

# МЕТАФИЗИКА

2020, № 2 (36)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

МЕТАФИЗИКА

## В этом номере:

- Бинарная предгеометрия и ее следствия
- Варианты развития (трактовок) реляционной парадигмы
- Проблемы восприятия принципов реляционной парадигмы
- Мысли из прошлого

**2020, № 2 (36)**

# МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2020, № 2 (36)

Основан в 2011 г.

Выходит 4 раза в год

*Журнал «Метафизика»* является периодическим рецензируемым научным изданием в области математики, 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)

- **БИНАРНАЯ  
ПРЕДГЕОМЕТРИЯ  
И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ**
- **ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ  
(ТРАКТОВОК)  
РЕЛЯЦИОННОЙ  
ПАРАДИГМЫ**
- **ПРОБЛЕМЫ  
ВОСПРИЯТИЯ  
ПРИНЦИПОВ  
РЕЛЯЦИОННОЙ  
ПАРАДИГМЫ**
- **МЫСЛИ ИЗ ПРОШЛОГО**

*Адрес редакционной коллегии:*  
Российский университет  
дружбы народов,  
ул. Миклухо-Маклая, 6,  
Москва, Россия, 117198  
Сайт: <http://lib.rudn.ru/35>

Подписано в печать 15.05.2020 г.  
Дата выхода в свет 31.06.2020 г.

Формат 70×108/16.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,35.  
Тираж 500 экз. Заказ 466.  
Отпечатано  
в Издательско-полиграфическом  
комплексе РУДН  
115419, г. Москва,  
ул. Орджоникидзе, д. 3  
Цена свободная

# METAFIZIKA

SCIENTIFIC JOURNAL

(Metaphysics)

No. 2 (36), 2020

**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

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2

# МЕТАФИЗИКА НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2020, № 2 (36)

**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

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2

## CONTENTS

<b>EDITORIAL NOTE</b> .....	6
<b>BINARY PREGOMETRY AND ITS CONSEQUENCES</b>	
<i>Vladimirov Yu.S.</i> Mach Principle and Space-Time Metric.....	8
<i>Solov'yov A.V.</i> One-Particle Wave Functions in the Relational Paradigm.....	28
<i>Zhilkin A.G.</i> Relative Principle of Full Absorption.....	34
<b>OPTIONS FOR DEVELOPMENT (TRACKS) OF THE RELATIVE PARADIGM</b>	
<i>Koganov A.V.</i> A Model of Physical Space-Time as a Trajectory of a Random Process in External Parametric Time.....	50
<i>Aristov V.V.</i> Relational Statistical Space-Time for Cosmological Scales.....	62
<i>Kruglyi A.L.</i> About the Information Model of the Universe and its Civilization Prospects.....	71
<i>Panchelyuga V.A.</i> Elementary Relations and Basics Categories of Phylosophy, Physics and Mathematics.....	82
<b>PROBLEMS OF PERCEPTION OF PRINCIPLES OF RELATIVE PARADIGM</b>	
<i>Suslova M.I., Sidorova-Biryukova A.A.</i> Relational Paradigm in Asks and Answers.....	107
<i>Antipenko L.G.</i> A Few Remarks on the Concept of Pregeometry Developed by Yu.S. Vladimirov and Laid by Him the Basis of Ideas about the Physical and Mathematical Structure of Space-Time.....	117
<i>Vladimirov Yu.S.</i> Answer to Comments (Comment for the Article of L.G. Antipenko).....	125
<b>FROM THE HERITAGE OF THE PAST</b>	
<i>Sevalnikov A.Yu., Rodina A.V.</i> K.F. von Weizsäcker's Relational Programme to Build Physics.....	131
<i>Vekshenov S.A.</i> From Georg Cantor to Ernst Mach.....	144
<i>Nikitin A.P.</i> Mach Principle and Principle of Relativity.....	148
<b>OUR AUTHORS</b> .....	160

© Metafizika. Authors. Editorial Board.  
Editor-in-Chief Yu.S. Vladimirov, 2020  
© Peoples' Friendship University of Russia, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>БИНАРНАЯ ПРЕДГЕОМЕТРИЯ И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Принцип Маха и метрика пространства-времени.....	8
<i>Соловьёв А.В.</i> Одночастичные волновые функции в реляционной парадигме.....	28
<i>Жилкин А.Г.</i> Реляционный принцип полного поглощения.....	34
<b>ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ (ТРАКТОВОК) РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ</b>	
<i>Коганов А.В.</i> Модель физического пространства-времени как траектория случайного процесса во внешнем параметрическом времени.....	50
<i>Аристов В.В.</i> Реляционное статистическое пространство-время для космологических масштабов.....	62
<i>Круглый А.Л.</i> Об информационной модели Вселенной и ее цивилизационных перспективах.....	71
<i>Панчелюга В.А.</i> Элементарные отношения и базовые философские и физико-математические категории.....	82
<b>ПРОБЛЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ ПРИНЦИПОВ РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ</b>	
<i>Суслова М.И., Сидорова-Бирюкова А.А.</i> Реляционная парадигма: вопросы и ответы.....	107
<i>Антипенко Л.Г.</i> Несколько замечаний о концепции предгеометрии, разработанной Ю.С. Владимировым и положенной им в основу представлений о физико-математической структуре пространства-времени.....	117
<i>Владимиров Ю.С.</i> Ответ на замечания (комментарий к статье Л.Г. Антипенко)..	125
<b>МЫСЛИ ИЗ ПРОШЛОГО</b>	
<i>Севальников А.Ю., Родина А.В.</i> Реляционная программа построения физики К.Ф. фон Вайцзеккера.....	131
<i>Векшенов С.А.</i> От Георга Кантора к Эрнсту Маху.....	144
<i>Никитин А.П.</i> Принцип Маха и принцип относительности.....	148
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	160

© Коллектив авторов, редколлегия журнала «Метафизика»,  
отв. ред. Ю.С. Владимиров, 2020  
© Российский университет дружбы народов, 2020

---

---

## ОТ РЕДАКЦИИ

---

---

В наших редакционных статьях уже неоднократно отмечалось, что в журнале «Метафизика» особое внимание уделяется обсуждению оснований фундаментальной физики. Данный номер журнала посвящен обсуждению оснований реляционной (метафизической) парадигмы, одной из трех дуалистических парадигм, представленных в современной теоретической физике. Напомним, что реляционная парадигма опирается на три неразрывно связанные друг с другом составляющие: 1) реляционное понимание природы пространства-времени – как абстракции от отношений между телами и событиями, 2) описание физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия, альтернативной ныне общепринятой концепции ближнего действия, 3) принцип Маха, означающий зависимость локальных свойств окружающей нас реальности от глобальных свойств Вселенной.

Об особой важности именно этой парадигмы в настоящее время уже писалось в 34-м номере нашего журнала, а в предыдущем номере отмечалось, что на последней третьей конференции «Основания фундаментальной физики и математики», состоявшейся 29–30 ноября 2019 года на базе Российского университета дружбы народов, первое заседание было посвящено обсуждению оснований именно реляционной парадигмы. В этом номере журнала представлены статьи ряда докладчиков на заседании конференции.

Статьи данного номера распределены по четырем разделам. В первом разделе «Бинарная предгеометрия и ее следствия» содержатся статьи, соответствующие наиболее развитому варианту в рамках этой парадигмы, который называется бинарной геометрофизикой или (что точнее) бинарной предгеометрией. Это направление исследований нацелено на вывод классических пространственно-временных представлений из самостоятельной системы понятий и закономерностей, присущих физике микромира, без привлечения понятий общепринятой геометрии и классической физики.

Во втором разделе «Варианты развития (трактовок) реляционной парадигмы» представлены статьи авторов, развивающих иные варианты этой парадигмы, родственные бинарной геометрофизике, однако отличающиеся от нее в ряде аспектов. По мнению редакции, сопоставление взглядов, представленных в этих статьях, должно способствовать более успешному развитию исследований в рамках реляционной парадигмы.

Следует особо отметить, что в XX веке идеи реляционной парадигмы оказались на обочине развития магистральных направлений развития теоретической физики, осуществлявшихся в рамках теоретико-полевой (доминировавшей) и геометрической парадигм. Это вызывает, мягко говоря, неоднозначную реакцию ряда коллег на работы в области реляционной парадигмы, что, как нам представляется, связано, главным образом, с непривычностью принципов реляционной парадигмы. Это заставляет уделять особое внимание разъяснению содержания этих принципов и показу, что обсуждение этих принципов имеет многовековую историю.

Третий раздел «Проблемы восприятия принципов реляционной парадигмы» включает три статьи, в двух из которых приведены типичные вопросы, возникающие у коллег при знакомстве с реляционными принципами. В третьей статье даны ответы на замечания по содержанию бинарной предгеометрии, сформулированные философом Д.Г. Антипенко, а также показаны результаты, уже достигнутые на данном направлении исследований.

В четвертом, традиционном для нашего журнала, разделе «Мысли из прошлого» представлены статьи, в которых напомним историю обсуждения идей реляционной парадигмы. Здесь, прежде всего, предлагается обзор книги известного немецкого физика-теоретика К.Ф. фон Вайцзеккера, в которой им в середине XX века были высказаны идеи, близкие принципам реляционной парадигмы. Отметим, что эта книга не была переведена на русский язык. Сейчас авторами статьи готовится к изданию ее русский перевод.

Еще две статьи этого раздела были написаны для данного номера журнала в связи с переизданием в издательстве УРСС книги Эрнста Маха «Познание и заблуждение». Напомним, что Мах в своих работах отстаивал идеи реляционной парадигмы, которые сыграли важную роль при создании специальной, а затем и общей теории относительности. Последнее неоднократно отмечал А. Эйнштейн, возведший часть реляционных идей Маха в ранг принципа Маха.

Третий номер нашего журнала в 2020 году планируется посвятить обсуждению оснований двух других дуалистических парадигм современной теоретической физики: теоретико-полевой и геометрической.



# БИНАРНАЯ ПРЕДГЕОМЕТРИЯ И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2-8-27

## ПРИНЦИП МАХА И МЕТРИКА ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

**Ю.С. Владимиров**

*Физический факультет Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова,  
Институт гравитации и космологии РУДН*

Приводятся пять доводов в пользу утверждения, что метрика (понятия длин, интервалов, промежутки времени) определяется влияниями всего окружающего мира на свойства наблюдаемых объектов: 1) логические следствия из признания реляционной природы классического пространства-времени и описания взаимодействий на базе концепции дальнодействия, 2) последовательная реляционная трактовка теории поглотителя Фейнмана–Уилера, 3) сопоставление плотностей электромагнитного излучения и «разбегающихся» галактик, 4) соображения математиков об изменении аксиомы Архимеда, 5) учет идей «метафизики света».

**Ключевые слова:** реляционная природа пространства-времени, концепция дальнодействия, принцип Маха, теория поглотителя, аксиома Архимеда, метафизика света.

### Введение

Под принципом Маха наиболее часто понимается его определение, данное А. Эйнштейном, – обусловленность сил инерции (масс) тел воздействием на них со стороны окружающей материи мира. Однако в работах ряда авторов был высказан ряд идей о более широких проявлениях принципа Маха. В связи с этим в наших работах [1; 2] было предложено более широкое определение принципа Маха: как принцип обусловленности локальных свойств материальных образований (наблюдаемой классической физики и геометрии) закономерностями и распределением всей материи мира.

Эта мысль, как и вообще вопрос о роли принципа Маха, не является общепринятой в среде современных физиков-теоретиков, несмотря на то что ряд известных мыслителей прошлого высказывались о важности этих

вопросов в физике будущего. Напомним ряд таких высказываний. Так, сам Мах писал: «Дело именно в том, что природа не начинается с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных его частях. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания» [3. С. 199].

Р. Фейнман в своих «Фейнмановских лекциях по гравитации» писал: «Мах чувствовал, что концепция абсолютного ускорения относительно “пространства” не имеет глубокого смысла, что вместо этой концепции обычные ускорения классической физики должны быть перефразированы как ускорения относительно распределения удаленного вещества. (...) Когда мы рассматриваем это понятие как фундаментальное предположение или постулат, оно известно как принцип Маха. Возможно, что эта концепция сама по себе может привести к глубоким физическим результатам, многие из которых могут быть получены на том же пути, что и принцип относительности» [4].

Можно привести еще ряд высказываний о важности принципа Маха других известных физиков: А.С. Эддингтона, Дж.А. Уилера, П.А.М. Дирака, Дж. Нарликара и т. д. Ограничимся лишь обобщающим высказыванием Р. Дикке: «Итак, мы видели, что у принципа Маха много лиц – почти столько же, сколько было исследователей, рассматривающих принцип Маха. Будучи основан на глубоких философских идеях, этот принцип является интуитивным, и его трудно возвысить (или, если угодно, низвести) до уровня количественной теории. Но то, что самого Эйнштейна к его чрезвычайно изящной теории гравитации привели соображения, вытекающие из этого принципа, говорит о многом. Принцип Маха еще может быть очень полезным для физиков будущего» [5].

