаба. Добавленную строку и столбец 5-метрики он связал с безмассовым фотоном и безмассовым скалярным полем [13]. Гольфанд и Лихтман в 1971 году [14] и в 1974 году Весс и Зумино [15] выдвинули идею пространственно-временной суперсимметрии как четырёхмерного обобщения двухмерной мировой поверхности в струнной модели Рамона–Невё–Шварца [16]. Это потребовало перейти к 10-мерному пространству-времени с малыми компактными дополнительными шестью измерениями: в квантовой теории поля в коммутационные соотношения для тензора материи входит размерность пространства-времени, и физические состояния имеются только для фиксированных размерностей [17]. Размерность 4 для макроскопического пространства-времени связана с тем, что только для этой размерности спиноры являются простейшими спинорами Майораны–Вейля [18].

Сложное вычисление амплитуды гравитон-гравитонного рассеяния приведено в главе 7 книги [19], а в главе 1 из требования нулевой аномальной

размерности амплитуды гравитон-гравитонного рассеяния выводится требование нулевого квадрата импульса гравитона, что означает его безмассовость (ненулевая временная компонента импульса гравитона компенсирована ненулевой компонентой его пространственного импульса). Самоорганизация природы приводит к фиксированному набору физических полей в квантованном пространстве-времени фиксированной размерности. Заметим, в частности, что в пространстве размерности больше чем 3 не было бы стабильных орбит вращения электронов вокруг ядер атомов. Если такие миры возникали, то они тут же разрушались, и выжил тот мир, в котором мы живём.

ЛИТЕРАТУРА

1. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1988. С. 1373.
2. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия. 1983. С. 354.
3. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1988. С. 1235.
4. *Polishchuk R.F.* // *Fundamentals of Life*. Paris: Elsevier, 2002. P. 141-151.
5. *Гильберт Д.*, Познание природы и логика. Избранные труды. Т. 1. М.: Факториал. С. 465–467.
6. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. М.: Ижевск: ИКИ, 2007.
7. *Snyder H.S.* Quantized space-time // *Physical Review*, 1947. 71. P. 38-41.
8. *Горбунов Д.С., Рубаков В.А.* Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего большого Взрыва. – М.: ИКИ, 2008. С. 448.
9. *Polishchuk R.F.* Quasi-Einsteinian tetrad equations // *Gravitation and Cosmology*. 1996. Vol. 2. No. 3 (7). P. 244–246.
10. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии (1687). М.: ЛКИ, 2008.
11. *Полищук Р.Ф.* Диадные компоненты тензора кривизны // *Вестник Моск. ун-та. Физ., Астрон.* 1972. № 13. С. 612–613.
12. *Kaluza Th.* Sitz. Preuss. Akad. Wiss. 1921. K1, 966.
13. *Klein O.* // *Z. Phys.* 1926. 37, 895.
14. *Гольфанд Ю.А., Лихтман Е.П.* Письма в ЖЭТФ. 1974. 13, 452.
15. *Wess J. and Zumino B.* // *Nucl. Phys.* 1974. B70, 39.
16. *Neveu A. and Schwarz J. H.* // *Phys. Rev.* 1971. D4, 1109.
17. *Green M.V. and Schwarz J.H.* // *Nucl. Phys.* 1981. B181, .502.
18. Введение в супергравитацию. М.: Мир, 1985. С. 242.
19. *Грин М., Шварц Дж., Виттен Э.* Теория суперструн: в 2 т. М.: Мир, 1990.

FROM CLASSICAL TO QUANTUM GRAVITATION

Rostislav F. Polishchuk

Astrospace Centre of the Lebedev Physics Institute

Here gravitation is taken in the context of physics and metaphysics. Connection between the string theory and gravitation is given. Connection between nucleon mass and middle star one is established. Conservation laws for tetrad currents in general relativity are proposed.

Keywords: gravitation, graviton, classical and quantum physics, metaphysics, string theory.

О ПРОБЛЕМЕ КВАНТОВАНИЯ В ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

М.Л. Фильченков, Ю.П. Лаптев

Институт гравитации и космологии РУДН

В рамках теоретико-полевой парадигмы пертурбативное квантование оказывается возможным только для слабых гравитационных полей. Геометрический подход допускает непертурбативное квантование как геометрии в целом, так и пространства-времени. Квантовая механика и квантовая теория поля могут рассматриваться в заданном искривлённом пространстве-времени.

Ключевые слова: гравитация, теоретико-полевая парадигма, квантование гравитационного поля, квантование геометрии, квантовая механика, квантовая теория поля.

Введение

Речь пойдёт о попытках согласования теории гравитации с квантовой теорией. Гравитация будет рассматриваться в рамках ОТО и ньютоновской теории, а квантовая теория – на уровне квантовой механики и квантовой теории поля. Квантование будет проводиться по теории возмущений с введением гравитонов для слабых гравитационных полей, а также непертурбативными методами для геометрии в целом и пространства-времени [1–6].

Несмотря на негативное отношение некоторых специалистов к квантованию гравитации, ниже будут рассмотрены различные подходы в теории гравитации, в рамках которых квантование оказывается возможным. К ним относятся:

- квантовая механика в гравитационном поле;
- квантовая теория поля в искривлённом пространстве-времени;
- квантование гравитационного поля и искривлённого пространства-времени.

Объектами квантования являются гравитационно-связанные системы и связанные с ними процессы.

Квантовая механика в гравитационном поле

1. Нерелятивистская квантовая механика в заданном слабом гравитационном поле

Нерелятивистская квантовая механика в искривлённом пространстве-времени сводится к записи уравнения Шрёдингера в плоском пространстве с ньютоновским потенциалом. Таким образом на квантовом уровне рассматривается задача Кеплера.

Если источником центрально-симметричного гравитационного поля является минидыра, захватывающая микрочастицу, то такая гравитационно-связанная квантовая система называется гравиатомом. Среднегеометрическое масс микрочастицы и минидыры, входящих в состав гравиатома, оказывается порядка планковской массы.

Система уравнений Шрёдингера–Ньютона учитывает зависимость гравитационного поля от плотности вероятности распределения материи.

В квантовой гидродинамике Маделунга–Бома используется система уравнений непрерывности и Гамильтона–Якоби для квадрата амплитуды и фазы волновой функции.

2. Квантовая механика с учётом релятивистских поправок

Энергетический спектр движения микрочастицы в центрально-симметричном гравитационном поле в приближении Паули выражается через гравитационный эквивалент постоянной тонкой структуры, главное и орбитальное квантовые числа, а также спин микрочастицы. Вводятся релятивистские поправки к гравитационному эквиваленту боровского радиуса. Для гравиаотов релятивистские поправки учитывают девиатовское самодействие и вращение минидыры.

Квантовая теория поля в искривлённом пространстве-времени

1. Рождение частиц и поляризация вакуума вблизи горизонтов

Вблизи горизонта Шварцшильда температура частиц, рождённых в эффекте Хокинга, имеет вид

$$kT_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi GM}, \quad (1)$$

где M – масса чёрной дыры.

Аналогичные формулы получаются в эффекте Унру при рождении частиц в равномерно ускоренной системе отсчёта.

Вблизи горизонта де Ситтера, связанного с космологической постоянной, имеет место поляризация вакуума, который эквивалентен среде с отрицательным давлением. Поляризация вакуума возникает также в эффекте Казимира за счёт отрицательной энергии нулевых колебаний между двумя проводящими пластинами.

Рождение частиц в ранней Вселенной

В ранней Вселенной частицы рождаются в результате разрыва виртуальной пары на масштабе их комптоновской длины волны.

Оказывается возможным получить число рождённых частиц порядка числа Эддингтона, если допустить, что сначала рождаются лептокварки, которые распадаются на кварки и лептоны. В результате объединения трёх кварков образуются нуклоны.

Квантование гравитационного поля и искривлённого пространства-времени

1. Квантование слабого гравитационного поля

Гравитационное поле сводится к тензорному полю в пространстве Минковского, квантами которого являются гравитоны – безмассовые частицы со спином $s = 2$.

Интенсивность гравитационного излучения атома водорода при переходе $3p \rightarrow 1s$ запишется как

$$I_{gH} = \frac{8Gm_p \hbar \omega_{31}^3 f_{3p \rightarrow 1s}}{c^3}, \quad (2)$$

где ω_{31} – частота, $f_{3p \rightarrow 1s}$ – сила осциллятора перехода.

Гравитационное излучение гравиатома при переходе $3p \rightarrow 1s$ превышает его дипольное излучение.

Пертурбативная квантовая теория гравитации является неперенормируемой, так как ряды теории возмущений по степеням гравитационного эквивалента постоянной тонкой структуры расходятся при энергиях, стремящихся к планковской.

2. Квантовая геометродинамика

Квантовая геометродинамика представляет собой квантование геометрии в целом. Волновая функция рассматривается в пространстве 3-геометрий и удовлетворяет уравнению Уилера–ДеВитта:

$$l_{pl}^4 G_{ijkl} \frac{\delta^2 \psi}{\delta \gamma_{ij} \delta \gamma_{kl}} + R^{(3)} \psi = 0, \quad (3)$$

где l_{pl} – планковская длина, G_{ijkl} – суперметрика, γ_{ik} – пространственная метрика, $R^{(3)}$ – 3-кривизна.

В квантовой космологии для однородных изотропных моделей в мини-суперпространстве масштабных факторов уравнение Уилера–ДеВитта сводится к уравнению типа стационарного уравнения Шрёдингера.

Рождение Вселенной в результате квантовой флуктуации интерпретируется как туннелирование планкеона с квантованной энергией излучения через потенциальный барьер, создаваемый остальными видами материи, в де-ситтеровский вакуум. Рождение закрытых моделей менее вероятно, чем открытых и плоских.

Проблема квантового гравитационного коллапса анализируется в рамках квантовой космологии для сжимающейся фридмановской модели. Вероятность создания Вселенной в лаборатории в результате искусственного сжатия тела до гравитационного радиуса, равного горизонту де Ситтера порядка масштаба Теории Великого Объединения, равна вероятности рождения закрытой Вселенной.

Оказывается возможным рассмотреть также анизотропные и полевые квантовые космологические модели.

3. Петлевая квантовая гравитация

Петлевая квантовая гравитация обобщает квантовую геометродинамику на масштабах, сравнимых с планковской длиной, представляя собой квантование пространства-времени.

Вводятся переменные Аштекара, выражающиеся через оператор триады и калибровочное поле A_a , определяющее петли Вильсона $\gamma = \oint A_a d\gamma^a$, которым соответствуют операторы, действующие на вакуум и генерирующие спиновые сети, образующие пространство.

Геометрические величины являются операторами. Собственные значения оператора площади

$$S_j = 8\pi l_{pl}^2 \sum_i \sqrt{j_i(j_i + 1)}, \quad (4)$$

где i – целые, j – полуцелые числа.

Эволюция спиновых сетей во времени моделирует пространственно-временную пену. Флуктуации плотности, обусловленные дискретностью пространства, учитываемой петлевой квантовой космологией, оказываются существенными при оценке начальных возмущений в ранней Вселенной.

Заключение

1. Квантовая механика в гравитационном поле и квантовая теория поля в искривлённом пространстве-времени не предполагают квантования гравитации.

2. Квантование тензорного поля, моделирующего слабые гравитационные волны, и квантование геометрии в целом, а также пространства-времени, означают квантование собственно гравитации.

3. Хотя проблема квантования остаётся нерешённой в общем случае, удаётся решить ряд частных задач, касающихся квантования гравитационно-связанных систем, например, при рассмотрении гравитатома и квантовой космологии.

4. Оказывается возможным не только проквантовать линеаризованное гравитационное поле и согласовать квантовую теорию с ОТО, но и объяснить эффект Хокинга и квантово-космологические эффекты в рамках двух

современных подходов к квантованию гравитации – теории суперструн и петлевой квантовой гравитации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фильченков М.Л., Лаптев Ю.П.* Квантовая гравитация: от микромира к мегамиру. М.: ЛЕНАНД, 2016. 304 с.
2. *Rovelli C.* Quantum Gravity. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004. 455 p.
3. *Kiefer C.* Quantum Gravity. – Oxford: Oxford University Press, 2007. 355 p.
4. *Гриб А.А., Мамаев С.Г., Мостепаненко В.М.* Квантовые эффекты в интенсивных внешних полях. М.: Атомиздат, 1980. 296 с.
5. *Биррелл Н., Девис П.* Квантованные поля в искривлённом пространстве-времени. М.: Мир, 1984. 356 с.
6. *Горбачевич А.К.* Квантовая механика в общей теории относительности: Основные принципы и элементарные приложения. М.: Едиториал, 2003. 160 с.