Развитие реляционного подхода к физической реальности на базе унарных и бинарных систем отношений, проведенное в ряде наших работ [2; 6; 7], позволяет продвинуться в раскрытии природы принципа Маха. Так, при описании физических взаимодействий на основе реляционного принципа Фоккера стало ясно, что теория прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия определяется вкладом двух составляющих: ток-токовых и пространственно-временных отношений. Первые из них связаны с импульсным пространством, где ключевым является релятивистское соотношение между энергией и импульсом

$$\eta_{\mu\nu} p^\mu p^\nu = m^2 c^2,$$

где  $\eta_{\nu\mu}$  – метрический тензор пространства-времени Минковского. Отметим, что в наиболее известной трактовке принципа Маха речь идет о влиянии глобальных свойств мира именно на значение масс – значение метрики в импульсном пространстве. Записанное выражение является аналогом квадрата метрики в координатном пространстве-времени:

$$\eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = (ds)^2.$$

Поскольку в физике имеет место симметрия координатного и импульсного представлений, а в идеях Маха, Эйнштейна и других мыслителей ставился вопрос об обусловленности масс влиянием окружающего мира, указанная симметрия позволяет поставить вопрос об обусловленности влиянием со стороны окружающего мира не только масс, но и значений пространственно-временных интервалов. Это означает расщепление принципа Маха на два вида: импульсный и пространственно-временной (координатный). О первом виде уже писалось в ряде работ указанных авторов, данная же статья посвящена обсуждению именно второго вида проявлений принципа Маха.

Отметим, что обсуждение данного вопроса тесно связано с многовековой дискуссией о происхождении понятия длины в самом общем плане. Он ставился в трудах Галилея и ряда других авторов далекого прошлого. Уже в более близкую к нам эпоху он обсуждался в знаменитом мемуаре Б. Римана «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», где он писал: «...или то реальное, что создает идею пространства, образует дискретное многообразие, или же нужно пытаться объяснить возникновение метрических отношений чем-то внешним – силами связи, действующими на это реальное» [8]. Над этой проблемой размышляли Г. Лейбниц, А. Эддингтон и другие классики теоретической физики.

Уже ближе к нашему времени соображения об обусловленности длин именно космологическими факторами можно найти в упомянутой книге Р. Фейнмана, где он замечает: «Имеются некоторые числовые совпадения, которые мы можем упомянуть здесь для того, чтобы навести на мысль о том, как «естественные» масштабы длины могут быть в некотором смысле извлечены из космологии. Такое совпадение не содержит в себе “теорию”, как таковую, оно просто используется для того, чтобы проиллюстрировать связь, которая могла бы быть в конце концов предсказана подробной теорией» [4. С. 134].

К сожалению, рассуждения Фейнмана не были доведены до конкретного воплощения, что, как нам представляется, оказалось возможным сделать лишь в последнее время на базе последовательного реляционного подхода к физической реальности. Напомним, что этот подход опирается на следующие три составляющие: 1) на реляционное понимание природы классического пространства-времени как абстракции от совокупности отношений между всеми материальными объектами (событиями между ними), 2) на описание физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия, альтернативной общепринятой концепции ближнего действия и 3) на принцип Маха в данном выше его более широком понимании.

В данной статье предлагается объяснение происхождения метрики (длин). Оно основывается на следующих пяти видах соображений:

- 1) логике описания электромагнитного «излучения» в отсутствии априорно заданного пространства-времени;
- 2) последовательной реляционной интерпретации фейнман-уилеровской теории поглотителя;
- 3) физических свойствах мирового электромагнитного излучения;

- 4) основе сопутствующего физике изменения аксиоматики арифметики;
- 5) опоре на ранее высказывавшиеся гипотезы о роли света в физической картине мира.

## 1. Электромагнитное излучение в концепции дальнего действия

Начнем с первого вида соображений – сугубо логического характера.

### 1.1. Проблема описания излучения в реляционной парадигме

Затравку для решения данной проблемы можно обнаружить в диспутах, состоявшихся в 1930 году в Ленинградском политехническом институте по поводу выбора одной из двух концепций – близкого действия или дальнего действия. На этом диспуте защитнику концепции дальнего действия Я.И. Френкелю был задан принципиально важный вопрос его оппонентом (В.Ф. Миткевичем): «Допустим, что радиостанция “А” в некоторый момент времени начинает генерировать очень мощное излучение, распространяющееся на колоссальное расстояние. Возьмем расстояние столь большое, что оно проходится электромагнитным излучением в десять лет, пока оно не дойдет до некоторого удаленного радиоприемника “В”. Предположим, что после того, как радиостанция “А” уже поработала, мы ее совершенно уничтожим. Допустим, что радиоприемник “В” в момент излучения может даже не существовать и лишь потом, в конце десятого года, мы можем успеть построить приемную систему. Через десять лет излученная электромагнитная энергия будет принята системой “В”. А в промежутке, в течение десяти лет, где находилась излученная энергия, где находился физический агент, который должен в конце концов воздействовать на приемник “В”? С точки зрения Я.И. Френкеля, *нигде*. Такое объяснение физически недопустимо» [9. С. 54–55]. Другими словами, вопрос сводился к следующему: если принять концепцию дальнего действия, то где локализована энергия испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения?

Следует напомнить, что подобный вопрос ставился значительно раньше – еще Максвеллом в его трактате об электромагнетизме, где он писал: «...если нечто передаётся от одной частицы к другой на расстоянии, то каково его состояние после того, как оно покинуло одну частицу, но еще не достигло другой?» [10].

Ответ Я.И. Френкеля был весьма своеобразным, двойственным: «С точки зрения непосредственного действия элементов заряда друг на друга, без торгового посредника, которым является поле, – с этой точки зрения энергия нигде не находится, представляя собой нелокализуемую физическую величину. С точки зрения непосредственного действия электронов друг на друга, энергия их нигде не сосредоточена». А далее он добавил: «При этом можно сказать, что энергия находится всюду, во всем пространстве. Аналогичным образом, и в таком же самом смысле можно сказать, что энергия электрического тока находится либо нигде, либо во всем пространстве» [9. С. 27–28].

С точки зрения последовательного реляционного подхода оба варианта ответа Френкеля не выдерживают критики. Относительно первого, что «нигде», следует частично согласиться с Миткевичем, что «такое объяснение физически недопустимо». А относительно второго, что «энергия излучения находится во всем пространстве», следует сделать разъяснения с учетом первой составляющей реляционного подхода. Как уже отмечалось, в этом подходе пространство-время не является априорно заданной сущностью (фоном), а заменяется на совокупность отношений между объектами, в данном случае между зарядами. Следовательно, утверждение, что «электромагнитная энергия находится во всем пространстве» следует трактовать так, что она **распределена в отношениях между всеми зарядами – возможными поглотителями. Ничего другого в данном подходе не остается.** Напомним, что в более поздних работах Р. Фейнмана и Дж. Уилера утверждалось, что не может быть излучения, если нет его возможных поглотителей.

### *1.2. Идея формирования излучением пространственно-временных отношений*

Исходя из сущности трех составляющих последовательного реляционного подхода, естественно сделать следующий вывод: поскольку в реляционной парадигме нет самостоятельной категории пространства-времени, а вместо него выступает совокупность отношений между материальными объектами (зарядами), а кроме того имеется «море» испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения, то возникают веские основания выдвинуть идею, что **испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение участвует в формировании самой идеи пространственно-временных отношений.** Более того, можно высказать более сильное утверждение, что именно **испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение ответственно за формирование классического пространства-времени.**

Несмотря на кажущуюся, на первый взгляд, парадоксальность данного утверждения (гипотезы), в литературе можно найти ряд высказываний известных авторов в пользу данной идеи. Так, П.К. Рашевский, завершает свою капитальную монографию «Риманова геометрия и тензорный анализ» следующей фразой: «Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счете образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц» [11. С. 658].

Рашевский не указывает, вклады каких взаимодействий формируют понятия пространства-времени. Он только замечает, что, «конечно, подходы к этому вопросу должны носить совсем иной характер, поскольку они должны базироваться на квантовой механике – теории совершенно иного стиля, чем теория относительности». Именно на этой основе данный вопрос более подробно рассматривается во второй книге данной серии.

Близкие взгляды высказывал американский физик-теоретик Е. Циммерман в своей работе с характерным названием «Макроскопическая природа пространства-времени»: «...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 придаёт законность классическим представлениям о пространстве и времени, но лишь на макроскопическом уровне» [12].

Подобные мысли можно усмотреть в призывах Ван Данцига «к построению более реалистичной модели физики, так называемой «модели вспышек» [13]. Это несомненный призыв к развитию реляционной парадигмы физического мироздания, в которой пространство-время не имеет статуса первичной категории, а представляет собой абстракцию от системы отношений между событиями («вспышками»).

## 2. Понятие длины и теория поглотителя Фейнмана–Уилера

Перейдем ко второму виду соображений – физического характера. Их истоки можно обнаружить у Р. Фейнмана, который был близок к решению поставленной проблемы. В своих рассуждениях он многократно обращался к фотонам, которых нет в последовательной реляционной теории. Но их отсутствие уже настраивает на решение данной проблемы. Подтверждение высказанных соображений о генерации пространственно-временных отношений излучением окружающего мира можно найти, иначе проинтерпретировав результаты фейнмановской теории поглотителя.

### 2.1. Фейнмановская теория поглотителя

Согласно общепринятой точке зрения, в теории прямого межчастичного взаимодействия фоккеровского типа взаимодействие между любыми двумя электрическими зарядами (или массами) является наполовину запаздывающим и наполовину опережающим, причем полагалось, что исключить ненаблюдаемые на опыте опережающие взаимодействия волевым образом не представляется возможным. В итоге долгое время фоккеровская теория трактовалась эквивалентной теории поля Максвелла–Лоренца лишь при описании статических и стационарных электромагнитных явлений.

Принято считать, что в 1945 году Р. Фейнман и Дж. Уилер [14] предложили решение данной проблемы. Суть их рассуждений была в духе принципа Маха: они справедливо заявили, что при описании электромагнитных взаимодействий между парой заряженных частиц  $i$  и  $k$  следует учесть вклады со стороны всех других зарядов Вселенной. Предлагалось считать эти вклады своеобразным «откликом Вселенной» на процесс «излучения», то есть на акт взаимодействия. Используемая Фейнманом и Уилером методика учета отклика Вселенной составила важную часть всей теории прямого

межчастичного взаимодействия, названную ими *теорией поглотителя*. Она была основана на трех постулатах:

- 1) ускоренный заряд в пустом пространстве не «излучает»;
- 2) силы, действующие на любую частицу, складываются из прямого воздействия со стороны источника и вкладов в парное взаимодействие со стороны всех других частиц Вселенной;
- 3) эти взаимодействия выражаются половиной опережающего и половиной запаздывающего взаимодействий, что соответствует половинам решений Лиенара–Вихерта уравнений Максвелла.

В упомянутой работе 1945 года было показано, что если во Вселенной имеется достаточно большое число заряженных частиц, то суммарное опережающее воздействие их на частицу-приемник «излучения» полностью компенсирует опережающее взаимодействие от источника. Кроме того, опережающая часть того же суммарного воздействия, суммируясь с запаздывающим воздействием источника с приемником, приводит к наблюдаемому на опыте запаздывающему взаимодействию.

Данный результат было принято интерпретировать так, что на источник  $i$  «падает» совокупность практически плоских опережающих «волн» (в терминах теории поля) от всех зарядов поглотителя (опережающее воздействие). В момент ускорения частицы-источника сходящаяся «волна» коллапсирует, и в следующий момент времени она расходится от источника вместе с его собственным излучением (их амплитуды одинаковы). Произвольный заряд-приемник  $k$  не способен различить эти две «волны» (воздействия) разного происхождения и реагирует на них как на единое целое, то есть как на удвоенное запаздывающее воздействие.

Другой принципиально важный результат, получающийся из учета фейнмановского поглотителя, состоял в том, что сам «излучающий» источник  $i$  получает при этом дополнительное воздействие, проявляющееся в виде силы радиационного трения, которое обусловлено воздействием на излучающую частицу со стороны всех частиц окружающей Вселенной.

При получении данных результатов был сделан ряд упрощающих допущений, как то: предположение о малой плотности зарядов в поглотителе, допущение о равномерности их распределения, считалось, что эти заряды свободные и т. д. Возникал естественный вопрос: а не изменятся ли результаты в более общих случаях? Фейнман и Уилер [15], подробно проанализировали этот вопрос и показали, что полученные результаты не зависят от подобных обобщений свойств поглотителя; существенно лишь предположение о достаточно большом количестве зарядов в поглотителе, то есть «абсолютность» поглотителя.

## 2.2. Реляционная интерпретация теории поглотителя

Взглянем на теорию поглотителя Фейнмана–Уилера с позиций последовательного реляционного подхода. Но начнем с замечаний о ее недостатках в рамках самой теории прямого межчастичного взаимодействия.

1. Рядом авторов отмечалось, что схема рассуждений Фейнмана и Уилера не является единственно возможной. В их рассуждениях был использован существенный постулат, что любое возмущение от источника  $i$  будет поглощено окружающей материей Вселенной, а воздействие на  $i$  со стороны источников в прошлом практически равно нулю. Всю развитую ими схему рассуждений можно перевернуть. Для этого достаточно постулировать, что в будущем отсутствуют возможные поглотители возмущений от источника  $i$ , тогда как в прошлом имеется достаточно много источников (абсолютный излучатель). В такой обращенной схеме рассуждений окажутся наблюдаемыми лишь опережающие взаимодействия и отсутствующие эффекты запаздывания. Следовательно, для выбора одной из двух схем необходимы дополнительные соображения.

2. Дополнительные соображения фактически сводились к обоснованию «стрелы времени» (по образному выражению А. Эддингтона). При этом использовались две версии: одна из них имела термодинамический характер, а вторая опиралась на общепринятый факт расширения Вселенной. Первая версия подразумевала, что окружающий мир (поглотитель) является холодным. Не вдаваясь в детали обсуждений этой версии, лишь укажем, что она приводила к выводу о неизбежной тепловой смерти Вселенной. Вторая версия выглядела более убедительной, однако она также вызывает сомнения.

Перейдем к пересмотру схемы рассуждений Фейнмана и Уилера с позиций последовательного реляционного подхода.