ON THE PROBLEM OF GRAVITY QUANTIZATION IN GRAVITATION THEORY

M.L. Fil'chenkov, Yu.P. Laptev

Institute of Gravitation and Cosmology, RUDN University

A perturbativ equantization proves to be possible in the framework of the field-theoretic paradigm only for weak gravitational fields. The geometric approach admits a nonperturbative quantization of both geometry as a whole and space-time. Quantum mechanics and quantum field theory may be considered in a given space-time.

Keywords: gravity, field-theoretic paradigm, quantization of gravitational field, quantization of geometry, quantum mechanics, quantum field theory.

ПРОБЛЕМА КВАНТОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ И ПОЛЕВАЯ ПАРАДИГМА МИ–ЭЙНШТЕЙНА

Ю.П. Рыбаков

Российский университет дружбы народов

Обсуждается проблема квантования гравитационного поля как в рамках стандартного подхода Гейзенберга–Дирака, так и с точки зрения полевой парадигмы Ми–Эйнштейна. Отмечаются трудности стандартного подхода и показывается, что в рамках полевой парадигмы необходимость квантования гравитационного поля отпадает, так как частицы рассматриваются как сгустки некоторых фундаментальных полей, включая и гравитационное.

Ключевые слова: квантовая гравитация, полевая парадигма, фундаментальные поля, солитоны, протяженные частицы.

Введение

Проблема квантования гравитационного поля, то есть объединения квантовой и общерелятивистской теорий, возникла сразу же после создания Эйнштейном теории гравитации и построения квантовой теории поля Дираком, Паули и Гейзенбергом. Первоначальные попытки квантования гравитации были предприняты М.П. Бронштейном [1] в предположении, что гравитационное поле слабое и в первом приближении его можно рассматривать как подчиняющееся линеаризованным уравнениям Эйнштейна, что позволяло квантовать его как тензорное поле второго ранга. При этом все квантовые эффекты взаимодействия гравитационного поля с другими полями учитывались по теории возмущений.

В дальнейшем были предприняты попытки строгого квантования гравитационного поля как нелинейного [2; 3]. Формально предложенные квантовые теории гравитации были безукоризненны, так как они опирались на строгий метод Дирака построения гамильтоновой теории поля со связями [4; 5]. Однако вскоре выяснилась глубокая внутренняя противоречивость такого подхода к квантовой гравитации, так как сама основная полевая переменная (метрика) задавала структуру пространства-времени, определяющего эволюцию системы.

Кроме того, квантовая теория гравитации оказалась неперенормируемой, что не позволяло решить проблему расходимостей [6–8]. Внутренняя противоречивость ряда предлагавшихся подходов к построению квантовой гравитации была предметом обсуждения во многих работах [9–12].

Полевая парадигма Ми–Эйнштейна: неиспользованные возможности

Совершенно новый подход к описанию частиц был предложен в работах Густава Ми [13], который опубликовал серию статей, посвященных *полевой теории материи*. В этих работах было выдвинуто предположение о том, что в рамках нелинейной электродинамики, обобщающей теорию электромагнетизма Максвелла, возможно существование решений, описывающих заряженную частицу (электрон) как сгусток электромагнитного поля (без источников). Такое решение в самом деле было найдено Г. Ми в рамках нелинейной электродинамики, в которой роль источника играли степени инварианта $A_\mu A^\mu$. Так, для статического электрического поля, задаваемого скалярным потенциалом $A_0 = \varphi$, получалось уравнение $\Delta\varphi + 4\pi g^2 \varphi^5 = 0$, которое сейчас известно как *уравнение Ми–Эмдена*. Это уравнение допускает сферически-симметричное решение, обобщающее потенциал Кулона для точечного заряда и регулярное при $r = 0$:

$$\varphi(r) = \frac{q}{(r_0^2 + r^2)^{1/2}}, \quad (1)$$

где характерный размер r_0 солитонного сгустка и электрический заряд q связаны условием $3r_0^2 = 4\pi g^2 q^4$. К сожалению, найденное Г. Ми решение оказалось неустойчивым, и для его стабилизации в дальнейшем пришлось использовать в качестве источника другие поля помимо электромагнитного (в частности 8-спиноры).

Появление указанных работ Г. Ми подвигло Эйнштейна на создание общей теории относительности. Он также рассматривал частицы как сгустки (*bunched fields*) некоторого *фундаментального поля* (геометрического происхождения), *связанного с гравитацией* [14; 15]. Именно эта идея Эйнштейна, как мы надеемся, сыграет ключевую роль при возможном объединении квантовой и общерелятивистской теорий.

Как известно, Эйнштейн полагал, что квантовая механика не является полной законченной теорией и её содержание сводится лишь к дополнительным ограничениям – *правилам квантования*. Он надеялся, что в последовательной нелинейной полевой теории протяженных частиц, в основе которой и лежит теория гравитационного поля, подобные ограничения возникнут сами собой. Таким образом, он считал, что квантовая механика будет следствием будущей полевой теории материи. Близкую позицию занимал также де Бройль [16] и многие другие известные физики.

Вернемся, однако, в 1933 год, когда вышла очередная статья Г. Ми, посвященная *геометрии 8-спиноров* [17]. По мысли Г. Ми, именно 8-спиноры должны быть тем фундаментальным полем, из которого строятся частицы как сгустки, описываемые регулярными решениями уравнений поля. Впоследствии такие решения получили название *частицеподобных* (*particle-like*) или

солитонных (по аналогии с гидродинамикой, где подобные решения уже давно были известны как одиночные волны «solitary waves»).

Выбор 8-спиноров, как вскоре выяснилось, был вовсе не случайным и обусловлен *требованием устойчивости*. Чтобы обеспечить устойчивость трехмерных частиц – солитонов, пришлось наделить их необычными топологическими характеристиками – *топологическими инвариантами*, или зарядами.

Именно такие инварианты можно построить из 8-спиноров, если исходить из тождества, открытого итальянским геометром Ф. Бриоски [18], который изучал 8-мерное пространство и применил для его описания комплексные проективные координаты, оказавшиеся 8-спинорами. Точнее, в 8-мерном пространстве фундаментальный спинор («корень квадратный из вектора») является 16-мерным, но Ф. Бриоски использовал полуспиноры, для которых вывел замечательное тождество (*тождество Бриоски*):

$$j_{\mu}j^{\mu} - \tilde{j}_{\mu}\tilde{j}^{\mu} = s^2 + p^2 + \vec{v}^2 + \vec{a}^2, \quad (2)$$

где использованы известные билинейные конструкции из 8-спиноров ψ , и в частности 4-ток Дирака $j_{\mu} = \bar{\psi} \gamma_{\mu} \psi$.

С помощью 8-спиноров можно построить трёхмерные солитонные конфигурации [19], наделенные топологическими зарядами Q двух типов: либо *степенью отображения*, либо *индексом Хопфа*. Обычно топологические инварианты связываются с отображениями различных многомерных сфер S^n . При этом степень отображения $Q = \text{deg}(S^3 \rightarrow S^3)$ интерпретируется как *барионное число* B , впервые введенное английским физиком-ядерщиком Тони Скиммом [20], который построил нелинейную полевую модель, рассматривающую нуклоны как *топологические солитоны*.

Близкую идею, но уже для описания *лептонов* как топологических солитонов, наделенных другим специальным топологическим инвариантом – *индексом Хопфа*, связанным с отображением $S^3 \rightarrow S^2$ и интерпретируемым как *лептонное число* L , высказал Л.Д. Фаддеев [21]. Топологические инварианты, связанные с барионным и лептонным числами, характеризуют, таким образом, отображения $S^3 \rightarrow S^3$ и $S^3 \rightarrow S^2$. Для их построения в рамках спинорной полевой модели заметим, что исходное трехмерное многообразие S^3 (область задания отображения) соответствует компактификации трехмерного координатного пространства:

$R^3 \cup \{\infty\} = S^3$, а целевые многообразия S^3 и S^2 относятся к 8-спинорам и отвечают выбору соответствующей билинейной комбинации в правой части тождества Бриоски (2). Например, можно рассмотреть следующие реализации этих многообразий, отвечающие соответственно моделям Скимма и Фаддеева: $S^3 = \{s^2 + \vec{a}^2 = \text{const}\}$, $S^2 = \{\vec{v}^2 = \text{const}\}$.

Выбор указанных многообразий может быть осуществлен, если привлечь популярный в физике частиц *принцип спонтанного нарушения симметрии*, когда симметрия лагранжиана оказывается более широкой, чем сим-

метрия основного состояния системы. Например, этот принцип реализуется, если включить в лагранжиан модели *потенциал Хиггса* специального вида:

$$V = \frac{\sigma^2}{8} (j_\mu j^\mu - \kappa_0^2)^2, \quad (3)$$

где κ_0 – универсальная постоянная, определяющая вакуумное состояние ψ_0 системы, а σ^2 – некоторый инвариант, который может содержать информацию о гравитационном поле (например, тензор кривизны Римана). При этом на пространственной бесконечности, если исходить из требования конечности энергии системы, должно выполняться естественное граничное условие $\lim_{|\vec{x}| \rightarrow \infty} j_\mu j^\mu = \kappa_0^2$, при конкретной реализации которого и выбирается соответствующее многообразие S^3 или S^2 , отвечающее либо барионному, либо лептонному сектору.

Как было показано в работах Скирма и Фаддеева, при подходящем выборе полевых моделей энергия системы оказывается ограниченной снизу некоторой монотонно растущей функцией от топологических зарядов, что и обеспечивает устойчивость солитонных топологических конфигураций в смысле А.М. Ляпунова. Таким образом, предвидение Г. Ми о фундаментальной роли 8-спиноров в полевой теории материи оказалось верным.

Обратим теперь внимание на роль гравитационного поля в построении нелинейных полевых моделей частиц – солитонов. Заметим, что масса M солитонной конфигурации должна определяться поведением спинорного поля в асимптотической области $|\vec{x}| \rightarrow \infty$. В самом деле, если рассмотреть слабое возмущение ξ вакуумного состояния, положив $\psi = \psi_0 + \xi$, то поле ξ оказывается решением линеаризованных уравнений поля, и в частности уравнения Клейна–Гордона $\xi = m^2 \xi$, $m = Mc/\hbar$. Здесь предполагается, что лагранжиан, кроме потенциала Хиггса (3), содержит также и сигма-модельный член:

$$L_0 = \frac{1}{2\lambda^2} \overline{\nabla_\mu \psi} \gamma^\nu j_\nu \nabla^\mu \psi \equiv \frac{D}{2\lambda^2}, \quad (4)$$

явно задающий взаимодействие с гравитационным полем, где $\nabla_\mu = \partial_\mu - \Gamma_\mu$ – ковариантная производная спинора, $\overline{\nabla_\mu} = \partial_\mu - \Gamma_\mu$ – ковариантная производная спинора, λ – некоторая фундаментальная постоянная. При этом комптоновская длина волны \hbar/Mc будет отвечать массе реальной частицы – солитона, если выполняется условие $m = 2\sigma\lambda\kappa_0$. Это условие и в самом деле реализуется, если подобрать особую структуру скаляра σ^2 в потенциале Хиггса (3):

$$\sigma^2 = -\frac{16D^3 c^6}{\lambda^2 G^2 K^2 \hbar^2 \kappa_0^8}, \quad (5)$$

где G – гравитационная постоянная Ньютона, K – инвариант Кречманна:

$$K = \frac{1}{48} R_{\mu\nu\sigma\lambda} R^{\mu\nu\sigma\lambda}, \quad (6)$$

выражаемый через тензор кривизны Римана.

Отметим, что указанное выше согласование комптоновской длины волны и массы солитонной конфигурации вытекает из (5) и (6), если учесть, что для островных систем асимптотическое поведение метрики определяется решением Шварцшильда уравнений гравитационного поля Эйнштейна. Действительно, применяя метрику Шварцшильда, найдем для $r = |\vec{x}| \rightarrow \infty$:

$$D = -\frac{r_g^2}{4r^4} \kappa_0^2, \quad K = \frac{r_g^2}{r^6}, \quad r_g = \frac{GM}{c^2}.$$

Как видно, выполнение этих соотношений эквивалентно справедливости квантовых уравнений Планка – де Бройля: $E = \hbar\omega$, $\vec{p} = \hbar\vec{k}$, то есть стандартным волновым свойствам квантовой частицы. При этом волновая функция частицы строится, если известно солитонное решение, имеющее заданную асимптотику ξ . Например, можно использовать очень удобное *стохастическое представление волновой функции*, описанное в работах [19; 22; 23]. В этом случае волновая функция строится как суперпозиция солитонных решений со случайными фазами. Можно показать, что в предельном случае, когда неточность измерения координаты значительно превышает размер частицы – солитона, выполняется правило М. Борна о представлении средних значений в виде эрмитовых квадратичных форм в гильбертовом пространстве, то есть *подтверждаются основные принципы квантовой механики*.

Следует также подчеркнуть, что в рамках предложенной солитонной концепции естественно объясняется и вероятностная интерпретация волновой функции [22], поскольку протяженная частица – солитон подвержена самым разнообразным случайным воздействиям. Поэтому описание движения частиц – солитонов как протяженных объектов неизбежно должно быть *статистическим*. Как известно, именно эту точку зрения защищал Эйнштейн во время своей дискуссии с Бором по интерпретации квантовой механики [24; 25].

Заключение

В предлагаемом подходе, опирающемся на полевую парадигму Ми–Эйнштейна, собственное гравитационное поле частицы – солитона (как и предполагал Эйнштейн) определяет волновые, то есть квантовые свойства частицы. При этом гравитационное поле подчиняется некоторым нелинейным уравнениям, которые только на больших расстояниях от центра частицы – солитона совпадают с уравнениями Эйнштейна. Таким образом, в специальной процедуре «квантования» гравитационного поля в рамках данного подхода нет никакой необходимости, так как обобщенная теория поля с учетом

гра-витаии сама объясняет квантовые свойства материи, а соответствующие фундаментальные постоянные G , \hbar , c изначально входят в лагранжиан, как это можно видеть из формулы (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бронштейн М.П.* Квантование гравитационных волн // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 433–445.
2. *Gupta S.* Quantization of the Gravitational Field. General Theory // Proc. Phys. Soc. 1952. Vol. A65. P. 608–619.
3. *DeWitt B.S.* Quantum Theory of Gravity. II. The Manifestly Covariant Theory. III. Applications of the Covariant Theory // Phys. Rev. 1967. Vol. 162. P. 1195–1233, 1239–1256.
4. *Dirac P.A.M.* Theory of Gravity in Hamiltonian Form // Proc. Roy. Soc. 1958. Vol. A246. P. 333–343.
5. *Швингер Ю.* Квантованное гравитационное поле // Гравитация и топология. Актуальные проблемы / под ред. Д. Иваненко. М.: Мир, 1966. С. 67–83.
6. *Де Витт Б.С.* Квантовая гравитация: новый синтез // Общая теория относительности / под ред. С. Хокинга и В. Израэля. М.: Мир, 1983. С. 296–362.
7. *Хокинг С.* Интегралы по траекториям в приложении к квантовой гравитации // Общая теория относительности / под ред. С. Хокинга и В. Израэля. М.: Мир, 1983. С. 363–406.
8. *Вейнберг С.* Ультрафиолетовые расходимости в квантовых теориях гравитации // Общая теория относительности / под ред. С. Хокинга и В. Израэля. М.: Мир, 1983. С. 407–455.
9. *Владимиров Ю.С.* К вопросу о построении квантовой теории гравитации // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965. С. 137–144.
10. *Андерсен Дж.* Квантование общей теории относительности // Гравитация и относительность / под ред. Х. Цзю и В. Гоффмана. М.: Мир, 1965. С. 435–467.
11. *Тредер Х.-Ю.* Проблема физического смысла квантования гравитационных полей // Астрофизика, кванты и теория относительности / под ред. академика АН БССР Ф.И. Федорова. М.: Мир, 1982. С. 469–497.
12. *Уолд Р.М.* Общая теория относительности. Гл. 14. М.: РУДН, 2008. 694 с.
13. *Mie G.* Grundlagen einer Theorie der Materie // Ann. d. Physik. 1912. B. 39. Heft 1. S. 1–40.
14. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 719–731.
15. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 167–169.
16. *De Broglie L.* La Thermodynamique de la particule isolée (ou Thermodynamique cachée des particules). Paris: Gauthier-Villars, 1964.
17. *Mie G.* Die Geometrie der Spinoren // Ann. d. Physik. 1933. B. 17. Heft 5. S. 465–500.
18. *Картан Э.* Теория спиноров. Волгоград: Платон, 1997. 223 с.
19. *Rybakov Yu.P.* Topological Solitons in the Skyrme – Faddeev Spinor Model and Quantum Mechanics // Gravitation and Cosmology. 2016. Vol. 22. No. 2. P. 179–186.
20. *Skyrme T.H.R.* A Unified Field Theory of Mesons and Baryons // Nucl. Phys. 1962. Vol. 31. No. 4. P. 556–569.
21. *Фаддеев Л.Д.* Калибровочно-инвариантная модель электромагнитного и слабого взаимодействия лептонов // Докл. АН СССР. 1973. Т. 210. № 4. С. 807–810.
22. *Рыбаков Ю.П.* Солитоны и квантовая механика // Динамика сложных систем. 2009. № 4. Т. 3. С. 3–15.
23. *Rybakov Yu.P.* On the Causal Interpretation of Quantum Mechanics // Found. Phys. 1974. Vol. 4. No. 2. P. 149–161.

24. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961.
25. Рыбаков Ю.П. Проблема скрытых параметров в квантовой механике // Квантовая механика. Новые формулировки и приложения. М.: Изд-во МГОУ, 2009. С. 4–52.

PROBLEM OF QUANTIZING OF THE GRAVITATIONAL FIELD AND THE MIE–EINSTEIN FIELD PARADIGM

Yu.P. Rybakov

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

We discuss the problem of quantizing the gravitational field both in the frame of the standard Heisenberg – Dirac approach and also on the basis of the field paradigm by Mie – Einstein. We outline the difficulties of the standard approach and show that within the scope of the field paradigm even the necessity of quantizing the gravitational field does not arise since the particles are considered as bunched fundamental fields, with the gravitational field being included.

Keywords: quantum gravity, field paradigm, fundamental fields, solitons, extended particles.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МИРОПОНИМАНИЕ

АКСИОМА ОТДЕЛИМОСТИ ХАУСДОРФА И СПОНТАННОЕ НАРУШЕНИЕ МАСШТАБНОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ

Б.Н. Фролов

*Московский педагогический государственный университет,
кафедра теоретической физики*

Обсуждаются следствия гипотезы о том, что Большой взрыв произошел вследствие спонтанного топологического перехода от нехаусдорфова пространства к хаусдорфову пространству-времени, при котором происходит нарушение точной масштабной инвариантности Вселенной, возникают единица длины и массы покоя первичных планкеев. Носитель нехаусдорфова пространства обозначен как Мировое сознание и связан согласно трактовке квантовой механики Эверетта–Менского с квантовой реальностью. Мировое сознание является действующим активным началом во Вселенной, воспринимающим весь квантовый мир в целом и делающим непрерывный выбор среди множества квантовых эвереттовских альтернатив, что обеспечивает существование и эволюцию Вселенной.

Ключевые слова: группа Пуанкаре–Вейля, скалярное поле Дирака, аксиома отделимости Хаусдорфа, спонтанный топологический переход с нарушением масштабной инвариантности, трактовка квантовой механики Эверетта–Менского.

В докладе на первой конференции по фундаментальным вопросам физики [1] была поставлена на обсуждение гипотеза о том, что на сверхраннем этапе своего существования Вселенная была масштабно инвариантной.

Предположение о приближенной масштабной инвариантности ранней Вселенной было высказано Я.Б. Зельдовичем [2] (а также Э. Харрисоном [3])

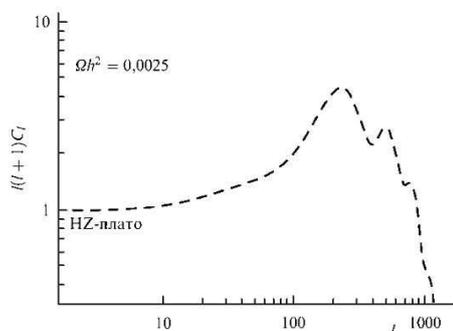


Рис. 1.

и положено в основу расчета начальной части спектра первичных флуктуаций плотности материи в ранней Вселенной (плато Харрисона–Зельдовича). Флуктуации плотности материи в соответствии с предсказанием стандартной модели определяют спектр анизотропии реликтового излучения. Результаты теоретических расчетов (см. [4]) приведены на рис. 1.

Спектр анизотропии яркости реликтового излучения был получен в эксперименте COBE (Нобелевская премия по физике 2006 года) и WMAP (см. [4]) и изображен на рис. 2.

На этом рисунке сплошная линия соответствует теоретической модели, точки – наблюдательным данным. Виден выход на плато Харрисона–Зельдовича со стороны малых l .

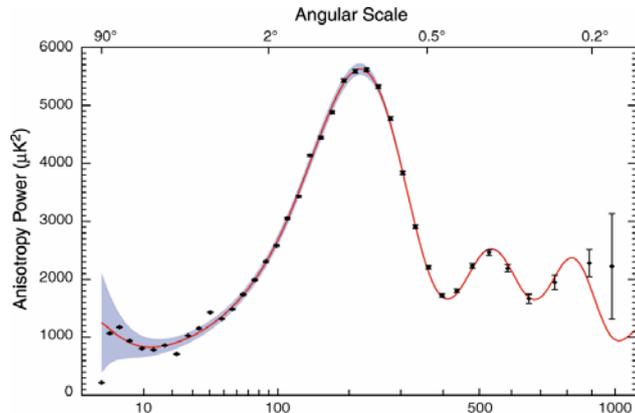


Рис. 2

Так как предполагается, что при Большом взрыве высвобождалась огромная энергия, то гипотеза о приближенной масштабной инвариантности ранней Вселенной становится очевидной, если учесть предсказанное в 1968 году Бьёркиным [5] явление приближенной масштабной инвариантности при взаимодействии элементарных частиц при больших энергиях (Нобелевская премия по физике 1990 года). Гипотеза бьёркиновского скейлинга была необходима для объяснения новых для того времени представлений о внутренней структуре адронной материи (партоны, кварки, глюоны).

Начиная с 2005 года мы в нашей научной группе в МПГУ [6–17] развиваем следствия гипотезы о том, что во время Большого взрыва и короткое время после него *Вселенная обладала свойством приближенной масштабной инвариантности*, а до Большого взрыва *масштабная инвариантность реализовывалась как точная симметрия*.

При этом группой симметрий на сверхраннем этапе эволюции Вселенной является *не группа Пуанкаре, а группа Пуанкаре–Вейля* [6–8], которая дополняет преобразования группы Пуанкаре преобразованиями сжатия и растяжения (дилатациями) пространства-времени. Инвариантность относительно таких преобразований математически эквивалентна требованию масштабной инвариантности, то есть требованию инвариантности относительно выбора единицы длины, что было высказано Г. Вейлем в 1918 году [18].

Калибровочная теория группы Пуанкаре–Вейля развита в работах [6–8]. Как следствие этой теории математической структурой пространства-времени является не структура пространства Римана (как в ОТО), а структура построманова пространства Картана–Вейля с кривизной, кручением и неметричностью вейлевского типа (определяемой только дилатационным полем в виде ковектора Вейля). В этом случае понятие гравитационного поля существенно расширяется и наряду с метрическим тензором включает в себя также дополнительное фундаментальное скалярное поле (скалярное поле Дирака [19]). При этом ковектор Вейля определяется градиентом поля Дирака, то есть реализуется вариант интегрируемой геометрии Вейля. В касательном пространстве теории метрика оказывается пропорциональной метрике Минковского

с коэффициентом пропорциональности, определяемым скалярным полем Дирака. Предлагаемую калибровочную теорию гравитационного поля уместно назвать теорией гравитации Пуанкаре–Вейля–Дирака.

В космологии нами была сформулирована гипотеза, что темная энергия эффективно определяется значением скалярного поля Дирака $\beta(t)$, что приводит к переменности «космологической постоянной». Найдено решение динамики метрического гравитационного поля и скалярного поля Дирака в сверххранной Вселенной [9–13], в котором «космологическая постоянная» резко экспоненциально убывает на 120 порядков своей величины от огромного значения в начале инфляции к современному малому ее значению (рис. 3, где $f(t) = \beta(t)$). Это дает путь к решению проблемы космологической постоянной, представляющей собой одну из важных проблем современной фундаментальной физики [20; 21].

В сферически-симметричном случае найдено решение [11, 14–16], метрика которого оказывается конформной известной метрике Илмаза–Розена [22, 23], не содержащей сингулярности на гравитационном радиусе, что приводит к необходимости пересмотра проблемы существования черных дыр с границей на радиусе Шварцшильда [11].

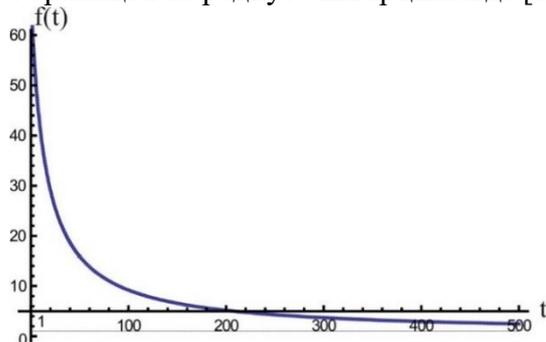


Рис. 3

Нами была высказана гипотеза, что скалярное поле Дирака также представляет собой основную компоненту темной материи в галактиках. Найденное аксиально-симметричное решение теории [17] оказалось возможным применить к объяснению особенностей ротационных кривых спиральных галактик, обусловленных существованием темной материи внутри галактик.