Во-первых, в развиваемой здесь теории отвергается влияние на пространственно-временные отношения со стороны будущего. Как уже отмечалось в предыдущей главе, будущее влияет лишь на значения масс элементарных частиц, а понятия пространственно-временных отношений обусловлены процессами (излучением) в прошлом. Это означает, что схему рассуждений Фейнмана и Уилера следует обратить во времени. О такой возможности выше уже упоминалось.

Во-вторых, в схеме рассуждений Фейнмана и Уилера рассматривалось переизлучение в поглотителе, вызванное излучением первичного источника  $i$ . В последовательном реляционном подходе влияние первичного излучения источником  $i$  следует заменить на независимые от него испущенные, но еще не поглощенные излучения объектов в окружающей Вселенной. При этом значительная часть проведенных рассуждений авторов сохранится.

В-третьих, в рассуждениях Фейнмана и Уилера мировой поглотитель трактовался как совокупность свободных электрических зарядов, тогда как в последовательном реляционном подходе необходимо заменить свободные заряды на системы атомов, которые могут излучать и поглощать излучения.

В-четвертых, следует отметить, что самым главным в описании воздействий как непосредственно от  $i$  на  $k$ , так и от окружающей Вселенной (от «поглотителя») является зависимость воздействия от расстояния между объектами  $i$  и  $k$ . Равенства полученных Уилером и Фейнманом воздействий можно трактовать как факт, что расстояние между взаимодействующими объектами



определяется воздействием со стороны испущенного, но еще не поглощенного излучения всего окружающего мира.

Таким образом, переинтерпретированную теорию поглотителя Фейнмана–Уилера, соответствующую духу принципа Маха, можно считать подтверждением гипотезы формирования значений метрики испущенным мировым излучением.

### 3. Реляционная трактовка космологического красного смещения

Третьим доводом в пользу высказанной гипотезы об истоках метрики может служить произведенное в нашей с А.Б. Молчановым работе [16] сопоставление энергий «моря» существующих во Вселенной «фотонов» (электромагнитного излучения) с энергией «разбегания» наблюдаемой материи во Вселенной (в ограниченной части Вселенной).

Полученный результат позволяет взглянуть под новым углом зрения на общепринятые представления о расширении Вселенной и вытекающую из этого убежденность о былом Большом взрыве или вообще веру о начале (или «сотворении») мира.

Как известно, в полную плотность электромагнитного излучения вносят вклад два основных фактора: реликтовое излучение и прочее излучение звезд.

1. По данным телескопа «Планк» [2] и других источников температура реликтового излучения составляет  $T_{\text{rel}} = 2,72548$  К. При этом его спектр с хорошей точностью можно считать чернотельным и применять для расчета объемной плотности энергии формулу Стефана – Больцмана.

2. Плотность энергии излучения всех звезд во Вселенной известна с меньшей точностью. Впервые ее оценку произвел А. Эддингтон [17. С. 371]. Она соответствует эффективной температуре 3,18 К. Эту величину Эддингтон назвал температурой межзвездного пространства. (В то время реликтовое излучение еще не было известно.)

Полная плотность энергии излучения во Вселенной может быть оценена суммой плотностей двух названных видов излучения.

Согласно идеологии реляционного подхода вся энергия пока непоглощенного электромагнитного излучения должна быть распределена между его возможными поглотителями, то есть между всеми частицами Вселенной. Это следует трактовать как дополнительную энергию материи, кинетическую энергию расширения Вселенной. Отметим, что альтернативу этому – сжатие – следует отвергнуть по той причине, что поглощение излучения приводит к отталкиванию. При оценке энергии расширения Вселенной предлагается ограничиться учетом только наблюдаемой ее части, в которой надежно наблюдается космологическое красное смещение. Кроме того, учитывались только наблюдаемые виды материи (без гипотетических темной материи и темной энергии), причем материя трактовалась в виде однородной изотропной сплошной среды, скорость расширения которой определялась законом Хаббла  $v = H_0 r$ , а плотность наблюдаемой материи по современным оценкам  $10^{-34}$  г/см<sup>3</sup>.

На основании современных наблюдательных данных мы можем с достаточной уверенностью рассуждать о плотности материи и ее движении лишь в ограниченном объеме пространства (в котором закон Хаббла линеен). По результатам Supernova Cosmology Project это ограничение соответствует красному смещению, начинающемуся с  $z$  порядка 0,1.

В результате вычислений было найдено, что плотность энергии расширяющейся Вселенной совпадает с найденной нами плотностью электромагнитного излучения, что подтверждает справедливость данной выше реляционной интерпретации процесса космологического «расширения» Вселенной.

При реляционно-статистическом подходе к описанию космологии остается ряд вопросов. Главным из них является: действительно ли Вселенная расширяется или эффект ее расширения следует считать кажущимся наблюдателю? Заметим, что расширение будет происходить лишь в случае реального поглощения «моря фотонов». Другой вопрос относится к обоснованию самого хаббловского закона пропорциональности красного смещения расстоянию до наблюдаемого источника (звезды или галактики). Кроме того, возникает вопрос о пути реляционного обоснования ускоренного расширения, приведший к необходимости в рамках ОТО гипотезы темной энергии. Имеются и другие вопросы.

#### **4. Неархимедова арифметика и космология**

Четвертый вид обоснований предложенного истока метрики имеет, на первый взгляд, сугубо математический характер. Однако следует иметь в виду, что при обсуждении столь глобальных проблем мироздания, как данная, тесно связанных с космологией, наиболее естественно исходить из представления о неразрывном единстве математики и физики.

При обсуждениях первого вида проявлений принципа Маха – в импульсном пространстве – авторы, как правило, отмечали, что принцип Маха диктует описание Вселенной на основе закрытых космологических моделей, характеризующихся конечными значениями массы и размера. Другими словами, отвергаются открытые космологические модели (с бесконечными пространственными сечениями). Тем самым ставится вопрос об исключении из физики бесконечно больших величин, который уже давно обсуждается рядом известных авторов.

##### ***4.1. Гипотеза Рашевского–Рвачева***

Выше уже приводилось высказывание П.К. Рашевского о статистической природе геометрических понятий. Приведем еще одну его идею о возможном изменении привычных правил арифметики в очень больших масштабах: «Натуральный ряд и сейчас является единственной математической идеализацией процессов реального счета. Это монопольное положение осеняет его ореолом некой истины в последней инстанции, абсолютной, единственно возможной, обращение к которой неизбежно во всех случаях, когда математик

работает с пересчетом своих объектов. Более того, так как физик использует лишь тот аппарат, который предлагает ему математика, то абсолютная власть натурального ряда распространяется и на физику и – через посредство числовой прямой – предопределяет в значительной степени возможности физических теорий... Быть может, положение с натуральным рядом в настоящее время имеет смысл сравнивать с положением евклидовой геометрии в XVIII веке, когда она была единственной геометрической теорией, а потому считалась некоей абсолютной истиной, одинаково обязательной и для математиков, и для физиков. Считалось, само собой понятным, что физическое пространство должно идеально точно подчиняться евклидовой геометрии (а чему же еще?). Подобно этому мы считаем сейчас, что пересчет как угодно больших расстояний в физическом пространстве и т. п. должны подчиняться существующим схемам натурального ряда и числовой прямой (а чему же еще?)» [18. С. 244].

П.К. Рашевский поставил ряд вопросов и высказал гипотезы относительно обобщений свойств координатного пространства, а в работах В.Л. Рвачева (см. [19; 20]) эта идея была подхвачена и конкретизирована. Он связал появление бесконечностей в математике и физике с привычкой следовать аксиоме Архимеда. Он писал: «Ключевым в наших рассуждениях является отказ от аксиомы Архимеда, которая была первоначально сформулирована для отрезков: если даны два отрезка, то, отложив достаточное число раз меньший из них, всегда можно получить отрезок, превосходящий больший из них. Затем эта аксиома перешла в арифметику и приняла вид: если даны величины  $a$  и  $b$ ,  $0 < a < b$ , то всегда можно найти такое целое число  $n$ , что  $an > b$ . Но представим себе, что у нас будут другие арифметические операции, отличные от классических. Тогда “арифметическое звучание” аксиомы Архимеда может оказаться отличным от геометрического и, в частности, вытекающее из этой аксиомы представление о неограниченности числовой оси может оказаться необязательным при построении арифметики» [19].

Рвачев предложил конкретное изменение общепринятой аксиоматики арифметики, что автоматически приводило к представлениям о замкнутой Вселенной. По этой причине он в своих работах обсуждал модель Вселенной, описываемую геометрией Римана (постоянной положительной кривизны).

Отметим, что аналогичной точки зрения придерживался и ряд других авторов, в частности, Рвачев ссылаясь на работу К. Авинаши в которой писалось: «Физические теории должны быть построены в соответствии с принципом конечности и определенности всех физических величин во Вселенной. Например, во Вселенной конечны суммарная масса вещества и суммарный заряд. Отсюда следует, что мы должны постараться найти начальные истоки концепции бесконечных величин и исключить их» [21]. Такой начальной концепцией Авинаши и Рвачев считали именно аксиому Архимеда.

Реляционно-статистический подход оказывается наиболее подходящим для восприятия и реализации этой идеи.

## 4.2. Модифицированная арифметика Рвачева

Поясним суть теории Рвачева и вытекающих из нее следствий. Как известно, в множестве вещественных чисел определены две групповые операции: сложения (и обратной – вычитания) и умножения (и обратной – деления). При обычном понимании этих операций их многократное применение приводит к появлению неограниченно больших чисел. Рвачев предложил так изменить определения групповых операций, что в принципе не смогут появиться числа, большие некоторого предельного числа  $c = 1/\alpha$ .

Введенные им новые операции сложения и вычитания двух чисел определяются через привычные операции сложения и умножения, причем, оказывается, так, как производится сложение скоростей в специальной теории относительности (в пространстве скоростей). Таким образом, в работах Рвачева было показано, что *изменения свойств натурального ряда фактически уже воплощены в физике в виде закономерностей специальной теории относительности*. По этой причине введенная им операция была названа релятивистским сложением (вычитанием). Она удовлетворяет всем привычным групповым свойствам, то есть эти операции имеют обратные и удовлетворяют свойствам коммутативности, ассоциативности, для них имеется нуль с обычными свойствами, но, главное, в результате релятивистских сложений не появляются числа, большие  $c$ .

В специальной теории относительности фактически ограничиваются одной операцией релятивистского сложения, тогда как в новой арифметике определена и вторая операция – релятивистское умножение (деление), которая является коммутативной, обладает свойством ассоциативности, для нее определена обратная операция и имеется единица с обычными свойствами.

В рамках релятивистской арифметики [19] были определены известные функции: степенная, экспоненты, логарифмы, тригонометрические и др. Более того, в теории, опирающейся на релятивистскую арифметику, вводятся специфические релятивистские производные и интегралы, обладающие свойствами соответствующих операций в общепринятом математическом анализе.

Характеризуя свою теорию, В.Л. Рвачев писал: «Классическому случаю соответствует значение  $\alpha = 0$ , и только в этом случае в математике возникает бесконечность. Выходит, что появлению этой (потенциальной) бесконечности математика обязана именно «рукам человеческим» или, точнее, – пальцам, с помощью которых люди научились считать. В принципе же, как это следует из приведенных результатов, для построения математики (впрочем, мы вправе говорить только о прикладной математике) допустимы, как мы видим, и другие пути, без бесконечности с порождаемыми ею парадоксами и различного рода монстрами. Прав был П.К. Рашевский, когда выступал против догматического взгляда на натуральный ряд. Что же касается ответа на вопрос, к каким последствиям для физических теорий может привести разрушение “монопольного положения натурального ряда”, то его должны дать физики» [19].

Этот ответ фактически уже был дан физиками при создании специальной теории относительности, причем она, как было показано, вполне согласуется с реляционно-статистическим подходом. Особо подчеркнем, что специальная теория относительности создавалась, главным образом, на основе реляционных идей, которых придерживался Эйнштейн тогда и далее, создавая общую теорию относительности.

### **4.3. Миф ускоренного расширения Вселенной**

Однако Рвачев и сам попытался исследовать, к каким физическим следствиям может привести обобщение теории координатного пространства-времени на основе его теории. В частности, им было показано [20], что это приводит к космологическому красному смещению в спектрах излучения от далеких астрофизических объектов.

Согласно идее Рашевского о максимально возможном значении масштабного фактора  $R_0$ , для любого наблюдателя Вселенная представляется в виде гипершара радиуса  $R_0$  со сжимающейся метрикой к его границе (к горизонту). При этом длина волны испущенного удаленным источником света воспринимается наблюдателем как бы в «разжатом» состоянии с большей длиной волны.

Проведенные Рвачевым выкладки показывают [20], что на больших расстояниях красное смещение оказывается пропорциональным квадрату расстояния до источника, а не первой степени  $R$ , как это имеет место для хаббловского красного смещения.

Этот результат можно согласовать с наблюдениями, если предположить, что космологическое красное смещение определяется несколькими факторами. Так, можно полагать, что линейная зависимость до значения относительного изменения длины волны  $z = 0,1$  определяется вкладами энергий испущенных, но еще не поглощенных электромагнитных излучений, а на больших расстояниях вступают в силу эффект Рвачева, соответствующий как бы ускоренному расширению Вселенной.

## **5. Экскурс в историю**

В качестве пятого вида соображений в пользу предложенного истока метрики приведем высказывания ряда мыслителей прошлого, то есть совершим своеобразный экскурс в историю, показывающий, что изложенные здесь идеи уже давно «витали в воздухе». Не хватало лишь подходящей математики и реляционного подхода к мирозданию, который позволяет эти идеи объединить в единую замкнутую систему.

### **5.1. «Метафизика света»**

В начале XX века многовековую дискуссию о роли света в физическом мироздании стали именовать «метафизикой света». (А как иначе в прошлом могли трактовать электромагнитное излучение?)