Требование точной масштабной инвариантности до Большого взрыва реализуется согласно Вейлю как отсутствие единицы длины и возможности измерения расстояний. Это обстоятельство накладывает существенные ограничения на стандартное понимание свойств пространства-времени, так как в этом случае не существует различия в понятиях «далеко» и «близко». Поэтому при точной масштабной инвариантности вообще не существует понятия расстояния, отсутствуют размеры у пространственных образований и длительность между событиями.

При спонтанном нарушении масштабной инвариантности возникают массы покоя элементарных частиц (возможно, первичных планкеонов), что имеет своим следствием появление единицы длины и возможность измерения расстояний. Тем самым фактически осуществляется топологический переход от топологического пространства без расстояний к многообразию, в котором определено понятие расстояния.

Отсутствие расстояний в топологии может быть следствием нарушения знаменитой аксиомы отделимости Хаусдорфа [24], которая означает следующее:

Можно выбрать такие окрестности двух различных точек топологического пространства, что их пересечение будет пустым множеством.

Очевидно, что если расстояния существуют, то данная аксиома выполняется. И наоборот, в нехаусдорфовых топологических пространствах невозможно ввести понятия расстояния. Все точки такого пространства оказываются одинаково близкими друг другу.

В основе предлагаемой концепции лежит гипотеза о том, что *спонтанное нарушение масштабной инвариантности является следствием спонтанного топологического перехода от нехаусдорфова топологического пространства к хаусдорфову пространству-времени.*

Можно предположить, что в глубинах мировой субстанции наше четырехмерное (а может быть, многомерное) пространство нехаусдорфово и что Большой взрыв реализует в виде известного нам пространства-времени только часть первичной субстанции, оставляя остальную ее часть в нехаусдорфовом состоянии.

В топологическом пространстве, в котором нет расстояний и размеров, активности в нашем понимании в виде пространственно-временной причинности быть не может. Но не следует думать, что оставшаяся нехаусдорфова часть оказывается чем-то застывшим. Активность в ней может проявляться в виде логических смысловых и математических взаимосвязей. Субстрат (носитель) этой активности может быть назван различными терминами. В философии объективного идеализма Гегеля употреблен термин «Абсолютный дух». Верующие люди могут использовать термин «Бог». В связи с последующими рассуждениями мы будем использовать термин «Мировое сознание». Но надо понимать, что *все эти термины эквивалентны.*

Обратимся теперь к идеям, высказанным М.Б. Менским [25; 26] о роли сознания в выборе квантовых альтернатив, возникающих, если принять предложенную им расширенную многомировую интерпретацию квантовой механики Эверетта. Основным объектом критики Эверетта стандартной копенгагенской интерпретации квантовой механики является *постулат редукции* фон Неймана, который означает, что при измерении происходит редукция волновой функции, в процессе которой из множества квантовых альтернатив, возникающих как результат измерения, реализуется только одна альтернатива. Критика этого постулата основана на том, что он противоречит структуре квантовой механики, так как нарушает ее линейность.

Линейность квантовой механики имеет следствием, что множество альтернатив, суперпозиция которых характеризует (со своими вероятностями) состояние квантово-механической системы до измерения, должно перейти по определенным квантовым законам в суперпозицию альтернатив с вероятностями, определяемыми свойствами измеряемой величины. М.Б. Менский утверждает, что *«сознание в целом разделяется между альтернативами, но*

индивидуальное сознание (наблюдателя) субъективно осуществляет выбор (селекцию) одной альтернативы». Он понимает «сознание расширительно, как нечто, способное охватить весь квантовый мир» [25].

Каждую из эвереттовских альтернатив можно условно обозначить как отдельный классический мир со своими специфическими свойствами. Тем не менее, совокупность возникших после измерения альтернатив неправильно понимать как множество существующих одновременно классических миров, что является часто встречающейся в литературе неправильной вульгаризацией концепции Эверетта. Каждый из этих классических миров не существует реально, а только отражает виртуальную возможность осмысления как реальность, что осуществляется Мировым сознанием. При этом классические свойства воспринимаемого мира являются иллюзией сознания, воспринимающего этот мир.

Слабым местом концепции М.Б. Менского, по нашему мнению, является привязка к индивидуальному сознанию наблюдателя. Здесь сказываются остатки влияния копенгагенской интерпретации и отдается дань физическому позитивизму. Нетрудно составить модель эксперимента с двумя возможными альтернативами, при котором различные выборы альтернатив приводят к различным последствиям, вплоть до разрушения (или неразрушения) устройства, производящего наблюдение. По нашему мнению, выбор альтернативы производит Мировое сознание даже при отсутствии наблюдателя с его индивидуальным сознанием, что переводит проблему из области субъективного идеализма в область объективного идеализма.

Применим теперь выводы концепции Эверетта–Менского к обсуждаемым проблемам. Можно предположить, что носителем квантовых свойств являются как раз элементы обсуждаемого ранее нехаусдорфова топологического пространства, которым приписаны свойства Мирового сознания. Тогда рассмотрим, что произойдет при топологическом переходе от нехаусдорфова топологического пространства к хаусдорфову пространству-времени, при котором будет нарушена точная масштабная инвариантность, возникнут единица длины, массы покоя первичных планкеев, размеры и формы пространственных образований. При этом на короткое время (время инфляции) вследствие огромной энергии Большого взрыва масштабная инвариантность реализуется как приближенная симметрия.

Восприятие Мировым сознанием этих явлений можно обозначить как первое наблюдение в нашем мире, при котором возникает альтернатива возможных классических миров. Мировое сознание выбирает из них одну альтернативу, а именно тот мир, в котором квантовые константы и массы элементарных частиц имеют именно те значения, при которых оказывается возможным возникновение индивидуального сознания человека, то есть именно та Вселенная, в которой мы существуем.

При этом, в отличие от модных в наше время рассуждений о бесконечном множестве реально существующих вселенных со свойствами, отличными от свойств нашей Вселенной, в предлагаемой концепции оказывается реально

существующей только одна Вселенная, а остальные представляют собой эвереттовские альтернативы, существующие только виртуально. Тем самым получается *решение проблемы сильного антропного принципа*.

Предлагаемая концепция представляет собой некий симбиоз идей классической философии с ее уклоном в сторону объективного идеализма и вполне материалистических идей современной космологии. Фактически, с одной стороны, возникает вопрос об онтологическом статусе у мира идей Платона, о его в определенном смысле реальном существовании, об эволюции Абсолютного духа Гегеля как объяснения всего Мироздания.

С другой стороны, после первого выбора эвереттовской альтернативы по вполне материалистическим законам разворачивается эволюция Вселенной, в которой существует человек с его индивидуальным сознанием. Но при этом в отличие от Аристотеля, который предполагал, что Бог дает только первый толчок Мирозданию, функционирующему затем по своим внутренним законам, в предлагаемой концепции Мировое сознание является постоянно действующим активным началом, воспринимающим весь квантовый мир в целом и делающим непрерывный выбор среди множества квантовых эвереттовских альтернатив, что обеспечивает существование и эволюцию Вселенной.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фролов Б.Н.* Группа Пуанкаре-Вейля и теория гравитации Вейля-Дирака // *Метафизика*. 2017. № 4 (26). С. 75–79.
2. *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. М.: МГУ, 1988. 199 с.
3. *Harrison Edward R.* *Cosmology. The Science of the Universe*. Second edition. UK, Cambridge, University Press, 2000. – 567 p.
4. *Сажин М.Ф.* Анизотропия и поляризация реликтового излучения. Последние данные // *Успехи физич. наук*. 2004. Т. 174. № 2. С. 197–205.
5. *Bjorken J.D., Paschos E.* Inelastic Electron-Proton and γ -Proton Scattering and the Structure of the Nucleon // *Phys. Rev.* 1969. V. 185. P. 1975–1982.
6. *Babourova O.V., Frolov B.N., Zhukovsky V.Ch.* Gauge field theory for the Poincaré–Weyl group // *Phys. Rev. D*. 2006. V. 74. P. 064012–1–12 (gr-qc/0508088, 2005).
7. *Бабурова О.В., Жуковский В.Ч., Фролов Б.Н.* Модель пространства Вейля–Картана на основе калибровочного принципа // *Теоретич. матем. физ.* 2008. Т. 157. №1. С. 64–78.
8. *Babourova O.V., Frolov B.N., Zhukovsky V.Ch.* Theory of Gravitation on the Basis of the Poincaré–Weyl Gauge Group // *Gravit. Cosmol. (Гравитация и космология)*. 2009. V. 15. No. 1. P. 13–15.
9. *Бабурова О.В., Фролов Б.Н.* Математические основы современной теории гравитации. – М.: МПГУ, Прометей, 2012. 128 с.
10. *Babourova O.V., Frolov B.N., Lipkin K.N.* Gravitation theory with a Dirac scalar field in the exterior form formalism and the cosmological constant problem // *Gravit. Cosmol. (Гравитация и космология)*. 2012. V. 18. N 4. P. 225–231.
11. *Babourova O.V., Frolov B.N.* Consequences of the existence of the Deser–Dirac scalar field in Nature: dark energy and the black holes problems // *Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Moscow, 1–4 July 2013 / ed. by M. C. Duffy*,

- V. O. Gladyshev, A. N. Morozov, V. Pustovoit, P. Rowlands. Moscow: BMSTU, 2013. 470 p. P. 11–21.
12. Babourova O.V., Frolov B.N. Dark energy as a cosmological consequence of existence of the Dirac scalar field. 2014. 8 pp. URL: ArXiv:1410.1849 [gr-qc].
 13. Babourova O.V., Frolov B.N. Dark Energy as a Cosmological Consequence of Existence of the Dirac ScalarField in Nature // Physics Research International. 2015. V. Article ID 952181. P. 952181–952186.
 14. Бабурова О.В., Фролов Б.Н., Фебрес Е.В. Сферически симметричное решение теории гравитации со скалярным полем Дирака в пространстве Картана–Вейля // Известия вузов. Физика. 2014. Т. 57. № 9. С. 131–132.
 15. Babourova O.V., Frolov B.N., Kudlaev P.E., Romanova E.V. Spherically symmetric solution of the Weyl–Dirac theory of gravitation and possible influence of dark matter on the interplanetary spacecraft motion. 2016. 9 p. URL: ArXiv: 1708084 [gr-qc].
 16. Babourova O.V., Frolov B.N., Kudlaev P.E., Romanova E.V. Spherically symmetric solution of the Weyl–Dirac theory of gravitation and its consequences // Вестник РУДН. Сер.: Математика. Информатика. Физика. 2016. N. 4. P. 44–52.
 17. Babourova O.V., Frolov B.N., Kudlaev P.E. Axially Symmetric Solution of the Weyl-Dirac Theory of Gravitation and the Problem of Rotation Curves of Galaxies // Gravit. Cosmol. (Гравитацияикосмология). 2018. V. 24, Iss. 2. P. 118–121.
 18. Вейль Г. Пространство, время, материя. Лекции по общей теории относительности. М.: «Янус», 1996. 472 с.
 19. Dirac P.A.M. Long range forces and broken symmetries // Proc. Roy. Soc. A. 1973. V. 333. P. 403–418.
 20. Weinberg S. The Cosmological Constant Problem // Revs. Mod. Phys. 1989. V. 61. No 1. P. 1–23.
 21. Li M., Li X.-D., Wang S., Wang Y. Dark Energy // Commun. Theor. Phys. 2011. V. 56. P. 525–560. URL: arXiv:astro-ph/1103.5870.
 22. Yilmaz H. New approach to general relativity // Phys. Rev. 1958. V. 111. P. 1417–1420.
 23. Rosen N. A bi-metric theory of gravitation // Gen. Rel. Grav. J. 1973. V. 4. P. 435–447.
 24. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. 2-е изд., стереотипное. М.: Лань, 2010. 368 с.
 25. Менский М.Б. Концепция сознания в контексте квантовой механики // Успехи физич. наук. 2005. Т. 175. № 4. С. 413–435.
 26. Менский М.Б. Сознание и квантовая механика // Жизнь в параллельных мирах. Чудеса сознания – из квантовой реальности / авторизованный пер. с англ. В.М. Ваксмана. Фрязино: Век 2, 2011. 320 с.

HAUSDORFF SEPARABILITY AXIOM AND SPONTANEOUS VIOLATION OF SCALE INVARIANCE

B.N. Frolov

*Moscow State Pedagogical University,
Department of Theoretical Physics*

The consequences of the hypothesis that the Big Bang occurred as a result of a spontaneous topological transition from non-Hausdorff space to Hausdorff space-time, which violates the exact scale invariance of the Universe, are discussed, a unit of length and rest mass of primary planckons occurs. The carrier of a non-Hausdorff space is designated as World consciousness and is connected according to the interpretation of quantum mechanics of Everett–Mensky with quantum reality. The world consciousness is an active principle in the Universe, perceiving the entire quantum world as a whole and making a continuous choice among the many quantum Everett alternatives, which ensures the existence and evolution of the Universe.

Keywords: Poincaré–Weyl group, Dirac scalar field, Hausdorff separation axiom, spontaneous topological transition with violation of scale invariance, interpretation of Everett–Mensky quantum mechanics.

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОТСЧЕТА: ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Е.А. Губарев *

Фонд перспективных технологий и новаций

Излагаются основные положения теории относительности реальных систем отсчета. Дается краткий обзор двух дочерних направлений: геометрической теории сильных взаимодействий и электродинамики ориентируемой точки.

Ключевые слова: реальная система отсчета, относительность, ориентируемая точка, электродинамика, геометрическая теория, сильное взаимодействие.

Абстрактные системы отсчета специальной и общей теории относительности. Альбертом Эйнштейном в теорию относительности фактически были введены абстрактные системы отсчета, в общем случае не связанные с реальными телами. Проанализируем цитату из статьи А. Эйнштейна 1905 г. по специальной теории относительности [1, с. 13]:

«Пусть в “покоящемся” пространстве даны две координатные системы, каждая с тремя взаимно перпендикулярными осями, выходящими из одной точки. Пусть оси X обеих систем совпадают, а оси Y и Z – соответственно параллельны. Пусть каждая система снабжена масштабом и некоторым числом часов, и пусть оба масштаба и все часы в обеих системах в точности одинаковы.

Пусть теперь началу координат одной из этих систем (k) сообщается (постоянная) скорость v в направлении возрастающих значений x другой, покоящейся системы (K); эта скорость передается также координатным осям, а также соответствующим масштабам и часам».

Мы видим, что до определенного момента времени координатные системы K и k совпадали. А. Эйнштейн считал это условие необходимым для сравнения масштабов длин и синхронизации часов. В следующий момент времени координатная система k приобретает постоянную скорость v , которая ограничена только скоростью света. Приведенная цитата показывает, что теорию интересует только начальное и конечное состояния координатной системы k относительно покоящейся системы K . Промежуток времени, в течение которого система k ускорялась до скорости v , то есть *была временно неинерциальной*, теория отбрасывает, как бы «вырезая неинтересные кадры» из репортажа наблюдателя. Из декларированного в системе k реквизита («некоторого числа часов») следует, что время достижения этой системой скорости v не является бесконечно малым. Это есть ярчайший пример использования

* E-mail: e.gubarev.21@gmail.com

специальной теорией относительности абстрактных инерциальных систем отсчета, в общем случае не связанных с реальными телами.

В начале статьи 1916 года по общей теории относительности А. Эйнштейн формулирует [2, с. 456] программную цель теории: «*Законы физики должны быть составлены так, чтобы они были справедливы для произвольно движущихся координатных систем*». Мы видим, что А. Эйнштейн здесь не делает различий между понятиями «система координат» (координатная система в глобальной или локальной области пространства событий, которая может быть привязана к состоянию наблюдателя) и «система отсчета» (тело системы отсчета с набором измерительных приборов). Отметим, что произвольно движущаяся координатная система (система отсчета) А. Эйнштейна может быть только абстрактной, в противном случае, то есть в случае соединения ее с реальным телом, она лишится свойств произвольности движения. Таким образом, А. Эйнштейн ввел в аппарат общей теории относительности произвольные абстрактные координатные системы, априори не связанные с какими-либо телами и движение которых ничем не ограничено: «...не остается ничего другого, как признать все мыслимые координатные системы принципиально равноправными для описания природы» [2, с. 459].

Пространство событий ориентируемых точек. Для введения в теорию относительности аппарата ускоренных вращающихся систем отсчета, соединенных с реальными телами, то есть для построения *теории относительности реальных систем отсчета*, необходимо перейти к более общему пространству событий, чем пространство событий общей теории относительности (риманово пространство). Это связано с тем, что для описания ускоренной вращающейся системы отсчета, соединенной с реальным телом – *реальной системой отсчета*, требуется перейти к принципиально новому понятию *ориентируемой точки в четырехмерном пространстве*. Вследствие этого риманово пространство событий должно быть заменено на пространство событий ориентируемых точек, которое, в сравнении с римановым пространством, имеет дополнительную структуру, ответственную за описание ориентации ориентируемых точек в каждой точке пространства [3].

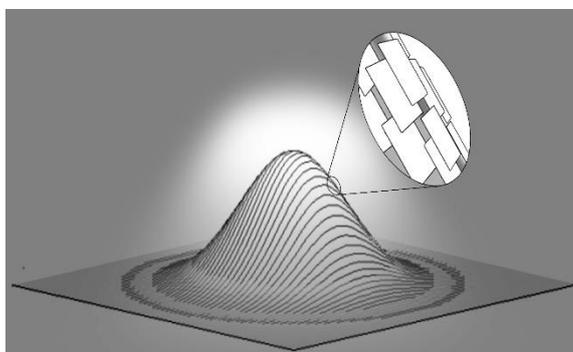


Рис. 1. Расслоенное пространство событий

Пространство событий ориентируемых точек является расслоенным пространством, где базой расслоения является риманово пространство, а касательное расслоение представляет собой совокупность псевдоевклидовых пространств, касательных в каждой точке к базе расслоения. Начало ориентируемой точки описывается голономными координатами базы (ct, x, y, z) , а четверка ортонормированных векторов, представляющих ориентируемую точку, образует координатный репер в соответствующем касательном пространстве, генерируя неголономные координаты в касательном расслоении. Тензор кривизны пространства событий, как полного комплекта касательного расслоения и базы расслоения, тождественно равен нулю, вследствие чего обладает свойством абсолютного параллелизма векторов [3].

Теория относительности реальных систем отсчета. Создана теория относительности реальных систем отсчета [4], которая основана на пространстве событий ориентируемых точек. Главным элементарным объектом в этой теории является ориентируемая точка, которая играет роль *реальной системы отсчета*. Реальная система отсчета позволяет описывать события в определенной окрестности точки наблюдения – начале реальной системы отсчета. В теории относительности реальных систем отсчета предлагаются более сложные соотношения между координатами событий в разных системах отсчета, чем в классической теории относительности. Эти соотношения захватывают глубинные динамические симметрии касательного расслоения, которых нет в классической теории относительности, при этом группа глобальных координатных преобразований базы расслоения T_4 (группа трансляций общей относительности) игнорируется:

$$dX^{i''}(O'') = h_{a''}^{i''}(O'') \Lambda_{a''}^{a'} h_{i'}^{a'}(O') dX^{i'}(O'). \quad (1)$$

Основную роль в законе преобразования координат событий между реальными системами отсчета $K'(O')$ и $K''(O'')$ играет относительная четырехмерная ориентация этих систем Λ , которая является динамическим (зависящим от времени) параметром. В этом качестве реальная относительность принципиально отличается от специальной относительности, где относительная четырехмерная ориентация идеальных инерциальных систем отсчета по определению постоянна. Отметим, что только некоторые авторы признали, что распространение формул специальной относительности на ускоренные движения требует дополнительного обоснования. Приведем мнение В.А. Фока: «Что касается обычной теории относительности, то она позволяет делать в общем виде (то есть не вникая в сущность происходящих процессов) только те заключения, которые относятся к *неускоренному* движению» [5. § 14].

Для более полного описания преобразования физических величин между реальными системами отсчета создан аппарат L -тензорного исчисления [4].

Получены принципиально новые уравнения движения пробной частицы в (неинерциальной) реальной системе отсчета [4]

$$m \frac{du^i}{ds} = F_{ext}^i + F_{inertia}^i, \quad (2)$$

где F_{ext}^i — сила со стороны внешнего геометризованного поля, являющаяся L -вектором (величиной, неуничтожимой преобразованиями (1) между реальными системами отсчета), $F_{inertia}^i$ — четырехмерная сила инерции, не являющаяся L -вектором, поэтому стремящаяся к нулю при приближении реальной системы отсчета к состоянию квазиинерциальной системы отсчета. Показано [4], что уравнения (2) удовлетворяют *принципу соответствия*, так как переходят в классические уравнения движения частицы в неинерциальной системе отсчета в нерелятивистском случае.

Показано [4], что в реальной относительности отсутствует «парадокс часов», который принципиально не может быть разрешен в рамках специальной относительности [1].

Первое дочернее направление – геометрическая теория ядерных сил. Неудачи мирового научного сообщества найти на фоне плоского пространства событий фундаментальные ядерные потенциалы для частиц, участвующих в сильном (ядерном) взаимодействии, косвенно подтверждают факт отсутствия квазиинерциальных реальных систем отсчета на расстояниях порядка 10^{-13} см от ядра (то есть в области действия ядерных сил). Становится понятна тщетность попыток построения фундаментальной теории ядерных сил, основные уравнения которой были бы инвариантны относительно преобразований специальной относительности. Условия вывода правильных уравнений таковы: они должны быть инвариантны относительно преобразований реальной относительности (L -ковариантны).

Для целей построения геометрической теории ядерных сил получено [4] уравнение Клейна–Гордона–Фока, инвариантное относительно преобразований (1) между реальными системами отсчета (L -ковариантное уравнение Клейна–Гордона–Фока). Построена [6; 7] квантовая теория рассеяния заряженных частиц в электроядерном потенциале, эффективно представляемом геометрией Ньюмена–Унти–Тамбурино (НУТ). Хорошее соответствие экспериментальных и теоретических данных как для электронейтральных, так и для заряженных частиц (рис. 2), а также соблюдение зависимости $R_{NUT} \sim A^{1/3}$, где A – массовое число ядра, позволяют утверждать, что построенная теоретическая модель дает фундаментальное описание ядерного взаимодействия.

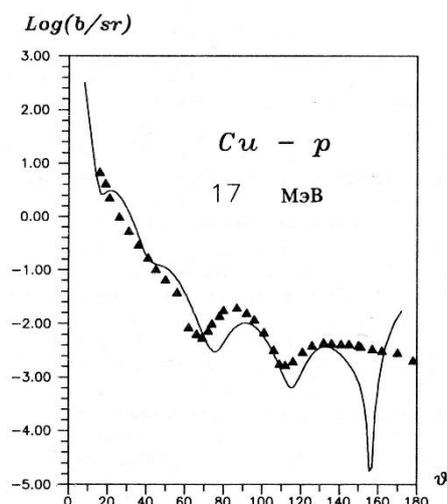


Рис. 2. Дифференциальное сечение рассеяния: экспериментальные точки – упругое рассеяние 17 МэВ протонов на ядрах меди; сплошная кривая – теоретический расчет при $mc^2 = 938,5$ МэВ, $T = 17$ МэВ, $R_{NUT} = 3,15 \times 10^{-15}$ см, $R_e = -8,9 \times 10^{-15}$ см

Второе дочернее направление – электродинамика ориентируемой точки. Следуя факту полного соответствия специальной относительности и классической электродинамики, можно утверждать, что в той мере, в которой в реальной ситуации нарушается инерциальное движение зарядов, должна нарушаться и точность применения уравнений классической электродинамики. Для реального неинерциального движения зарядов должна быть создана новая, более общая электродинамика. Проводя аналогию между «близнецами-братьями» – специальной относительностью и классической электродинамикой, новая электродинамика должна быть основана на принципе реальной относительности и соответствовать преобразованиям координат между реальными системами отсчета. Новая электродинамика, так же как и реальная относительность, должна использовать пространство событий ориентируемых точек. Поэтому новая электродинамика есть электродинамика ориентируемой точки [8–10] (рис. 3).

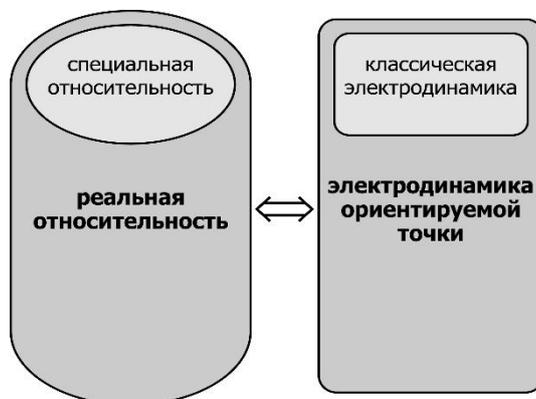


Рис. 3. Новая относительность – Новая электродинамика

Уравнения новой электродинамики в виде, инвариантном относительно преобразований реальной относительности (в L -ковариантном виде), формулируются единственным образом. Первая пара четырехмерных уравнений относительно локальных компонент L -ковариантного тензора электромагнитного поля в общем виде выглядит так:

$$\widetilde{\nabla}_c F_{ab} + \widetilde{\nabla}_b F_{ca} + \widetilde{\nabla}_a F_{bc} = 0, \quad (3)$$

где $\widetilde{\nabla}_c$ есть L -ковариантная производная в неголономных координатах слоя [4]

$$\widetilde{\nabla}_c Z_a = Z_{a,c} + T_{ac}^b Z_b, \quad \widetilde{\nabla}_c Z^a = Z^a_{,c} - T_{bc}^a Z^b, \quad (4)$$

где T_{bc}^a – коэффициенты вращения Риччи [3]. Вторая пара уравнений электродинамики ориентируемой точки и уравнение непрерывности составляют следующие соотношения:

$$\widetilde{\nabla}_b F^{ab} = -\frac{4\pi}{c} j^a, \quad \widetilde{\nabla}_a j^a = 0. \quad (5)$$

Электромагнитное поле электродинамики ориентируемой точки в специальном режиме генерации (далее: специальное ЭМ-поле) обозначает дополнительную (по сравнению с классическим электромагнитным полем) составляющую электромагнитного поля, обладающую специальными (то есть отличными от классических) свойствами.