В «Большой российской энциклопедии» (2012 г.) говорится: «Метафизика света – характерный для позднеантичной и средневековой философии комплекс представлений о свете: в онтологическом плане – как о субстанции всего сущего; в гносеологическом плане – как о принципе познания; в эстетическом плане – как о сущности прекрасного. Имеет как библейские, так и платонические и особенно неоплатонические истоки. В Ветхом Завете сотворение света предшествует всем другим творческим актам Бога. В Новом Завете говорится не только о “неприступном свете” как месте “обитания Бога”, но и о том, что сам Бог “есть свет”» [22. С. 115].

Естественнонаучная трактовка метафизики света в Европе наиболее ярко была представлена в учении английского теолога и естествоиспытателя епископа Роберта Гроссетеста (ок. 1175–1253). В его высказываниях можно уловить предвидения (или воспроизведение идей глубокой древности) реляционно-статистических оснований мироздания.

Гроссетест определял свет как единую для всех тел «форму телесности» и придавал геометрическим законам его распространения статус всеобщности. В космологическом трактате «О свете, или О начале форм» он предложил трактовку того, каким образом математические отношения вводятся в мировой универсум. Приведем его достаточно пространное высказывание из этого трактата: «Я считаю, что первая телесная форма, которую некоторые называют телесностью (*corporeitatem*), есть свет (*lux*). Ведь свет в силу самой своей природы (*per se*) распространяет себя самого во все стороны, причем таким образом, что из световой точки тотчас же порождается сколь угодно большая световая сфера если только путь распространения света не преградит нечто, способное отбрасывать тень (*umprosum*). <...>

Итак свет, который есть первая форма в первой материи сотворенная, себя самого посредством себя же самого со всех сторон беспредельно умножающий и во все стороны равномерно простирающийся, распространял в начале времени материю, которую не смог оставить, растягивая ее вместе с собой до размеров мироздания (*mundi machina*). И распространение материи не могло происходить посредством конечного умножения света, ибо как то показал Аристотель в «О Небе и Мире» нечто простое (*simplex*), воспроизведенное конечное число раз, не порождает величины (*quantum*). <...> Необходимо, следовательно, чтобы свет, который прост по природе своей (*in se*), будучи бесконечно умноженным, распространял материю, точно так же простую, до размеров конечной величины (*magnitudinis*)» [23].

Удивительно, что аналогичные взгляды высказывались и в рамках культуры ислама. Как пишет А.В. Смирнов: «Философская разработка понятия света в его метафизическом и физических аспектах характерна для *ишракизма* в силу его связи с древнеиранским наследием, прежде всего зороастризмом» [24]. При этом называется имя арабско-мусульманского философа ас-Сухраварди (1154–1191), придерживавшегося этих позиций.

Поскольку в данной идеологии имеется ряд специфических тонкостей, процитируем специалиста в этой области: «Предпринятая в ишракизме попытка построения абсолютно монистической философии опирается

на понятие света, которое рассматривается как единое и единственное начало мироздания (“Свет светов”), начало всякой активности, начало познания и знания. Свет делится на чистый, или свет для себя, и акцидентальный, или свет для другого. Первый, метафизический, свет существует вне пространства и тел, второй внедрен в тела. Но, как именно свет, метафизический свет не отличается от физического, который существует в нашем мире в виде “лучей”. Хотя признается, что лучи проистекают от “просветленных” космических тел, которые в силу этого оказываются и “светоносными”, луч бестелесен, не перемещается в пространстве и представляет собой “фигуру”. Противоположность света – “тьма” (зулм) – определяется как отсутствие света и не имеет никакого позитивного содержания. Вместе с тем помимо света приходится признать наличие его “носителей” в нашем мире, которые оказываются темными при отсутствии света. Их общим названием служит “преграда” (барзах), то есть препятствие свету, отождествляемая в общепhilosophическом лексиконе с первоматерией. Преграды субстанциональны и не порождены светом, поэтому искомый монизм уступает место дуализму» [24].

Из знакомства с представлениями средневековых мыслителей – сторонников метафизики света – невольно возникает вопрос об источнике появления этих представлений: они были выдвинуты в Средневековье или являются отголоском взглядов более древних цивилизаций? В пользу последнего свидетельствует отмечаемая многими авторами связь арабско-мусульманской культуры с зороастризмом (1-е тысячелетие до н. э.), а последнее могло иметь корни в шумерской культуре.

Уже значительно позже на эту тему размышлял английский философ Ф. Бэкон (1561–1626), однако под влиянием укоренившихся религиозных представлений у него уже отсутствовали реляционные аспекты света. Он писал: «С другой стороны и в самой физике свет (как и его причины, получают порой почти фантастическое толкование, и его рассматривают как нечто среднее между божественной и природной субстанциями, а некоторые из платоников даже заявляли, что он древнее самой материи, совершенно безосновательно вообразив, что после того, как было создано пространство, оно сначала наполнилось светом, а уж потом – материей. А между тем Священное писание достаточно красноречиво свидетельствует, что темная масса неба и земли была создана раньше света» [25. С. 275–276].

Историки утверждают, что вся культура Средневековья была пронизана духом метафизики света. В последующий период Нового времени из нее выделилось несколько направлений: 1) научное, то есть развитие оптики, 2) мистическое и 3) теологическое.

Согласно изложенному выше, теперь это направление мысли правильнее именовать «метафизикой электромагнитного излучения».

## ***5.2. Реляционный аналог эфира***

«Океан» испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения можно связать с идеей мирового эфира.

Понятие эфира теснейшим образом связано с субстанциальной трактовкой природы пространства-времени и соответствующей ей концепцией близкодействия. Однако о понятии эфира задумывались и сторонники реляционной природы пространства-времени. Так, например, об этом размышлял Г. Лейбниц, придав данной проблеме религиозный характер. Он писал: «Но в простых субстанциях бывает только идеальное влияние одной монады на другую, которое может происходить лишь через посредство Бога, поскольку в идеях Божьих одна монада с основанием требует, чтобы Бог, устанавливая в начале вещей порядок между другими монадами, принял в соображение и ее» [26. С. 421–422].

О божественной природе пространства и способах передачи воздействий писал и Ньютон, называя пространство «чувствилицем Бога». В XIX веке уже не было принято упоминать Бога, а роль передачи взаимодействий отводилась эфиру. В частности, в работах Фарадея и Максвелла на основе эфира трактовалась природа электромагнитных взаимодействий.

В связи с этим уместно напомнить высказывание Я.И. Френкеля, активного сторонника концепции дальнего действия. Так, в своей статье «Мистика мирового эфира» он писал: «Мистицизм, то есть вера в сверхъестественное, наименее уместен, казалось бы, в естественных науках. В действительности, однако, не только биология, но и физика не вполне свободны от мистических элементов. В области физических наук очагом, или средоточием мистицизма является, по нашему мнению, понятие мирового эфира» [27. С. 136].

Как писал Френкель, в самом начале XX века в связи с созданием специальной теории относительности понятие эфира было отвергнуто, наступила эра физического атеизма, однако она продолжалась недолго – роль отвергнутого эфира взяло на себя само пространство-время общей теории относительности. Об этом писал сам Эйнштейн в своей статье «Эфир и теория относительности» [28].

Об этом также писал Г. Вейль: «На самом деле в основе общей теории относительности Эйнштейна лежит фундаментальная идея о том, что базовая мировая структура, проявляющая себя в мощных силовых взаимодействиях, не может быть неподвижной составляющей вселенной, установленной раз и навсегда. Это должно быть нечто реальное, но такое, что может не только воздействовать на материальные объекты, но и реагировать на воздействия с их стороны. <...> Этой вполне реальной сущности Эйнштейн по доброй традиции дал прежнее название «эфир». <...> Неспроста великий немецкий поэт-романтик Гёльдерлин еще в начале XIX века посвятил “Отцу Эфиру” прекрасные “космические” песни. И для сегодняшней натурфилософии он остается великой загадкой; и для моего понимания, в том числе, грандиозное превосходство эфира над материей остается *глубочайшей* тайной» [29. С. 210].

В теоретико-полевой парадигме роль эфира стало выполнять понятие вакуума.

В связи с изложенным можно полагать, что ничто не мешает называть «океан» излученного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения электромагнитным эфиром в реляционно-статистической парадигме. Дело



только в том, что сущность этого эфира принципиально отличается от представлений об эфире конца XIX века или от его трактовок в двух других парадигмах в XX веке. Более того, этот подход значительно усиливает идею Вейля о роли электромагнетизма в «базовой мировой структуре».

Близкую точку зрения к пониманию эфира в реляционной парадигме можно усмотреть и в высказываниях Николы Теслы. Он настаивал на необходимости электромагнитного эфира. Так, он писал: «Экспериментируя с импульсами высоких напряжений, я сразу же стал глубоко размышлять над проблемой природы электрической материи и энергии. Вскоре мысли об океане волн электрической материи, заполняющей Вселенную, привели меня к новому физическому образу мирового электрического эфира. Уже в новом веке я смог развить эфирный принцип до такой степени, что получил новую динамическую теорию гравитации» (цит. по [30. С. 240]).

### 5.3. Связь реляционного взгляда на метрику с идеями Вейля

Наконец, следует отметить, что изложенный выше реляционный подход к истокам происхождения метрики тесно связан с предложенным Г. Вейлем обобщением римановой геометрии, которое, в свою очередь, связано с обобщением понятия параллельного переноса смещений, векторов или тензоров произвольного ранга. Как известно, в римановой геометрии, положенной в основу общей теории относительности, длины при параллельном переносе не меняются. Вейль назвал это «принципом дальнего действия», отличным от одноименного принципа в реляционной парадигме. Вейль же так обобщил процедуру параллельного переноса, что в результате длины изменяются на величину  $ds = A_{\mu} dx^{\mu}$ , где вектор  $A_{\mu}$  Вейль предложил трактовать пропорциональным электромагнитному векторному потенциалу. Таким образом, в основе геометрии Вейля наряду с метрическим тензором  $g_{\mu\nu}$ , описывающим гравитацию, выступает вектор  $A_{\mu}$ , характеризующий электромагнетизм. Последнее Вейль предложил называть проявлением «принципа близкого действия» противоположно используемой выше в этой книге трактовке.

Вейль писал, что «если устранить непоследовательность» (римановой геометрии, связанной с сохранением в ней длин. – Ю.В.), «то мы придем к геометрии, поразительным образом объясняющей (если её применить к физическому миру) *не только гравитационные, но и электромагнитные явления* (курсив здесь и далее Вейля. – Ю.В.). И у тех и у других в возникающей таким образом теории оказывается один и тот же источник, причем, *вообще говоря, гравитацию и электричество даже нельзя произвольно отделить друг от друга*» [31].

Здесь под единым источником Вейль понимал обобщенную геометрию. Однако тут же хочется вспомнить слова Ван Данцига, сказанные в связи с моделями геометризации физических полей: «Недостаточно ясно, какие логические или эпистемологические преимущества у интерпретации части геометрического объекта, как, скажем, электромагнитного поля, а не наоборот» [13].

Как нам представляется, Вейль существенно сузил возможности своей (и вообще) геометрии, связав с электромагнетизмом лишь изменения длин, а не полностью сами длины, что предлагается сделать в последовательной реляционной теории.

Однако здесь следует сделать важное замечание. Вейль и другие авторы пытались интерпретировать обобщение геометрии Римана в самом общем понимании электромагнетизма, то есть полагая, что изменения длин должны происходить, например, в кулоновском поле или внутри электростатического конденсатора, чего обнаружить так и не удалось. В итоге физикам пришлось отказаться от геометрической модели объединения гравитации и электромагнетизма Вейля. Но ситуация кардинально меняется, если геометрию, в том числе и изменения длин, связывать именно с влиянием электромагнитных излучений, что на много порядков меньше сил наблюдаемых электромагнитных полей.

### Заключение

Изложенное выше представляет веские доводы в пользу утверждений мыслителей прошлого о всеобщей связи материальных систем со всем окружающим миром. Это соответствует взглядам Г. Лейбница, которые были достаточно ярко описаны в книге Куна Фишера «Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение», где отмечалось, что, согласно взглядам Лейбница, «невозможно, чтобы данная вещь представляла только свою индивидуальность, не включая в это непосредственно всех остальных индивидуумов. Если мы назовем совокупность или порядок вещей миром, то этот индивидуум возможен только в этом мире, в этом порядке вещей и не может без него ни существовать, ни быть понятным; поэтому природа каждого существа заключает в себе связь со всеми остальными, стало быть, саму Вселенную» [32].

Аналогичным образом мыслил и Э. Мах, который писал: «Дело именно в том, что природа не начинает с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас, во всяком случае, счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных частях его. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания» [3. С. 199].

Как нам представляется, в настоящее время созрели условия для исправления сложившихся в XX веке представлений о первичности локальных свойств наблюдаемых нами систем. Пора обратить серьезное внимание на обусловленность локальных свойств наблюдаемых объектов глобальными свойствами всего окружающего мира (см. [33]). В частности, это относится и к обоснованию свойств микромира. Глубоко прав был Дж. Уилер, который в 1971 году написал на стене кафедры теоретической физики МГУ имени М.В. Ломоносова слова: «Не может быть теории, объясняющей элементарные частицы, которая имеет дело лишь с частицами». Из состоявшегося при этом разговора Дж. Уилера с Д.Д. Иваненко следовало, что он имел в виду необходимость учета всего окружающего мира при разработке физики элементарных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
2. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
3. *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2000.
4. *Фейнман Р.Ф., Моринго Ф.Б., Вагнер У.Г.* Фейнмановские лекции по гравитации. М.: Янус-К, 2000.
5. *Дикке Р.* Многоликий Мах // Гравитация и теория относительности: сб. М.: Мир, 1962.
6. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. Ч. 1: Природа пространства – времени. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
7. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Книга 2: Три дуалистические парадигмы XX века. М.: ЛЕНАНД, 2017.
8. *Риман Б.* О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. М.: Мир, 1979. С. 18–33.
9. Природа электрического тока (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). М.-Л.: Изд-во Всесоюзного электротехнического общества, 1930.
10. *Максвелл Д.К.* Трактат об электричестве и магнетизме. Последний раздел из главы XXIII «Теория действия на расстоянии». Т. II / пер. З.А. Цейтлин. М.: Наука, 1989. С. 378–380.
11. *Ращевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М.: Наука, 1967.
12. *Циммерман Е.Дж. (Zimmerman E.J.)* The macroscopic nature of space-time // Amer. J. Phys. 1962. Vol. 30. P. 97–105.
13. *Van Dantzig D.* On the relation between geometry and physics and concept of space-time // Fünfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel. 1955. Bd. 1. S. 569.
14. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Interaction with absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys. 1945. Vol. 17. P. 157–181.
15. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Classical electrodynamics in terms of direct interparticle action // Rev. Mod. Phys. 1949. Vol. 24. P. 425–433.
16. *Владимиров Ю.С., Молчанов А.Б. (Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B.)* Relational justification of the cosmological redshift // Gravitation and Cosmology. 2015. Vol. 21. No. 4. P. 279–282.
17. *Eddington A.S.* The internal constitution of the stars. Cambridge University Press, 1930.
18. *Ращевский П.К.* О догмате натурального ряда // Успехи математ. наук. 1973. Т. XXVIII. Вып. 4 (172). С. 243–246.
19. *Рвачев В.Л.* Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. Харьков: Препринт инст-та проблем машиностроения АН УССР, 1990.
20. *Рвачев В.Л.* Неподвижные объекты дальнего космоса имеют красное смещение своих спектров // Препринт АН Украины. Инст. проблем машиностроения. № 377. Харьков, 1994.
21. *Avinash K.* A set of new integers // Speculations in Science and Techn. Navranpura, India. 1986–1989. № 4. P. 291–295.
22. Большая Российская энциклопедия. Т. 20. М.: Научное издательство Большая Российская энциклопедия, 2012.
23. *Гроссетест Р.* О свете и о начале форм / пер. А.М. Шишкова // Вопросы философии. 1995. № 6.
24. *Смирнов А.В.* Метафизика света // Новая философская энциклопедия. Т. 2. М.: Мысль, 2010. С. 546.
25. *Бэкон Ф.* Сочинения: в 2 т. Т. 1. М.: Мысль, 1977.
26. *Лейбниц Г.В.* Письма к Кларку // Лейбниц. Соч.: в 4 т. Т. 1. М.: Мысль, 1982. С. 430–528.

27. Френкель Я.И. Мистика мирового эфира // На заре новой физик: сб. Ленинград: Наука, 1970.
28. Эйнштейн А. Эфир и теория относительности // Собр. науч. трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 682–689.
29. Вейль Г. Основные черты физического мира. Форма и эволюция // Избранные труды. Математика. Теоретическая физика. М.: Наука, 1984. С. 345–360.
30. Арсенов О.О. Никола Тесла. Открытия реальные или мифические. М.: Эксмо, 2010.
31. Вейль Г. Гравитация и электричество // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. М.: Мир, 1979. С. 513–528.
32. Фишер К. Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение. СПб.: Издание Д.Е. Жуковского, 1905.
33. Владимирова Ю.С. Реляционная картина мира. М.: ЛЕНАНД, 2020.

## MACH PRINCIPLE AND SPACE-TIME METRIC

Yu.S. Vladimirov

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

There are five arguments in favor of the statement that the metric (the concepts of lengths, intervals, time intervals) is determined by the influences of the entire surrounding world on the properties of the observed objects: 1) logical consequences of recognizing the relational nature of classical space-time and describing interactions based on the concept of long-range, 2) sequential relational interpretation of the Feynman – Wheeler absorber theory, 3) comparison of electromagnetic radiation densities and “scattering” galaxies, 4) mathematicians changing the axiom of Archimedes, 5) keeping the ideas of “metaphysics of light”.

**Keywords:** the relational nature of space-time, the concept of long-range action, Mach principle, absorber theory, Archimedes axiom, metaphysics of light.

## ОДНОЧАСТИЧНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ФУНКЦИИ В РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЕ

А.В. Соловьёв

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

Обсуждается квантовое описание свободных частиц в псевдофинслеровых импульсных пространствах, возникающих в одном из реляционных подходов к физике и геометрии пространства-времени. Показано, что для волновых функций таких частиц можно определить инвариантное унитарное скалярное произведение, обеспечивающее стандартную квантово-механическую вероятностную интерпретацию. В качестве простейшего примера рассмотрено описание бесспиновой частицы.

**Ключевые слова:** реляционная парадигма, псевдофинслерова геометрия, волновые функции в импульсном представлении.

Прогресс в физике часто сопровождался изменением геометрической модели пространства-времени. Так, специальная теория относительности наиболее естественно формулируется в четырехмерном псевдоевклидовом пространстве Минковского. Общая теория относительности наделяет пространство-время структурой псевдориманова многообразия и связывает его метрический тензор с гравитацией. Многомерная общая теория относительности, возникшая первоначально как пятимерная теория Калуцы – Клейна, вводит дополнительные измерения пространства-времени и позволяет объединить гравитацию с другими известными фундаментальными взаимодействиями на классическом уровне. В суперсимметричных расширениях теории поля используется суперпространство, в котором к обычным коммутирующим координатам добавляются антикоммутирующие спинорные координаты. Аналогичные изменения геометрии пространства-времени происходят в супергравитации и теории суперструн.

В ряде моделей квантовой гравитации (спиновые сети, каузальные множества, динамические триангуляции) реанимируется реляционный взгляд на пространство-время, восходящий к Г. Лейбницу и Э. Маху. Согласно этому взгляду наблюдаемое пространство-время формируется лишь на макроскопическом уровне в результате статистического усреднения квантовых характеристик непосредственно взаимодействующих друг с другом элементарных частиц. На уровне отдельных элементарных частиц классического пространства-времени просто не существует.

Один из реляционных подходов к физике и геометрии пространства-времени развивается в группе профессора физического факультета МГУ

Ю.С. Владимирова [1]. В рамках этого подхода естественным образом возникают спинороподобные объекты, названные финслеровыми  $N$ -спинорами [2–4]. Эти объекты порождают три серии  $n$ -мерных псевдофинслеровых векторных пространств, причем  $n = N^2, N(N+1)/2, N(N-1)/2$ , а  $N$  – любое натуральное число больше единицы (среди данных пространств есть и четырехмерное псевдоевклидово пространство с сигнатурой пространства Минковского). Эти пространства предлагается интерпретировать как обобщенные пространства импульсов частиц. Возникает закономерный вопрос: «Почему именно импульсов, а не координат?» Ответ может показаться несколько пространственным и заключается в следующих рассуждениях.

С реляционной точки зрения у отдельной элементарной частицы не может быть координат. Последние имеют смысл только для макрообъектов. Важнейшей физической величиной, характеризующей частицу, является масса. Простейший вектор, зависящий от массы, – это импульс классической частицы. Мы привыкли к тому, что импульс макрообъекта пропорционален его скорости. Вычисление скорости требует знания координат макрообъекта в начальный и конечный моменты времени. Это действительно так для *средней скорости* макрообъекта. Однако во всех формулах, в которых фигурирует скорость, имеется в виду *мгновенная скорость* макрообъекта.

По определению, мгновенная скорость есть *предел* средней скорости при стремлении к нулю разности конечного и начального моментов времени. Этот предел зависит только от начального момента времени и не зависит от конечного. Он не является перемещением макрообъекта и принадлежит самостоятельному пространству скоростей, отличному от пространства координат. В дифференциальной геометрии это пространство называется касательным к многообразию. Ему же принадлежит импульс макрообъекта. Ситуация здесь вполне типична для теории пределов. Например, предел последовательности рациональных чисел вовсе не обязан быть рациональным числом, а может оказаться иррациональным числом.

Предел последовательности, вообще говоря, не принадлежит тому множеству, из которого берутся элементы последовательности. Поэтому импульс классического макрообъекта, хотя и нуждается для своего вычисления в координатах, лежит, тем не менее, в своем собственном пространстве, отличном от координатного пространства. В квантовой механике происходит окончательное разделение координатного и импульсного пространств. То, что мы по инерции называем импульсом квантовой частицы, на самом деле является вектором квантовых чисел (собственных значений оператора импульса, действующего в абстрактном гильбертовом пространстве квантовых состояний), не требующих для своего вычисления использования координат уже ни в каком виде. Поскольку эксперимент вынужденно имеет дело с классическими макроприборами, то при измерении происходит отождествление этого абстрактного вектора с тем импульсом частицы, который она имела бы, если бы была классической. В указанном смысле и будем понимать импульс элементарной частицы. Таким образом, еще не имея координат, уже можно говорить об импульсах и использовать их при построении реляционной теории.

Вернемся, однако, к псевдофинслеровым импульсным пространствам. Длина вектора  $p^a$  в них определяется формулой

$$|p|^m = G_{ab\dots c} p^a p^b \dots p^c,$$

где  $G_{ab\dots c}$  – симметричный по всем индексам постоянный метрический тензор, каждый индекс пробегает  $n$  значений, а общее количество индексов  $m = N$  или  $[N/2]$  (связь между размерностью  $n$  пространства и натуральным числом  $N$  указана выше). При  $m = 2$  получаем обычные псевдоевклидовы длины. Уравнение «массовой оболочки» в таких пространствах имеет вид

$$G_{ab\dots c} p^a p^b \dots p^c = M^m,$$

где  $p^a$  – импульс частицы, а  $M$  – ее масса. В частном случае четырехмерного импульсного пространства релятивистской классической механики оно представляет собой знаменитое соотношение *энергия – импульс – масса*.

Использование псевдофинслеровой геометрии, да еще многомерной, может показаться противоречащим всей имеющейся физической практике. В этой связи следует отметить одно важное обстоятельство, относящееся именно к тем псевдофинслеровым пространствам, о которых здесь идет речь. Оказывается, для четырехмерного наблюдателя  $n$ -мерный импульс  $p^a$  выглядит как набор, состоящий из лоренцева вектора, одного или нескольких майорановских спиноров и одного или нескольких лоренцевых скаляров [2; 3]. Эти геометрические объекты сплошь и рядом встречаются в теоретической физике, в них нет ничего необычного. Лоренцев вектор, конечно, надо ассоциировать с 4-импульсом частицы. Майорановские спиноры сами по себе являются ненаблюдаемыми величинами, и вопрос об их интерпретации пока следует считать открытым. А вот интерпретация скаляров имеет прецеденты в существующих теориях. Так, в пятимерной теории Калуцы – Клейна пятая компонента импульса пропорциональна электрическому заряду частицы. Естественно предположить, что оставшиеся скалярные компоненты  $n$ -мерного импульса  $p^a$  также пропорциональны некоторым скалярным характеристикам частицы, например ее массе. Что касается непривычности псевдофинслеровой геометрии, то можно с ходу привести пример тоже достаточно непривычной неевклидовой геометрии, буквально пронизывающей всю физику элементарных частиц: трехмерные импульсы релятивистской классической частицы с ненулевой массой образуют пространство Лобачевского. Но кто мог подумать во времена Н.И. Лобачевского, что его «воображаемая геометрия» имеет настолько прямое отношение к реальности?

Как псевдофинслеровы импульсные пространства, так и «массовые оболочки» в них обладают одинаковыми группами симметрий. Специфика теории финслеровых  $N$ -спиноров заключается в том, что эти группы симметрий содержат в себе гомоморфные образы матричных групп  $SL(N, \mathbf{R})$  и  $SL(N, \mathbf{C})$  [2; 3]. Последние имеют фундаментальное значение для развиваемой реляционной теории. Другие группы в ней не используются.

«Массовая оболочка», рассматриваемая как гиперповерхность в пространстве импульсов, сама является псевдофинслеровым пространством  $n-1$

измерений, но теперь уже искривленным. Ее индуцированная метрика имеет вид

$$ds^m = g_{ab\dots c}(p) dp^a dp^b \dots dp^c,$$

где  $g_{ab\dots c}(p)$  – симметричные по всем индексам функции независимых компонент импульса, причем каждый индекс пробегает  $n-1$  значение, а общее количество индексов по-прежнему равняется  $m$ . Упомянутое выше пространство Лобачевского обладает этой метрикой при  $m = 2$  и  $n = 4$ , а его радиус кривизны пропорционален массе частицы.

До сих пор речь, в сущности, шла о классических частицах. Но на самом деле элементарные частицы являются квантовыми объектами. Поэтому возникает необходимость в совмещении квантовой механики с псевдофинслеровой геометрией. Поскольку координат у нас нет, но зато есть импульсы, то единственным представлением векторов состояний квантовой частицы, которым можно воспользоваться, является импульсное представление. Помимо естественности импульсного представления с отстаиваемой здесь реляционной точки зрения оно обладает также неоспоримыми математическими преимуществами по сравнению с широко распространенным координатным представлением. Остановимся на этом подробнее.