В электродинамике ориентированной точки [8] рассмотрен случай генерации электромагнитных полей в специальном режиме, когда угловая скорость вращения заряда по круговой орбите значительно превышает частоту рассматриваемой электромагнитной волны. Так как частота вращения электронов в атомах на много порядков превосходит верхнюю частоту радиодиапазона, то в квазистатическом приближении можно рассматривать излученное ими электромагнитное поле как стоячую волну. В [8] показано, что такое поле обладает рядом специальных свойств, которые не свойственны классическим электромагнитным полям Максвелла–Лоренца. Отметим среди них:

- 1) свойство существования электромагнитной волны нулевой частоты в открытом пространстве;
- 2) свойство высокой проникающей способности в проводящих средах (свойство *сверхпроницаемости*).

Полученные теоретическим образом свойства специальных ЭМ-полей [8] позволяют отождествить их с экспериментально обнаруженными в России в 80-х годах XX века электроторсионными полями [11], имеющими электромагнитное происхождение. Это заключение было сделано исходя из успешного сравнения экспериментальных свойств электроторсионных полей с теоретически предсказанными электродинамикой ориентируемой точки свойствами специальных ЭМ-полей [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Эйнштейн А.* К электродинамике движущихся тел // Собрание научных трудов. Т. I. М.: Наука, 1965. С. 7–35.
2. *Эйнштейн А.* Основы общей теории относительности // Собрание научных трудов. Т. I. М.: Наука, 1965. С. 452–504.
3. *Шипов Г.И.* Теория физического вакуума. М.: фирма «НТ-Центр», 1993.
5. *Губарев Е.А.* Теория реальной относительности. М.: Новый Центр, 2009.
6. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. Изд. 3-е. М.: Изд-во ЛКИ, 2007.
7. *Губарев Е.А., Сидоров А.Н.* Вакуумная модель сильного взаимодействия. Новые результаты // Труды VI семинара «Гравитационная энергия и гравитационные волны». Дубна, 1994. С. 146–152.
8. *Губарев Е.А., Сидоров А.Н.* Рассеяние геодезических в геометрии НУТ. Геометрическая модель сильного взаимодействия. М.: Новый Центр, 2008.
9. *Губарев Е.А.* Электродинамика ориентируемой точки. М.: Новый Центр, 2013.
10. *Губарев Е.А.* Уравнения электродинамики, ковариантные относительно преобразований теории относительности реальных систем отсчета // Фридмановские чтения: тез. докл. междунар. науч. конф. / гл. ред. В.Ф. Панов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. С. 69.
11. *Gubarev E.A.* Electrodynamics of oriented point as a consequence of the real relativity principle // Proceedings of the Twelfth Asia-Pacific International Conference on Gravitation, Astrophysics, and Cosmology.- World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2016. P. 242–243.
12. *Акимов А.Е.* Эвристическое обсуждение проблемы поиска новых дальнодействий. EGS-концепции // Сознание и физический мир. Сборник статей. Вып. 1. М.: Изд-во Агентства «Яхтмен», 1995. – С. 36–84.
13. *Губарев Е.А.* Поля электродинамики ориентируемой точки в научном и прикладном аспекте // Торсионные поля и информационные взаимодействия – 2016: Материалы V Международной научно-практической конференции. Москва, 10–11 сентября 2016 г. М., 2016. С. 32–36.

RELATIVITY OF REAL REFERENCE FRAMES: THE THEORY AND THE IMPLEMENTATIONS

E.A. Gubarev

Fund of Perspective Technologies and Innovations

The main concepts of relativity theory of real reference frames are presented. The briefly review two resulting lines: the geometric theory of strong interaction and the electrodynamics of oriented point is given.

Keywords: real reference frame, relativity, orient point, electrodynamics, geometrical theory, strong interaction.

ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО

ЭВОЛЮЦИЯ ФИЗИКИ*

А. Пуанкаре



1.

В настоящее время существует уже довольно многочисленная публика, которая с известным знанием дела следит за развитием науки. Она видит, как чуть не каждый день переворачиваются вверх дном самые привычные взгляды, появляются изобретения, иногда совершенно непредвиденные и тем более сенсационные, что они отражаются и на общественной жизни. И публика склонна предполагать, что она живет в исключительную эпоху, то и дело потрясаемую глубокими кризисами, прославленную открытиями, изумительность которых превосходит все, что только было известно в прошлом. Очень часто приходится слышать, что в, частности, физика претерпела за последние годы настоящую революцию, что все основные начала ее заново переработаны, все здания, построенные нашими отцами, ниспровергнуты и что на расчищенном таким образом поле произросла жатва, затмившая своим богатством все, что приходилось видеть до сих пор в области науки.

* Введение и заключительная часть книги А. Пуанкаре «Эволюция современной физики». С.-Петербург: Издание товарищества «Знание», 1910 г. Редакция сочла возможным внести минимальную корректирующую правку с учетом современных требований русского языка.

Несомненно, что само производство опытов и всевозможных исследований, благодаря развитию лабораторий, становится все интенсивнее и плодотворнее; во всех странах количество исследователей возросло, причем не понизилось и их качество; было бы поистине парадоксом и в то же время величайшей несправедливостью оспаривать огромную важность новейших успехов, умалять славные заслуги современных физиков. Но вместе с тем следует, думается нам, остерегаться преувеличений, хотя бы и вполне объяснимых, остерегаться иллюзий, в которые здесь можно впасть. Приглядываясь ближе, мы видим, что в известные периоды истории наши предшественники могли бы столь же законно, как и мы, проникаться сознанием научной гордости и испытывать такое ощущение, будто мир готов явиться им совершенно преобразованным, в неизвестном дотоле виде.

Возьмем пример, который напрашивается сам собою, ибо, как бы ни казалось физика произвольным условное подразделение времени, – принято все же сравнивать различные эпохи по десятилетиям, отделенным одно от другого промежутком в столетие.

Перенесемся поэтому на сто лет назад и посмотрим, что должен был испытать образованный человек, читавший с достаточным пониманием дела главнейшие сочинения по физике между 1800 и 1810 годами.

В 1800 год он присутствует при открытии Вольтова столба. Это могло вселить в него предчувствие, что во взглядах на явления электричества должны совершиться изумительные перемены; воспитанный на идеях Кулона и Франклина, он мог воображать до того времени, что электричество выдало уже все свои тайны, как вдруг какой-то совершенно новый аппарат вызывает приложения первостепенного интереса и расцвет теорий огромной философской важности.

В трактатах по физике, появившихся несколько позже, мы находим следы глубокого изумления, вызванного этим внезапным открытием совершенно нового мира: «Изучение электричества, писал аббат Гаюи (Науу), обогащенное трудами стольких знаменитых физиков, дошло, казалось, до такого предела, когда не может уже быть заметного движения вперед, а будущим работникам в этой области остается лишь надежда подтверждать открытия предшественников и освещать уже добытые истины. Можно было думать, что все исследования, имевшие целью дальнейшую разработку результатов опыта, уже исчерпаны и что даже теория может развиваться, лишь повышая степень точности в применении уже известных принципов. И вот, когда наука, казалось, приближается уже к состоянию покоя, явление конвульсивных движений, подмеченных Гальвани в мускулах лягушки при соприкосновении их с металлами, привлекло к себе внимание и изумление физиков...

Вольта, живя в Италии – этой колыбели новых познаний, открыл основу действительного теоретического понимания их в одном факте, который сводит объяснение всех явлений к простому соприкосновению двух веществ различной природы; и этот факт превратился в его руках как бы в зародыш

изумительного прибора, занявшего благодаря своей плодотворности одно из первых мест среди всех аппаратов, которыми гений человека обогатил физику».

А через небольшой промежуток времени наш образованный любитель узнает, что Карлейль и Никольсон разложили воду при помощи этого прибора; он узнает затем, что благодаря этому же прибору Дэви сделал в 1803 году совершенно неожиданное открытие и, отправляясь от веществ землистого вида, о существовании которых давным давно знали, но истинная природа которых была совершенно неизвестна, сумел получить металлы, обладающие необыкновенными качествами.

Столь же поразительные сюрпризы ожидали нашего читателя и в другой области: начиная с 1802 года он мог читать замечательную серию мемуаров Юнга и увидеть на исследовании явлений дифракции, что теория волнообразных движений, казавшаяся со времени работ Ньютона бесповоротно осужденной, должна возродиться к новой жизни. Немного позже, в 1808 году, он присутствует при открытии поляризации через отражение, сделанном Малусом, и может констатировать, – несомненно с великим изумлением, – что при известных условиях луч света теряет способность отражаться.

Он услышит, кроме того, о некоем Румфорде, который высказывает крайне странные мысли о природе теплоты и полагает, что классические тогда для этой области воззрения могут легко оказаться ложными, что теплота существует во времени не только как жидкость, и даже доказывает в 1804 году, что трение производит теплоту. Несколько лет спустя наш читатель узнает, что Шарль открывает капитальной важности закон о расширении газов, что Пьер Прево производит (в 1809 году) полное оригинальных результатов исследование лучистой теплоты. В это же время он не преминет познакомиться с III и IV томами «Небесной механики» Лапласа, вышедшими в 1804 и 1805 годах, и придет, несомненно, к той мысли, что математика скоро позволит физике сделать огромные успехи в смысле развития точности.

Все эти результаты по своей важности могут быть поставлены в ряд с современными открытиями. Когда, благодаря совершенно новому методу, удалось изолировать такие металлы, как калий и натрий, это должно было вызвать такое же изумление, какое вызвало среди нас замечательное открытие радия; поляризация света, несомненно, столь же удивительное явление, как и существование X-лучей, а переворот, произведенный в натурфилософии теорией распада материи и понятиями об электронах, быть может, и не более значителен, чем переворот, вызванный в области науки о свете и теплоте работами таких ученых, как Юнг и Румфорд.

2.

Если отбросить моменты случайные, то мы увидим, что развитие физики идет скорее эволюционным, чем революционным, путем; ход его постоянен, новые данные, устанавливаемые с развитием теории, остаются,

связываются в общую цепь, тогда как сами теории эти оказываются уже давно исчезнувшими; из материалов старых зданий, уже разрушенных, постоянно сооружаются новые постройки.

Труды наших предшественников никогда не погибают целиком; идеи, появившиеся вчера, подготавливают идеи завтрашнего дня, содержат их, так сказать, в возможности. Наука – это, в некотором роде, живой организм, порождающий бесконечный ряд все новых существ, занимающих место прежних; и организм этот развивается в зависимости от природы окружающей его среды, приспособляясь к внешним условиям, залечивая раны, которые может нанести ему на каждом шагу соприкосновение с действительностью.

Иногда эта эволюция совершается быстро, иногда довольно медленно; она повинуетя обычным законам. Потребности, навязываемые средой, создают в области науки известные органы: стремление инженера улучшить средства сообщения или найти способы более яркого освещения; желание врача узнать, как действует то или иное лекарство; стремление физиолога понять механизм обмена веществ между клеткой и окружающей ее средой – все это создает новые главы в физике и вдохновляет на исследования, отвечающие насущным требованиям текущей жизни.

Различные части физики эволюционируют, впрочем, не одинаково быстро, потому что находятся не в одинаково благоприятных условиях. Иногда целый ряд задач оказывается как бы забытым; эти заброшенные вопросы, так сказать, живут замедленной жизнью, но потом какое-нибудь случайное обстоятельство внезапно пробуждает их, и они становятся предметом многочисленных работ, привлекают к себе сильнеешим образом общественное внимание, заполняют собой чуть не всю область науки.

Мы присутствовали совсем недавно при подобном зрелище. Открытие X-лучей было для физиков, без сомнения, лишь логическим завершением исследований, давно уже производившихся различными учеными в тиши лабораторий над предметом, в общем заброшенным. Для публики же это открытие было началом новой эры в истории физики. И если, собственно говоря, необыкновенное научное движение, вызванное сенсационным открытием Рентгена, восходит очень далеко по своему происхождению, то, с другой стороны, ему весьма благоприятствовал всеобщий интерес, вызванный поразительными применениями этого открытия к радиографии.