Достоинство удивления тиражируемое практически во всех современных учебниках по квантовой теории поля утверждение о невозможности построить положительно определенную плотность вероятности из волновой функции релятивистской бесспиновой частицы. Это приводится как один из главных доводов в пользу «несостоятельности» релятивистской квантовой механики одной частицы и необходимости перехода к квантованию полей. Как будто не было классических работ Е. Вигнера и В. Баргмана о классификации неприводимых унитарных представлений группы Пуанкаре (то есть группы Лоренца, расширенной параллельными переносами системы координат). В этих весьма искусных математических работах Вигнер и Баргман, независимо друг от друга, построили все неприводимые представления группы Пуанкаре, реализовав их унитарными операторами, действующими на одночастичные волновые функции, зависящие от импульса. Со сводкой этих замечательных результатов можно ознакомиться в их совместной статье [5]. Оказалось, что «классификация всех унитарных представлений группы Лоренца... равносильна ... классификации всех возможных релятивистских волновых уравнений» [5. С. 212]. Кроме того, «настоящее обсуждение не основывается на каких бы то ни было гипотезах о структуре волновых уравнений за исключением их лоренц-инвариантности. В частности, нет необходимости постулировать дифференциальные уравнения в конфигурационном пространстве. ... Мы дадим для каждого представления... уравнение, решения которого преобразуются согласно этому представлению» [5. С. 213]. И наконец: «Чтобы построить эти представления явно, мы выберем в каждом случае одну из эквивалентных систем волновых уравнений, определим лоренц-инвариантное скалярное произведение  $(\varphi, \psi)$  ... Мы будем работать в импульсном простран-



стве; это особенно просто, потому что импульсы (но не координаты) определяются группой Лоренца как бесконечно малые трансляции» [5. С. 216]. Наличие лоренц-инвариантных унитарных скалярных произведений волновых функций частиц произвольного спина как раз и обеспечивает возможность стандартной квантово-механической вероятностной интерпретации. Весьма примечательно, что эти скалярные произведения имеют относительно простой вид только для волновых функций импульсного представления. Они включают в себя интегрирование по «массовой оболочке» и суммирование по спиновому индексу.

Вдохновившись идеями Вигнера и Баргмана, можно попытаться обобщить их результаты на группы симметрий псевдофинслеровых импульсных пространств. Это дало бы полное квантовое описание свободных частиц с импульсами, лежащими в указанных пространствах. И если записать уравнения, выделяющие из всего пространства волновых функций подпространства неприводимых представлений групп симметрий, совсем несложно, то придумать инвариантные унитарные скалярные произведения волновых функций весьма не просто. Главная проблема состоит в определении инвариантной меры в интеграле по псевдофинслеровой «массовой оболочке». Автору удалось решить эту проблему для всех  $m$  и  $n$ , за исключением случаев, когда  $m$  – нечетное число, а  $n$  – четное.

Отвлекаясь от многокомпонентных волновых функций, соответствующих частицам с ненулевым спином, рассмотрим для простоты бесспиновую частицу (обобщение на ненулевой спин не вызывает принципиальных затруднений). В этом случае волновое уравнение тривиально и эквивалентно утверждению, что импульс  $p$  частицы лежит на «массовой оболочке»  $G_{ab\dots c} p^a p^b \dots p^c = M^m$ , а ее волновая функция  $\psi(p)$  имеет только одну скалярную компоненту. Оказывается, при четном  $m$  всеми требуемыми квантовой механикой свойствами обладает следующее скалярное произведение волновых функций  $\phi(p)$  и  $\psi(p)$ :

$$\langle \phi | \psi \rangle = \int \phi(p)^* \psi(p) |\text{hdet}\{g_{ab\dots c}(p)\}|^{1/m} dp^1 dp^2 \dots dp^{n-1},$$

где  $*$  обозначает комплексное сопряжение,  $\text{hdet}\{g_{ab\dots c}(p)\}$  – гипердетерминант Кэли [6], построенный по компонентам метрического тензора  $g_{ab\dots c}(p)$ , а областью интегрирования является вся «массовая оболочка». При нечетном  $m$  соответствующая формула содержит некоторое обобщение гипердетерминанта, предложенное автором и совпадающее при  $n = 3$ ,  $m = 3$  с так называемым вторым гипердетерминантом Кэли [7].

Таким образом, получено  $SL(N, \mathbf{R})$ - или  $SL(N, \mathbf{C})$ -инвариантное квантовое описание свободных частиц с импульсами, принадлежащими псевдофинслеровым пространствам, которое обобщает стандартную релятивистскую квантовую механику таких частиц. Это описание является реляционным по своей сути и не требует использования пространственно-временных координат. Конечно, настоящая физика начинается только после включения взаимодействий между частицами. Один из вариантов, как это можно

было бы сделать в рамках реляционной парадигмы, предложен в статье [8]. Перенесение соответствующих рассуждений с псевдоевклидовой на псевдофинслерову геометрию требует самостоятельного исследования, которое должно завершиться выводом правил Фейнмана, традиционных для квантовой теории взаимодействующих элементарных частиц. Однако в любом случае внешние линии диаграмм Фейнмана соответствуют свободным частицам, а амплитуды вероятностей простейших процессов рассеяния пропорциональны скалярным произведениям волновых функций. И то и другое мы уже умеем описывать.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
2. Solov'yov A.V., Vladimirov Yu.S. Finslerian  $N$ -spinors: Algebra // Int. J. Theor. Phys. 2001. V. 40. № 8. P. 1511–1523.
3. Соловьёв А.В. Финслеровы  $N$ -спиноры с действительными компонентами // ТМФ. 2015. Т. 183. № 3. С. 359–371.
4. Соловьёв А.В. Реляционные основания финслеровых спиноров // Метафизика. 2014. № 2. С. 100–105.
5. Bargmann V., Wigner E.P. Group Theoretical Discussion of Relativistic Wave Equations // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1948. V. 34. № 5. P. 211–223.
6. Соколов Н.П. Пространственные матрицы и их приложения. М.: ГИФМЛ, 1960.
7. Gelfand I.M., Kapranov M.M., Zelevinsky A.V. Discriminants, Resultants, and Multidimensional Determinants. Boston: Birkhäuser, 1994.
8. Соловьёв А.В. Проблемы описания физических взаимодействий в реляционной парадигме // Метафизика. 2018. № 1. С. 16–23.

## ONE-PARTICLE WAVE FUNCTIONS IN THE RELATIONAL PARADIGM

A.V. Solov'yov

*Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University*

We discuss a quantum description of free particles in pseudo-Finslerian momentum spaces appearing in one of relational approaches to physics and geometry of space-time. It is shown that, for wave functions of such particles, we can define an invariant unitary scalar product which ensures the standard quantum mechanical probabilistic interpretation. As the simplest example, the description of a spinless particle is considered.

**Keywords:** the relational paradigm, pseudo-Finslerian geometry, wave functions in the momentum representation.

## РЕЛЯЦИОННЫЙ ПРИНЦИП ПОЛНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

А.Г. Жилкин<sup>1</sup>

*Институт астрономии Российской академии наук*

В работе обсуждается принцип полного поглощения, играющий в реляционной теории такую же роль, как принцип эквивалентности в общей теории относительности и принцип корпускулярно-волнового дуализма в квантовой теории. Физическая суть этого принципа сводится к тому, что во Вселенной должно присутствовать достаточно большое количество частиц для того, чтобы было возможно полное поглощение излучения любого источника. Отсюда следует полная эквивалентность с точки зрения эксперимента прямого межчастичного взаимодействия и взаимодействия, переносимого локальным полем в пространстве-времени. Отмечено, что в своей классической трактовке вариационный принцип Фоккера, на котором основана теория прямого межчастичного взаимодействия, содержит дилемму, обусловленную двумя взаимно противоречивыми необходимыми свойствами действия взаимодействия. Предложен один из вариантов преодоления этой дилеммы.

**Ключевые слова:** реляционная теория, пространство-время, электромагнитное поле, прямое межчастичное взаимодействие.

### Введение

В теоретической физике с помощью соображений метафизического характера можно выделить три типа парадигм: *триалистические*, *дуалистические* и *монистические* [1]. Теории, основанные на триалистических парадигмах, опираются на три базовые категории: *частиц*, *пространства-времени* и *поля*, которые рассматриваются как самостоятельные и независимые. Общая теория относительности и квантовая теория являются теориями, основанными уже на дуалистической парадигме. Это означает, что в основе каждой из них лежат не три, а всего лишь две категории теоретической физики. Поэтому они представляют собой следующий, более глубокий уровень описания физической реальности, в котором предполагается, что базовые категории частиц, пространства-времени и поля, вообще говоря, уже не являются отдельными и независимыми. Поэтому в этих теориях одних только базовых категорий уже оказывается недостаточно и для описания взаимодействия необходимо привлечь более глубокие и сложные понятия, основанные на соответствующих *сверхкатегориях*. В общей теории относительности используется сверхкатегория *искривленного пространства-времени*, а в квантовой теории – сверхкатегория *квантового поля*. Однако отсюда следует, что

---

<sup>1</sup> Эл. адрес: [zhilkin@inasan.ru](mailto:zhilkin@inasan.ru)

в теоретической физике должна существовать ещё и третья теория, которая соответствует реляционной физике [2; 3]. Основной задачей реляционной теории является изучение природы пространства-времени как физического феномена [4; 5].

Основные принципы реляционной физики, её задачи, а также некоторые идеи, связанные с нею были изложены в работе автора [2]. В работе [4] была предложена программа последовательного построения реляционной теории. В работе [5] обсуждался первый этап реализации этой программы. Было показано, что динамические уравнения реляционной теории в пределе должны переходить в уравнения, описывающие динамику трёхмерной пространственной гиперповерхности, составленной из непрерывного континуума произвольным образом движущихся частиц и соответствующей равному значению их собственного времени. С целью последующего перехода к сверхкатегории *реляционных частиц* (второй этап программы) обсуждался также вопрос об интерпретации метрики динамически изменяющейся пространственной гиперповерхности в случае дискретного множества частиц. Такой подход позволяет в динамических уравнениях выразить величины, относящиеся к базовой категории пространства, через подходящие величины, относящиеся к базовой категории частиц. Например, метрика пространственной гиперповерхности может быть выражена через метрические отношения (парные корреляции) между частицами.

В данной работе обсуждается основной физический принцип реляционной теории, играющий в ней роль, аналогичную роли принципа эквивалентности в общей теории относительности и принципа корпускулярно-волнового дуализма в квантовой теории. С метафизической точки зрения он обеспечивает согласованность сверхкатегории реляционных частиц с её базисом – категорией частиц. Физическая суть этого принципа сводится к тому, что во Вселенной должно присутствовать достаточно большое количество частиц для обеспечения возможности полного поглощения излучения от любого источника.

## 1. Вариационный принцип Фоккера

Для описания электромагнитного взаимодействия наряду с классической электродинамикой, основанной на уравнениях Максвелла – Лоренца, развивался и альтернативный подход. Он получил название теории прямого межчастичного взаимодействия. Исходная идея была высказана Тетроде [6], вариационный принцип был сформулирован Фоккером [7], а в наиболее развитой своей форме эта теория изложена в работах Уилера и Фейнмана [8; 9].

Прежде чем переходить к описанию релятивистского принципа Фоккера, проанализируем сначала более простой случай нерелятивистского движения [10]. Рассмотрим две частицы с массами  $m_1$ ,  $m_2$  и зарядами  $q_1$ ,  $q_2$ . Их радиусы-векторы обозначим как  $\mathbf{r}_1$ ,  $\mathbf{r}_2$ , а  $\mathbf{r}_{12}$  – вектор, проведенный из частицы 1 в частицу 2,  $\mathbf{r}_{12} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ . Полное действие для этой системы частиц можно записать в виде

$$S = \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{m_1 \dot{\mathbf{r}}_1^2}{2} + \frac{m_2 \dot{\mathbf{r}}_2^2}{2} + \frac{q_1 q_2}{r_{12}} \right) dt. \quad (1)$$

Здесь первые два слагаемые в подынтегральном выражении определяют свободные действия частиц, а последнее слагаемое – действие взаимодействия, которое связано с кулоновской энергией  $U_{12} = -q_1 q_2 / r_{12}$ .

Отметим важное обстоятельство: действие взаимодействия, как и полное действие (1), обладают симметрией относительно перенумерации частиц. Иными словами, если первую частицу обозначить индексом 2, а вторую – индексом 1, то выражение (1) при этом не изменится. Это обстоятельство позволяет из вариационного принципа получать как уравнение движения для отдельной (избранной) частицы, так и полную систему уравнений сразу для всей совокупности частиц. В самом деле, если мы будем считать движение частицы 2 известным и варьировать только траекторию частицы 1, то мы получим уравнение движения частицы 1. Это уравнение определяет ускорение  $\ddot{\mathbf{r}}_1$  частицы 1 под действием кулоновской силы от частицы 2,  $\mathbf{F}_{12} = -(q_1 q_2 / r_{12}^3) \mathbf{r}_{12}$ . Аналогичную операцию можно проделать и с частицей 2, получив соответствующее уравнение движения. При этом сила, действующая на частицу 2 со стороны частицы 1, оказывается равной  $\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$  в соответствии с третьим законом Ньютона. Однако симметрия действия относительно перенумерации частиц позволяет нам варьировать траектории всех частиц одновременно и, считая эти вариации независимыми, получить уравнения движения сразу для всей системы. Очевидно, что все эти рассуждения можно обобщить на произвольное количество частиц.

Фоккер в 1929 года показал [7], что релятивистским обобщением формулы (1) является выражение

$$S = -m_1 c \int ds_1 - m_2 c \int ds_2 - \frac{q_1 q_2}{c} \int ds_1 \int ds_2 \mathbf{u}_1 \cdot \mathbf{u}_2 \delta(s_{12}^2), \quad (2)$$

где  $ds_1$  и  $ds_2$  – элементы мировых линий частиц,  $\mathbf{u}_1(s_1)$ ,  $\mathbf{u}_2(s_2)$  – четырехмерные векторы скоростей частиц, а  $s_{12}^2 = s_{12}^2(s_1, s_2)$  – квадрат интервала между частицами. Первые два члена в правой части описывают свободные действия для частиц 1 и 2, а последнее слагаемое определяет действие взаимодействия. Замечательной особенностью действия взаимодействия в (2) является то, что оно содержит полусумму запаздывающего и опережающего воздействия (см. левую диаграмму на рис. 1). Иными словами, запаздывающие и опережающие потенциалы входят в теорию симметричным образом.