Счастливым случаем ускорил медленную эволюцию, и теории, давно уже намечившееся в самых общих чертах, начали удивительно быстро развиваться. Мы не желаем слишком многим жертвовать тому, что можно назвать капризом моды, но, ставя себе целью в настоящей книге очертить стадию, достигнутую наукой в ее непрерывном развитии, мы считаем необходимым дать первенствующее место вопросам, вызываемым изучением новых радиаций; в данный момент эти вопросы волнуют наиболее, они говорят о неизвестных донныне горизонтах и к этим областям, открытым теперь для научной деятельности, устремляется несколько беспорядочная, но с каждым днем увеличивающаяся толпа исследователей.

3.

Одно из самых интересных последствий новейших открытий заключается в том, что среди ученых вновь приобрели почет отвлеченные вопросы, относящиеся к строению материи и, говоря общее, проблемы метафизики. Философия, несомненно, никогда не отделялась совершенно от науки, но многие физики недавно еще не питали никакого интереса к таким исследованиям, считали их иногда не без оснований чисто словесными упражнениями, чуждыми действительности, – и воздерживались от участия в спорах, которые казались им довольно бесплодными и даже, пожалуй, просто несколько наивными хитросплетениями. Они видели, как рушилась большая часть систем, построенных *a priori* смелыми философами, и считали более благоразумным следовать совету Кирхгофа: «поставить описание фактов на место так называемого объяснения природы».

Следует однако же заметить, что эти физики несколько ошибались в оценках своего благоразумия; их недоверие к философским спекуляциям отнюдь не мешало им принимать, не сознавая того, известные аксиомы, которых они даже не обсуждали и которые, в сущности говоря, являются понятиями метафизическими; они бессознательно говорили языком, которому их обучили предшественники, но происхождения которого они и не разыскивали. Так, охотно принималось за нечто очевидное, что физика необходимо должна рано или поздно войти в область механики, и, делая это, обыкновенно постулировали, что все в природе сводится к движению; принципы же классической механики принимались даже без дальнейшего размышления.

Так расположены были смотреть на вещи в последние годы наиболее знаменитые физики; это ясно и открыто проглядывает во всех классических произведениях в области физики.

Знаменитый профессор Верде, который оказал огромное и вместе с тем в высшей степени благотворное влияние на умственное развитие целого поколения ученых и на работы которого и теперь еще часто ссылаются, писал: «Истинная задача физика – свести все явления к тому из них, которое кажется нам наиболее простым и ясным: к движению». Жамен в своем знаменитом курсе, читанном в Политехнической школе, говорит то же: «Физика превратится когда-нибудь в главу общей механики», а Виолье говорит в 1884 году в предисловии к своему прекрасному курсу физики: «Силой неизбежной эволюции наука о природе приводится к механике, так как физик может установить прочную теорию лишь на основе движения».

Ту же самую мысль выражает Корню в 1896 году: «Главная задача заключается в том, чтобы показать, как наблюдаемые нами факты, исследуемые нами явления, объясняемые сначала эмпирическими законами, в конце концов с ходом научного прогресса, подпадают под общие законы теоретической механики». И тот же физик подчеркивал, что, по его мнению, эта связь явлений с механикой имеет глубокий философский смысл; в прекрасной речи, которую он произнес при открытии конгресса по физике в 1900 году, он восклик-

цал: «Дух Декарта носится над современной физикой; больше того, он – светоч её; чем дальше продвигаемся мы в познании явлений естественного мира, тем более развивается и утверждается смелая декартовская концепция механики вселенной. Нет в физическом мире ничего вне материи и движения».

Принятие этих воззрений неизбежно приводит к механическому представлению материального мира, к попыткам объяснить все явления природы посредством движения телесных частиц; кинематического познания этих движений, то есть определения положения, скорости и ускорения в данный момент всех частей системы. Или, говоря по-другому, исследования динамического, рассматривающего действие этих частей друг на друга достаточно, чтобы предвидеть все, что должно произойти в природе.

Это было одним из главнейших положений энциклопедистов XVIII столетия; у них оно очень ясно выражено. И если необходимость объяснить явления света или электричества заставила физиков последнего столетия изобрести особого рода жидкие тела, плохо подчиняющиеся обычным законам механики, то они, эти физики, продолжали, тем не менее, сохранять веру в будущее и принимать идею Декарта за идеал, который и будет достигнут в один прекрасный день.

Далеко обгоняя опыт, доходя до крайностей, некоторые ученые, в частности, ученые английской школы, охотно занимались изобретением весьма любопытных механических моделей, представлявших порой очень странное изображение того, что мы видим в действительности. Самый знаменитый среди них, лорд Кельвин, наиболее типичен в этом отношении; он и сам говорил: «понимаем ли мы или не понимаем то или иное явление в физике – это то же, что можем ли мы или не можем построить соответствующую механическую модель. Я никогда не чувствую себя удовлетворенным, раз не могу построить механической модели предмета; если я смогу сделать механическую модель, я понимаю; если не могу сделать механической модели, я не понимаю».

Нужно признать, однако же, что некоторые из подобных моделей были в высшей степени сложны, и эта сложность давно уже смущала тех, что не обладают смелым воображением. Помимо этого, когда речь шла о том, чтобы понять механизм молекул, когда перестали удовлетворяться рассмотрением материи в массе, тогда механические решения оказывались неопределенными и прочность подобных построек – сомнительной.

4.

Таким образом, возвращаясь к исходному пункту, многие современные физики стремятся дать критическую оценку декартовской идеи. С точки зрения философской они исследуют сначала, доказано ли, что в области познаваемого нет ничего, кроме материи и движения. Они задаются вопросом: не по привычке ли, не по традиции ли мы относим происхождение явлений главным образом к механике? Возникает здесь и вопрос иного порядка: наши чув-

ства – эти, в конце концов, единственные окна, открытые на внешнюю действительность, – дают нам лишь одностороннее понятие о мире; мы знаем мир только по тем отношениям, которые существуют между ним и нашим организмом, а организм этот особенно чувствителен к движению.

Но ведь ничто не доказывает, что древнейшие – в историческом порядке – приобретения должны и при дальнейшем развитии науки оставаться в основе наших познаний; ничто также не доказывает, что наши ощущения представляют собой очень точное изображение действительности; и много доводов, напротив, можно привести за то, что в природе существуют явления, которые не могут быть сведены к движению.

Механика, как ее обычно понимают, есть исследование явлений обратимых. Возьмем какой-либо параметр, представляющий время и увеличивающийся по мере нарастания явления; если мы придаем ему величины уменьшающиеся, возвращающие его в обратном направлении, то вся система повторит в точности уже пройденные состояния и все явления развернутся в обратном порядке. В физике же весьма обычно противоположное правило; обратимости не существует; она – только предельный идеал, к которому иногда можно приблизиться, но который никогда не может встретиться во всей чистоте; ни одно физическое явление не воспроизводится тождественным образом, если изменить его направление. Правда, многие математики полагают, что можно вообразить себе механику, в которой обратимость не была бы обязательным правилом, но их смелые попытки в этом направлении нельзя признать удовлетворительными.

С другой стороны, если бы можно было дать одно механическое объяснение явления, то можно было бы найти бесконечное множество таких объяснений, одинаково отдающих нам отчет во всех частностях, раскрываемых опытом; но фактически до сих пор никому еще не удалось дать совершенно бесспорное механическое изображение всего физического мира. Даже в том случае, если бы мы были расположены принять самые странные решения проблемы, если бы мы согласились, например, удовольствоваться известными системами Гельмгольца, в которых приходится подразделять переменные на два класса, – переменные, доступные нам, и переменные неизвестные, должны таковыми и оставаться, – то мы все же никогда не воздвигнем здания, способного обнять все известные факты.

Считая эту неудачу непоправимой, многие современные физики отказываются повторять попытки, которые они заранее находят бесплодными, и руководствуются в своих исследованиях таким методом, который, на первый взгляд, кажется более скромным, но и более верным; они примиряются с тем, что нельзя немедленно же узреть сущность вещей, не стремятся сразу сорвать с природы последние, прикрывающие ее покровы, разгадать ее последние тайны; они действуют осторожно, двигаются вперед крайне медленно и на почве, завоевываемой шаг за шагом, стараются прежде всего прочно укрепиться. Они изучают различные величины, непосредственно доступные наблюдениям, не заботясь об их сущности; они измеряют величины

теплоты, температуры, разницы потенциала, токов, магнитных полей, затем, видоизменяя условия, применяя приемы экспериментального метода, открывают существующие между этими величинами взаимные отношения и выводят таким образом законы, объясняющие и сводящие воедино их труды.

Но эти эмпирические законы приводят постепенно к нескольким более общим законам, называемым принципами; по своему происхождению, принципы эти – лишь результаты опыта, и опыт позволяет к тому же контролировать их, проверять большую или меньшую степень их всеобщности; когда они будут, таким образом, окончательно установлены, они, в свою очередь, смогут послужить исходным пунктом и приведут, уже дедуктивным путем, к очень разнообразным открытиям.

Принципы эти, господствующие в физических науках, не многочисленны; их отвлеченная форма придает им философскую внешность, и трудно сопротивляться соблазну рассматривать их как метафизические догмы. Даже самые осторожные, самые сдержанные среди физиков иногда позволяют увлечь себя настолько, что забывают об экспериментальном характере ими же утвержденных законов и начинают смотреть на них как на какие-то властные существа, авторитет которых выше всяких проверок и не подлежит даже обсуждению.

Другие, напротив, доходят, к сожалению, в своем благоразумии до робости; они готовы ограничить поле исследований и отвести науке слишком малую область; довольствуются тем, что представляют явления уравнениями, полагают, что следует просто вычислять величины, определенные опытным путем, не задаваясь вопросом, сохраняют ли эти вычисления физический смысл; в конце концов они создают такую физику, в которой снова появляется идея качества, понимаемая, конечно, не в схоластическом смысле, – о ней можно рассуждать с некоторой точностью, выражая ее в числах, – но все же с элементами дифференциации и разнородности.

5.

В конце концов, и то и другое научные направления оказывают огромные услуги, несмотря на ошибки, к которым они могут привести, если доводить их до крайности.

Нельзя, впрочем, признать вредным, что существуют такие противоречивые тенденции; подобное разнообразие в понимании явлений придает современной науке характер интенсивной жизни, действительной молодости, способной страстно стремиться к истине. Зрители, перед которыми развертываются столь разнообразные, полные движения картины, чувствуют, что не существует больше систем, застывших в неподвижности, напоминающей о смерти; что не существует ничего непреложного, неизменного, что непрерывные изменения совершаются перед их глазами и что непрерывная эволюция, вечное изменение – необходимые условия прогресса.

Многие исследователи, впрочем, придерживаются для себя лично совершенно эклектических воззрений, принимают, смотря по нужде, то или иное понимание природы и, нисколько не колеблясь, пользуются самыми различными представлениями, когда они им кажутся полезными и удобными.

И, несомненно, нельзя их признать неправыми, потому что эти представления – лишь удобные для нашего языка символы, позволяющие группировать и объединять факты, но имеющие отдаленное сходство с объективной действительностью, и вполне допустимо умножать их и изменять сообразно с обстоятельствами.

Самое существенное – это иметь для руководства в области неизвестного такую карту, которая, не претендуя, конечно, представлять природу вполне разносторонне, но будучи составлена по определенному правилу, позволит идти верным путем в наших вечных исканиях истины.

Среди временных теорий, которые столь охотно строят на своем пути ученые и которые подобны спешно возводимым постройкам для хранения непредвиденно хорошей жатвы, – среди этих теорий некоторые кажутся еще очень смелыми и странными.

Отказываясь от мысли строить механические модели для всех электрических явлений, иные ученые в некотором роде переворачивают вверх дном условия задачи; они задаются вопросом, нельзя ли, вместо того, чтобы давать механическое объяснение электричества, дать, напротив, так сказать, электрическое объяснение материи и движения и ввести самое механику в электричество. И с новой силой вспыхивает, таким образом, вечная надежда объединить, координировать в одном грандиозном и импозантном синтезе все явления естественного мира.

Какова бы ни была судьба подобных попыток, они в высокой степени заслуживают внимания и необходимо тщательно исследовать их, если мы хотим отдать себе ясный отчет в основных теориях современной физики.

Будущее физики

Было бы, конечно, слишком смело и, несомненно, претенциозно предсказывать то будущее, которое может ожидать физику: угадывание не есть научная деятельность, и предвидения, сегодня прочно установленные, могут завтра же быть опрокинуты самой действительностью.

Тем не менее, физики не отступают перед заглядыванием вперед, раз оно не сходит с реальной почвы и не слишком отдаляется от опыта. Знакомство с эволюцией, происшедшей за последние годы, разрешает нам сделать некоторые предположения о том направлении, в котором будет развиваться физик.

Читатель, который сделал нам честь сопровождать нас в этой беглой экскурсии в область науки о природе, несомненно вынесет из этого краткого путешествия то общее впечатление, что старые рамки, в которых классиче-

ские трактаты все еще замыкают различные главы физики, разлетаются во всех частях.

Все эти прекрасные, прямые дороги, проведенные учителями последнего столетия, расширенные, выровненные трудами стольких работников, соединяются сейчас массой маленьких тропинок, бороздящих поле физики. И если эти боковые дорожки посещаются теперь особенно усиленно, то не потому, что они проходят через области, еще мало исследованные, чреватые новыми и сравнительно легкими открытиями; но потому, что исследователей, вступающих на эти новые пути, ведет надежда высшего порядка.

Несмотря на то что многочисленные попытки в прошлом оказывались безуспешными, нет и речи об отказе от надежды овладеть в один прекрасный день высшим принципом, который и будет господствовать во всей физике.

Некоторые физики без сомнения думают, что подобный синтез не осуществим и что природа сложна бесконечно. Но, несмотря на все оговорки, которые могут быть ими сделаны с философской точки зрения относительно законности самих приемов исследования, они, не колеблясь, строят общие гипотезы, которые, хотя и не дают им полного удовлетворения, зато доставляют, по крайней мере, очень удобное средство группировать огромное количество фактов, дотоле разрозненных.

Их ошибка, – если вообще здесь ошибка имеется, – очень благотворна. Она принадлежит к числу тех, которые Кант отнес бы к разряду плодотворных иллюзий, порождающих беспредельный прогресс науки и ведущих к великим и важным координациям.

Только изучая отношения, существующие между явлениями, которые кажутся нам весьма различными, можно действительно достичь цели; и только этим объясняется тот особенный интерес, который сопровождает исследования в областях, промежуточных между отделами, еще недавно считавшимися самостоятельными.

Среди всех теорий, предложенных за последнее время, теория ионов заняла преобладающее место. Вначале одни ее неверно поняли, на других она произвела несколько странное впечатление, впечатление чего-то, во всяком случае, бесполезного, во Франции же она встретила, – приходится признать это, – далеко не благоприятный прием.

В настоящее время положение весьма и весьма изменилось. Даже те, кто не признает ее, были соблазнены крайне любопытным применением ее к объяснению новейших опытов самого различного характера. Произошла весьма естественная реакция, и увлечение модой привело даже к некоторым преувеличениям.

Электрон завоевал физику. Многие доходят в обожании нового идола до слепого поклонения. Само собой разумеется, что преклоняться можно лишь пред такой гипотезой, которая позволяет группировать в единое целое все открытия, относящиеся к электрическим разрядам, к радиоактивным веществам, которая ведет к обоснованной и удовлетворительной теории оптики и электричества и которая через посредство лучистой теплоты должна, по-

видимому, в близком будущем охватить и принципы термодинамики. Несомненно, следует восхищаться могуществом символа, проникающего также и в область механики и дающего нам столь простое представление о существенных свойствах материи. Но не следует терять из виду, что изображение может быть хорошей картиной, но оно не способно с точностью покрыть собой объективную действительность.

Понятие об атоме электричества, как исходном пункте при построении материальных атомов, позволяет нам проникнуть в тайны природы дальше и глубже, чем могли наши предшественники. Но не следует удовлетворяться словами; тайна еще не разъяснена, когда мы посредством какого-либо, вполне, впрочем, законного искусственного приема просто отодвинули затруднение. Все меньше и меньше становится тот элемент, к которому относятся физические свойства. Сначала, в античном мире, их приписывали совокупности вещества в его целом, затем – химическим атомам, соединение которых составляет эту совокупность, теперь – электронам, составляющим эти атомы. Теперь все меньшим и меньшим становится для нас то, что мы считаем неделимым, но мы все еще не знаем, какова может быть его сущность. Понятие электрического заряда, которое мы подставляем на место понятия материальной массы, – позволит объединить явления, считавшиеся разъединенными. Но его нельзя рассматривать как окончательное объяснение, как конечный пункт, на котором наука должна остановиться. Однако в течение ближайших лет физика едва ли пойдет дальше: теперешняя гипотеза достаточна, чтобы сгруппировать известные факты; она позволяет, несомненно, предугадывать существование многих других; и, несомненно, новые успехи скоро появятся в ее активе.

Затем настанет день, когда и эта соблазнительная гипотеза, – как и все те, которые господствовали до нее, – будет больше приводить к ошибкам, чем к открытиям. Она будет, впрочем, совершенствоваться, превратится тогда в обширное обстроенное здание, которое многие не легко согласятся покинуть; тем, которые построили комфортабельное здание на развалинах старых монументов, иногда бывает слишком жалко покинуть его.

Тех исследователей, которые шли впереди по пути к истине, в этот день догонят и, быть может, перегонят другие, которые шли иными путями, более долгими, но, пожалуй, более верными. Мы видели на деле и их, этих осторожных физиков, боящихся слишком смелых символов, стремящихся только собрать как можно больше документов или желающих иметь в качестве проводников лишь несколько основных начал, представляющих для них простое обобщение фактов, экспериментально установленных. И мы могли констатировать, что и они также выполняли доброе и весьма полезное дело.

Они работают, впрочем, не изолированно друг от друга. Большой частью столь замечательным результатам, добытым за последние годы, мы обязаны физикам, которые умели соединять свои усилия, направлять свою деятельность к общей цели; кроме того, не бесполезно будет отметить, что успе-

хи находились в прямом отношении к материальным ресурсам, которыми располагали лаборатории.

Следует считать вероятным, что в будущем, как это было и в прошлом, самые глубокие открытия, те, которые открывают нам дотоле совершенно неизвестные области, совершенно новые горизонты, будут сделаны несколькими гениальными исследователями. Они будут продолжать, уединяясь для размышлений, свой упорный труд и потребуются для проверки их самых смелых мнений лишь самые простые и дешево стоящие опыты. Но для того, чтобы эти открытия дали все свои плоды, чтобы область эту можно было рационально эксплуатировать и взять от нее все, что мы можем ждать от нее, – более и более будет необходимо объединение всех добрых намерений, солидарность умов. Необходимо также, чтобы ученые имели в своем распоряжении самые утонченные, самые усовершенствованные и самые могучие средства; в настоящее время это – самые важные условия прогресса в области экспериментальных наук.

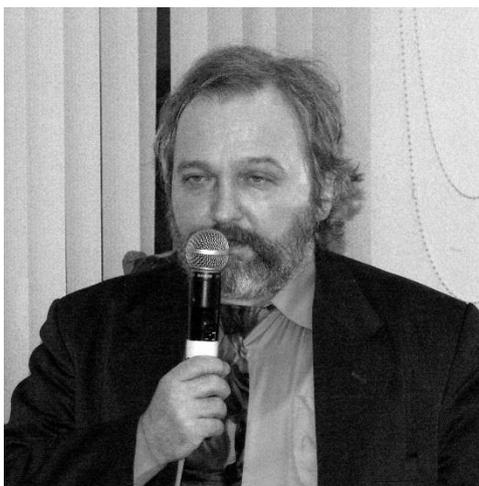
Если, – как это, к несчастью, случалось уже в истории наук, – условия эти не будут выполнены, если свобода работников окажется ограниченной, а союз их нарушенным, если материальные средства будут отпускатся им скупо, то эволюция, столь быстрая в настоящее время, может замедлиться, могут произойти даже и попятные движения, как это бывало и в других областях развития. Но надежды на будущее не исчезнут навсегда. Нет пределов для прогресса, поле наших исследований не имеет границ; эволюция будет продолжаться с непобедимой силой; то, что мы называем теперь непознаваемым, будет отступать все дальше и дальше перед наукой, которая никогда не остановится в своем поступательном движении. Физика будет все больше и больше удовлетворять наш ум, давая ему новые представления о явлениях. Но кроме того, для общества в его целом она будет выполнять еще более ценное дело, а именно способствовать изо дня в день всевозможным улучшениям, облегчению и украшению жизни и доставлять человеку орудия борьбы против враждебных сил природы.

EVOLUTION OF PHYSICS**

A. Poincaré

** Introduction and final part of the book by A. Poincaré “The Evolution of Modern Physics”. St. Petersburg: Publication of the Knowledge Association, 1910.

ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ



**Сергей Аркадьевич КУРАПОВ
(1959–2018)**

21 декабря 2018 года в Перми возрасте 59 лет после тяжелой продолжительной болезни скончался Курапов Сергей Аркадьевич. Ушел из жизни самобытный российский исследователь и разработчик СВМ-технологии, внесший заметный вклад в зарождение нового научного направления. Это экспериментальное направление может быть доказательством правильности реляционной физики.

С.А. Курапов родился 19 августа 1959 года в г. Баку в семье военного офицера. Позже семья переехала в Пермь. Тяга к новому, неизведанному, аномальному отличала Сергея Аркадьевича с молодых лет. Успешно окончив механико-математический факультет Пермского госуниверситета, Сергей Аркадьевич вскоре оставил должность лаборанта кафедры механики и процессов управления Пермского госуниверситета и занялся нетрадиционными исследованиями. В 1991 году при поддержке В.А. Шемшука при Уральском фонде Рерихов С.А. Курапов организовал исследовательскую лабораторию по изучению аномальных явлений. Именно там началось сотрудничество с профессором Пермского госуниверситета В.Ф. Пановым, который в 1993 году познакомил Сергея Аркадьевича с А.Е. Акимовым. Так началось исследование новых явлений в Перми.

В начале 2000-х годов С.А. Курапов предложил свою, принципиально новую, конструкцию СВМ-генератора и успешно применил его для улучшения качества выплавляемого металла на ОАО «Мотовилихинские заводы» в Перми. Сформировался творческий коллектив, позднее оформившийся в ЗАО «Уральский проект», расширялись масштабы работы. Была разработана СВМ-технология по обработке расплавов, на которую получено три патента, проведен большой ряд исследований в научных институтах нашей страны, подтверждающих наблюдаемые физические эффекты. За период около 10 лет на разных предприятиях страны и за рубежом было выплавлено с применением СВМ-технологии более 9 тысяч тонн стали и сплавов.

С.А. Курапов одновременно вел экспериментальные разработки в нескольких направлениях: по многополярности, гравитации, сверхединичным источникам энергии, квантовой медицине. В его лаборатории часто можно было встретить гостей-единомышленников из разных городов. Сергей Аркадьевич был из тех, кому заниматься диссертациями некогда и неинтересно: он был всецело увлечен творчеством. С уходом С.А. Курапова пермская исследовательская группа понесла тяжелую утрату.

Скорбим в связи с кончиной С.А. Курапова, выражаем соболезнование родным и близким.

Светлая память о Сергее Аркадьевиче Курапове навсегда сохранится в наших сердцах.

Группа товарищей

**IN MEMORY OF S.A. KURAPOV
(1959–2018)**

НАШИ АВТОРЫ

БЕШЕНКОВ Алексей Сергеевич – начальник лаборатории ВНИИЭМ (Москва).

ВЕКШЕНОВ Сергей Александрович – доктор физико-математических наук, профессор Российской академии образования.

ВЛАДИМИРОВ Юрий Сергеевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор Института гравитации и космологии РУДН.

ВОЛКОВА Людмила Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Московского горного института НИТУ «МИСиС».

ГУБАРЕВ Евгений Алексеевич – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАЕН, научный консультант Фонда перспективных технологий и новаций.

КОГАНОВ Александр Владимирович – кандидат физико-математических наук, заведующий отделом математики Научно-исследовательского института системных исследований РАН (Москва).

КРУГЛЫЙ Алексей Львович – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела математики Научно-исследовательского института системных исследований РАН (Москва).

ЛАПТЕВ Юрий Павлович – кандидат физико-математических наук, выпускник магистратуры Института гравитации и космологии Российского университета дружбы народов.

НУРГАЛИЕВ Ильдус Саетгалиевич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева.

ПОЛИЩУК Ростислав Теофанович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Астрокосмического центра Физического института имени П.Н. Лебедева РАН.

ПУАНКАРЕ Анри (1854–1912) – французский математик, физик, астроном и философ, член Парижской (1887), Петербургской (1895) и ряда других академий наук.

РЫБАКОВ Юрий Петрович – доктор физико-математических наук, профессор Российского университета дружбы народов.

СЕРОВАЙСКИЙ Семен Яковлевич – доктор физико-математических наук, профессор Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алма-Ата).

СИДОРОВА-БИРЮКОВА Анна Алексеевна – кандидат физико-математических наук, Международный лазерный центр, кафедра общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

ФИЛЬЧЕНКОВ Михаил Леонидович – доктор физико-математических наук, заместитель директора Института гравитации и космологии Российского университета дружбы народов.

ФРОЛОВ Борис Николаевич – доктор физико-математических наук, профессор Московского педагогического государственного университета.

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