Введем векторный потенциал

$$\mathbf{A}(1, 2) = q_2 \int ds_2 \mathbf{u}_2 \delta(s_{12}^2). \quad (3)$$

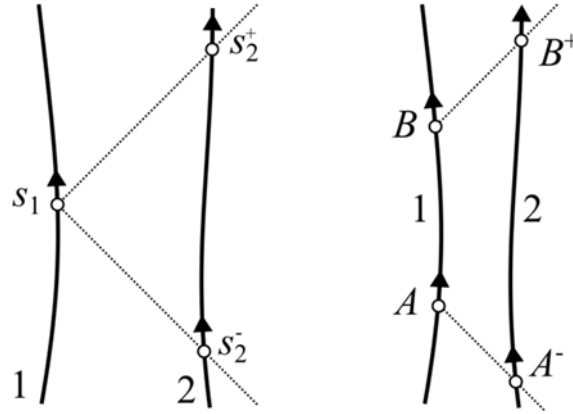


Рис. 1. Мировые линии двух взаимодействующих частиц 1 и 2 (слева). Пунктирным линиям соответствует поверхность светового конуса, вершина которого расположена в точке текущего положения частицы 1. Справа показана соответствующая диаграмма для конечного интервала мировой линии частицы 1

Он определяет электромагнитное поле, создаваемое частицей 2 и действующее на частицу 1. Будем варьировать траекторию частицы 1, считая траекторию частицы 2 заданной. Тогда вариацию действия (2) можно представить в следующем виде:

$$\delta S = \delta \left\{ -mc \int_A^B ds - \frac{q}{c} \int_A^B ds \mathbf{u} \cdot \mathbf{A} \right\}. \quad (4)$$

Номера частиц в этом выражении можно уже не писать, поскольку оно записано для выделенной частицы. В точках  $A$  и  $B$  положение частицы считается фиксированным. Вычисляя вариацию по обычным правилам и используя принцип наименьшего действия, находим уравнение движения [9]:

$$mc \frac{d\mathbf{u}}{ds} = \frac{q}{c} \hat{\mathbf{F}} \cdot \mathbf{u}, \quad (5)$$

где  $\hat{\mathbf{F}}$  – тензор электромагнитного поля, компоненты которого определяются выражениями

$$F_{\mu\nu}(1) = \frac{\partial}{\partial x_1^\mu} A_\nu(1,2) - \frac{\partial}{\partial x_1^\nu} A_\mu(1,2). \quad (6)$$

В 1945 году Уилер и Фейнман показали [8], что уравнение (5) не противоречит эксперименту, если во Вселенной имеется *абсолютный поглотитель*. С точки зрения дуалистической реляционной теории такой вывод связан с физическим принципом, определяющим согласованность сверхкатегории (реляционные частицы) с базисом (частицы). Его можно назвать *принципом полного поглощения* [11]. Этот принцип в реляционной физике играет такую же роль, какую играют принцип эквивалентности в общей теории отно-

сительности и принцип корпускулярно-волнового дуализма в квантовой теории. Физическое содержание принципа полного поглощения сводится к тому, что количество частиц в мире должно быть достаточно большим для того, чтобы полностью поглотить излучение любого источника. В математической форме этот принцип выражается равенством

$$\sum_b [F_{\mu\nu}^{\text{ret}}(a, b) - F_{\mu\nu}^{\text{adv}}(a, b)] = 0. \quad (7)$$

Здесь индексы  $a$  и  $b$  нумеруют частицы,  $F_{\mu\nu}(a, b)$  – тензор электромагнитного поля, создаваемого частицей  $b$  в точке нахождения частицы  $a$ , а символы  $\text{ret}$  и  $\text{adv}$  определяют запаздывающие и опережающие потенциалы. Суммирование проводится по всем частицам, в том числе и с учетом частицы  $a$ .

В работе [8] показано, что при условии точного выполнения этого равенства экспериментатор не сможет обнаружить разницу в описании динамики системы парно взаимодействующих заряженных частиц в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия и в рамках классической электродинамики [12]. Иначе говоря, в экспериментах нельзя будет узнать, взаимодействуют ли частицы между собой напрямую без каких-либо посредников или же процесс происходит в пространстве, а все взаимодействия передаются электромагнитным полем, динамика которого определяется уравнениями Максвелла. Совокупность всех частиц мира представляет собой полный поглотитель. Любые излучения, исходящие от него, будут в нём же и поглощены.

Таким образом, наличие полного поглощения в системе парно взаимодействующих частиц будет с точки зрения эксперимента эквивалентно тому, что весь процесс происходит в пространстве, а все взаимодействия передаются электромагнитным полем, динамика которого определяется уравнениями Максвелла. Иными словами, проявление полного поглотителя в системе парно взаимодействующих дискретных частиц в экспериментах ничем не отличается от проявления пространства в системе частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля [11].

Напомним, что в общей теории относительности принцип эквивалентности носит локальный характер, поскольку он формулируется для малой окрестности данной точки пространства-времени. Принцип эквивалентности позволяет из чисто логических рассуждений прийти к выводу о том, что гравитационное поле необходимо описывать на основе сверхкатегории искривленного пространства-времени. В реляционной теории сформулированный выше принцип полного поглощения, напротив, носит не локальный, а глобальный характер. Он формулируется для всей совокупности частиц Вселенной. Как и в случае общей теории относительности, этот принцип позволяет прийти к необходимости новой дуалистической сверхкатегории. В самом деле, поскольку характер движения данной частицы определяется состоянием всех остальных частиц Вселенной (абсолютный поглотитель), в общем случае мы уже не можем рассматривать частицы как самостоятельные и независимые объекты. Они формируют единую связанную систему, которую

следует рассматривать как нечто цельное. Эту систему и нужно ассоциировать со сверхкатегорией реляционных частиц. Очевидно, что для описания такой системы одних только классических представлений будет недостаточно. Необходимо привлекать какие-то новые неклассические подходы.

## 2. Дилемма Фоккера

Напомним, что нерелятивистское действие (1) обладает свойством симметрии относительно перенумерации частиц. Действие Фоккера (2) на первый взгляд также выглядит симметрично относительно такой операции. Однако более детальный анализ показывает, что это не так. Если попытаться проварьировать действие Фоккера (2) сразу по траекториям обеих частиц, как для нерелятивистского действия (1), то мы столкнемся со следующей проблемой. Дело в том, что, если ограничить траекторию первой частицы пределами  $A$  и  $B$ , как в формуле (4), то во внутреннем интеграле в третьем слагаемом в правой части (2) этот интервал придется расширить до некоторых пределов  $A^-$  и  $B^+$ , поскольку влияние второй частицы учитывается с запаздыванием или опережением во времени. Эта ситуация поясняется на правой диаграмме рис. 1. Очевидно, что в таком случае действие взаимодействия (а значит, и полное действие (2)) уже не будет обладать симметрией относительно перестановок номеров частиц, поскольку интегралы по элементам  $ds_1$  и  $ds_2$  берутся по разным интервалам. Эта проблема усугубляется еще больше, если мы будем рассматривать действие (2) для произвольного количества частиц.

Таким образом, у нас возникает *дилемма*, обусловленная двумя взаимнопротиворечивыми необходимыми свойствами действия Фоккера (2). С одной стороны, это действие, как функционал, должно быть конечной величиной. Это означает, что интегралы в (2) должны вычисляться по конечным пределам. С другой стороны, действие (2) должно быть симметричным относительно перенумерации частиц. Это необходимо для того, чтобы вариационный принцип Фоккера был универсальным для всей совокупности частиц. Заметим, что эти два свойства удовлетворяются одновременно в нерелятивистском случае в выражении (1). В релятивистском случае из-за запаздывающего и опережающего характера воздействий частиц одновременно удовлетворить этим двум свойствам оказывается невозможным. Это обусловлено тем, что для выполнения второго свойства (симметрия по частицам) фактически необходимо рассматривать бесконечные интервалы интегрирования. Но в этом случае действие становится бесконечной величиной и, следовательно, условие его минимума теряет смысл.

С точки зрения реляционной теории бесконечные пределы интегрирования, при которых восстанавливается полная симметрия действия по частицам, по-видимому, обусловлены бесконечным во времени характером пространства Минковского, в котором временная координата изменяется от  $-\infty$  до  $+\infty$ . Мировые линии частиц в таком пространстве, действительно, будут простирались во времени от  $-\infty$  до  $+\infty$ . Поэтому с точки зрения категории реляционных частиц требование бесконечных интервалов интегрирования



автоматически означает бесконечное во времени пространство-время. И наоборот, если интервалы интегрирования каким-либо образом удастся ограничить, то это будет означать конечное во времени пространство-время. В этом случае пространство Минковского будет всего лишь некоторым приближением для описания структуры реального пространства-времени.

Второй важный момент заключается в следующем. Если мы в действии используем произвольный интервал времени от момента  $A$  до момента  $B$ , то его всегда при желании можно стянуть в бесконечно малый интервал, когда  $B = A + \Delta A$ . Это приводит к тому, что соответствующая теория оказывается локальной по времени, то есть в ней состояние системы в данный момент времени полностью определяется непосредственным (бесконечно близким) прошлым состоянием. В частности, при использовании квантового формализма Фейнмана [13] суммирования фазовых вкладов по траекториям и вычисления соответствующей амплитуды перехода из состояния  $A$  в состояние  $B$  получается уравнение Шредингера, которое также является локальным по времени.

Если же у нас интервал интегрирования является бесконечным или не является произвольным, то мы принципиально не сможем стянуть его в бесконечно малый интервал. В этом случае у нас получится теория нелокальная по времени. Иначе говоря, состояние системы в данный момент времени будет определяться всеми ее состояниями в прошлом (запаздывающие потенциалы) и в будущем (опережающие потенциалы). Соответственно, при использовании формализма Фейнмана суммирования по траекториям (если его, вообще, окажется возможным применять) у нас также должно возникнуть уравнение (аналог уравнения Шредингера) нелокальное по времени.

Важно понять, что сформулированная дилемма носит принципиальный характер. Поэтому ее невозможно преодолеть, оставаясь в рамках классических представлений. Наличие этой дилеммы указывает на некие неклассические свойства категории реляционных частиц. Это означает, что и свойства пространства-времени в реляционной теории должны существенно отличаться от классических.

### 3. Возможный вариант преодоления дилеммы

Рассмотрим замкнутую мировую линию частицы массой  $m_1$  и зарядом  $q_1$ . Эта ситуация изображена на левой диаграмме рис. 2. В точках  $A$  и  $B$  характер движения частицы меняется на попятный. В точке  $A$  частица изменяет обратное движение во времени на прямое. В точке  $B$  все происходит наоборот – до этой точки частица движется вперед во времени, а после этой точки начинает двигаться в обратном направлении во времени.

Для того чтобы не нарушался принцип причинности, необходимо положить, что в вершинах  $A$  и  $B$  мировая линия испытывает излом. Иначе говоря, в этих точках линии слева и справа сходятся внутри светового конуса (то есть под острым углом). Поэтому взаимодействие происходит только на участках 1 и 2, лежащих между точками  $A$  и  $B$ . Например, световой конус с вершиной, расположенной в точке  $B$ , нигде не пересекает мировую линию

(см. правую диаграмму на рис. 3). Поэтому (если не принимать во внимание наличие других частиц) частица, находящаяся в точке  $B$  своей мировой линии, ни с чем не взаимодействует. Следовательно, мы можем рассматривать такую ситуацию как две отдельные частицы 1 и 2, движущиеся между точками  $A$  и  $B$ . Но при этом частица 1 движется вперед во времени, а частица 2 – назад.

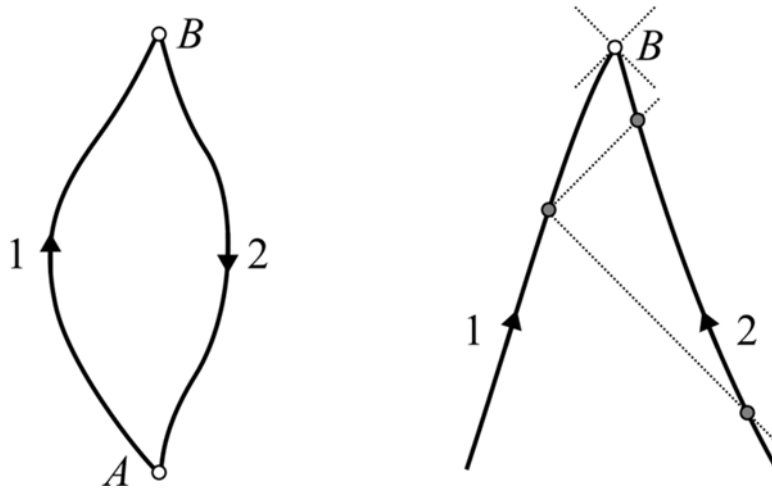


Рис. 2. Замкнутая мировая линия частицы (слева).  
Свойства мировой линии вблизи вершины  $B$  (справа)

Согласно идее Фейнмана [13], частицу 2 следует интерпретировать, как *античастицу*, движущуюся вперед во времени. Если частица 1 имеет инертную массу  $m_1$  и заряд  $q_1$ , то античастица 2 имеет такую же инертную массу  $m_1$ , но противоположный заряд  $-q_1$ . Поэтому в теории Фоккера мы можем описать данную ситуацию классическим образом на основе взаимодействия частицы и античастицы, которые существуют с момента рождения пары (точка  $A$ ) и вплоть до момента их аннигиляции (точка  $B$ ).

Может возникнуть вопрос о том, следует ли нам вообще учитывать взаимодействие таких частиц. Ведь с точки зрения нашего подхода это одна и та же частица, но изменяющая направление своего движения во времени. Напомним, что в теории Фоккера взаимодействие частицы с самой собой (самодействие) не учитывается. Действие взаимодействия в принципе Фоккера описывает только парное взаимодействие разных частиц. Однако необходимость учета в теории самодействия частицы на участках 1 и 2 замкнутых мировых линий подтверждается многочисленными непосредственными экспериментами. В качестве примера укажем на наблюдаемые свойства *позитрония* [14. С. 390]. Это система, состоящая из электрона и позитрона, которая является аналогом атома водорода. Однако в позитронии роль протона играет позитрон. Уровни энергии позитрония, которые можно рассчитать теоретически из уравнения Шредингера, подтверждаются экспериментом. Это, в частности, означает, что позитроний представляет собой

связанную систему, то есть электрон и позитрон в этой системе взаимодействуют между собой, как электрон и протон в атоме водорода. Вместе с тем хорошо известно, что время жизни позитрония конечно. Для парапозитрония (спины электрона и позитрона направлены в одну сторону) время жизни равно 0,125 нс. Для ортопозитрония (спины электрона и позитрона направлены в противоположные стороны) время жизни составляет 143 нс. После этого происходит аннигиляция электрона и позитрона. Но это означает, что позитроний состоит из одной и той же частицы, которая в момент аннигиляции изменила характер своего движения во времени на обратный. Таким образом, частица (электрон) в позитронии на участках 1 и 2 своей мировой линии вплоть до точки  $B$ , соответствующей моменту аннигиляции, взаимодействует сама с собой. Поэтому такое взаимодействие мы должны учитывать.

Запишем классические свободные действия для частицы 1 и античастицы 2, движущихся вперед во времени:

$$S_{\text{free}}(1) = -m_1 c \int_A^B ds_1, \quad (8)$$

$$S_{\text{free}}(2) = -m_1 c \int_A^B ds_2. \quad (9)$$

Перепишем действие (9) для античастицы, движущейся вперед во времени, в виде действия для частицы, движущейся назад во времени:

$$S_{\text{free}}(2) = -m_1 c \int_B^A d\tilde{s}_2, \quad (10)$$

где произведена замена переменной:  $\tilde{s}_2 = -s_2$ . Обратим внимание на перемену местами пределов интегрирования в (10) по сравнению с выражением (9). Теперь для частицы 2 точка  $B$  является началом, а точка  $A$  – концом траектории. Для наглядности действие (8) также можно переписать аналогичным образом:

$$S_{\text{free}}(1) = -m_1 c \int_A^B d\tilde{s}_1, \quad (11)$$

где  $\tilde{s}_1 = s_1$ . Имеется в виду, что в выражениях (11) и (10) в отличие от (8) и (9) элементы интегрирования  $d\tilde{s}_1$  и  $d\tilde{s}_2$  ориентированы вдоль стрелок.

Действие взаимодействия для частицы 1 и античастицы 2, движущихся вперед во времени, имеет вид

$$S_{\text{int}}(1,2) = \frac{q_1^2}{c} \int_A^B ds_1 \int_A^B ds_2 \mathbf{u}_1 \cdot \mathbf{u}_2 \delta(s_{12}^2). \quad (12)$$

Переходя к обозначениям для частиц, движущихся вдоль стрелок, получим

$$S_{\text{int}}(1,2) = -\frac{q_1^2}{c} \int_A^B d\tilde{s}_1 \int_B^A d\tilde{s}_2 \tilde{\mathbf{u}}_1 \cdot \tilde{\mathbf{u}}_2 \delta(s_{12}^2). \quad (13)$$

Знак «минус» перед интегралом в этом выражении возник из-за того, что мы три раза изменили знак: замена  $\tilde{s}_2 = -s_2$ , перемена мест пределов интегрирования во внутреннем интеграле и замена знака у скорости  $\tilde{\mathbf{u}}_2 = -\mathbf{u}_2$ .

Таким образом, полное действие для частицы, движущейся по замкнутой мировой линии, имеет следующий вид:

$$S = -m_1 c \int_A^B d\tilde{s}_1 - m_1 c \int_B^A d\tilde{s}_2 - \frac{q_1^2}{c} \int_A^B d\tilde{s}_1 \int_B^A d\tilde{s}_2 \tilde{\mathbf{u}}_1 \cdot \tilde{\mathbf{u}}_2 \delta(s_{12}^2). \quad (14)$$

Здесь все интегралы вычисляются по конечным интервалам. В третьем слагаемом в правой части интегралы можно менять местами и поэтому действие симметрично относительно перенумерации частиц. Если зафиксировать траекторию второй частицы, то вариация траектории первой частицы с учетом принципа наименьшего действия дает уравнение движения первой частицы в форме Уилера–Фейнмана (5). Обратное утверждение также верно. Если зафиксировать траекторию первой частицы, то вариация траектории второй частицы дает аналогичное уравнение ее движения. Однако в выражении (14) теперь можно независимо варьировать сразу обе траектории, фиксируя их только в точках  $A$  и  $B$ . В результате можно получить систему двух уравнений в форме Уилера–Фейнмана для частиц 1 и 2.

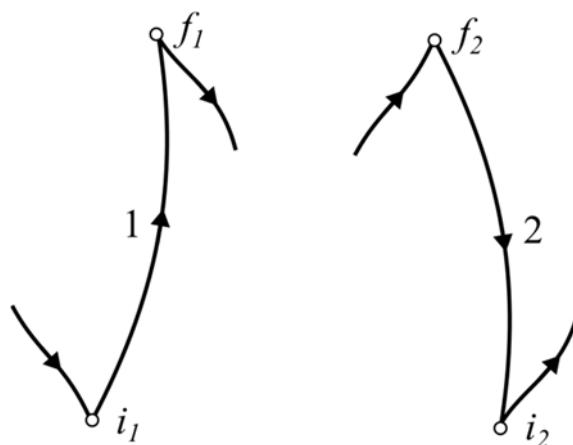
Заметим, что в данном примере точки  $A$  и  $B$ , как пределы интегрирования, не могут быть произвольными. Они соответствуют вполне конкретным физическим процессам. Точка  $A$  соответствует рождению пары частица–античастица. Точка  $B$  – аннигиляции этой пары. Поэтому, например, мы не можем стянуть пределы интегрирования к бесконечно-малому интервалу.

В общем случае каждая частица существует конечное время между рождением (в паре с античастицей) и уничтожением (в аннигиляции с античастицей). При этом, вообще говоря, конкретная частица необязательно должна родиться и уничтожиться в паре с одной и той же античастицей. Она может родиться в паре с одной античастицей, а уничтожиться в паре с другой античастицей.

Для произвольных двух частиц действие взаимодействия на гладких участках их мировых линий (рис. 3) будет иметь вид

$$S_{\text{int}}(1,2) = -\frac{q_1 q_2}{c} \int_{i_1}^{f_1} d\tilde{s}_1 \int_{i_2}^{f_2} d\tilde{s}_2 \tilde{\mathbf{u}}_1 \cdot \tilde{\mathbf{u}}_2 \delta(s_{12}^2), \quad (15)$$

где  $i_1, i_2$  – начальные точки частиц,  $f_1, f_2$  – конечные точки частиц,  $\tilde{s} = s$ ,  $\tilde{\mathbf{u}} = \mathbf{u}$ , если частица движется вперед во времени,  $\tilde{s} = -s$ ,  $\tilde{\mathbf{u}} = -\mathbf{u}$ , если частица движется назад во времени. Формально вид действия (15) точно такой же, как и у Фоккера для классических частиц, движущихся вперед во времени.



**Рис. 3. Взаимодействие двух произвольных частиц на гладких участках их мировых линий**

Поскольку начальные  $i$  и конечные  $f$  точки в любых выражениях вида (15) не являются произвольными, а определяются физическими процессами рождения и уничтожения частиц, пределы интегрирования так же, как и в случае отдельной замкнутой мировой линии, невозможно стягивать к бесконечно малому интервалу, когда конечные точки отличаются от начальных на бесконечно малую величину. Это означает, что теория будет нелокальной по времени и в общем случае, даже несмотря на то, что используются конечные интервалы, а не бесконечные, как в оригинальной трактовке Фоккера. В частности, при использовании формализма Фейнмана и суммирования по траекториям (если он окажется здесь применимым) также нельзя будет получить локальную по времени теорию. Соответствующее уравнение (аналог уравнения Шредингера) для амплитуды вероятности не будет локальным по времени.

#### 4. Обсуждение и заключение

В данной работе проанализирован основной физический принцип дуалистической реляционной теории [2–5], определяющий согласованность сверхкатегории (реляционные частицы) с базисом (частицы). Этот принцип в реляционной физике играет такую же роль, какую играют принцип эквивалентности в общей теории относительности и принцип корпускулярно-волнового дуализма в квантовой теории. В качестве такого принципа в работе [11] предложено использовать принцип полного поглощения Уилера–Фейнмана [8]. Его суть сводится к тому, что количество частиц во Вселенной должно быть достаточно большим для того, чтобы полностью поглотить излучение любого

источника. Иными словами, система частиц должна вести себя как абсолютный поглотитель, полностью поглощая внутри себя любые производимые собой излучения.

В математической форме этот принцип выражается равенством (7). При условии точного выполнения этого равенства с точки зрения эксперимента нет никакой разницы в описании динамики системы парно взаимодействующих заряженных частиц в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия и в рамках классической электродинамики. Это означает, что в экспериментах нельзя будет обнаружить какое-либо отличие между прямым взаимодействием частиц и их взаимодействием в пространстве посредством электромагнитного поля. В общей теории относительности согласно принципу эквивалентности мы можем сказать, что гравитационное поле локально проявляется в экспериментах точно так же, как и поля инерции. В реляционной теории согласно принципу полного поглощения мы можем сказать, что пространство глобально проявляется в экспериментах точно так же, как и полный поглотитель. Если выражаться совсем кратко, можно сказать, что глобально пространство эквивалентно абсолютному поглотителю.

Принцип полного поглощения сформулирован для электромагнитного взаимодействия на основе теории Фоккера. В основе этой теории лежит соответствующий вариационный принцип. В данной работе отмечено, что действие Фоккера (2) содержит дилемму, суть которой сводится к следующему. С одной стороны, это действие, как функционал, должно быть конечной величиной. В противном случае условие минимума этого функционала теряет смысл. С другой стороны, действие должно быть симметричным относительно перенумерации частиц. В противном случае какие-то частицы неминуемо окажутся выделенными. Анализ показывает, что сформулированная дилемма имеет принципиальный характер и ее, по-видимому, невозможно преодолеть, оставаясь в рамках классических представлений. Скорее всего, она указывает на некие неклассические свойства категории реляционных частиц.

В качестве одного из способов преодоления этой дилеммы в работе предложено рассматривать участки мировых линий частиц между актами рождения и уничтожения. В этих актах всегда участвуют пары, состоящие из частицы и античастицы. Поэтому в простейшем случае мы будем иметь замкнутую мировую линию частицы. На участке с прямым движением во времени мы должны интерпретировать ее как обычную частицу. На участке с попятным движением во времени мы должны интерпретировать ее как соответствующую античастицу, движущуюся вперед во времени. Такой подход позволяет записать все интегралы в действии Фоккера в виде определенных интегралов с конечными пределами. Однако эти пределы интегрирования не являются произвольными, а определяются физическими процессами рождения и уничтожения частиц. Поэтому их невозможно стянуть к бесконечно малому интервалу и, следовательно, теория будет нелокальной по времени.

Следует, однако, отметить, что при использовании такого подхода появляются как минимум две трудности, которые, впрочем, являются

трудностями совершенного другого рода и связаны не с самой реляционной теорией, а с проблемами более общего характера. Первая проблема касается того, что при приближении к точкам  $A$  и  $B$  замкнутой мировой линии (см. левую диаграмму на рис. 2), где происходит смена режима движения, сходятся в одной точке частица и античастица. Поэтому в этих точках энергия электромагнитного взаимодействия частицы и античастицы становится бесконечной. Следовательно, если мы будем вычислять действие взаимодействия для замкнутой мировой линии, то, даже несмотря на конечные интервалы интегрирования, соответствующие интегралы окажутся все равно расходящимися. Фактически это означает, что в точках  $A$  и  $B$  мы должны учитывать бесконечную собственную электромагнитную энергию частицы, которая, как известно из классической электродинамики [12], является бесконечной. В классической электродинамике считается, что на расстояниях порядка классического радиуса частицы  $R = q^2 / mc^2$  теория становится внутренне противоречивой. Для электрона эта величина равна примерно  $10^{-13}$  см. Следует заметить, что квантовые эффекты начинают играть существенную роль уже на расстояниях порядка  $10^{-10}$  см, которые соответствуют собственной длине волны электрона  $\lambda = 2\pi\hbar / mc$ .

В квантовой электродинамике [14] считается, что вблизи электрона (на расстояниях порядка его классического радиуса) напряженность электрического поля настолько велика, что его энергии хватает на формирование электронно-позитронных пар. Эти пары в электрическом поле электрона поляризуются и частично экранируют его. Исходное поле электрона в экспериментах наблюдать невозможно, поскольку этот электрон всегда окружен облаком виртуальных электронно-позитронных пар. В квантовой теории поля [15] при использовании диаграмм Фейнмана такая проблема также встречается. В частности, при рассмотрении взаимодействия двух частиц могут возникать диаграммы, содержащие внутренние замкнутые петли, описывающие виртуальные пары частица–античастица. Поскольку в такой петле курсирующий в ней импульс может иметь произвольную величину, соответствующие интегралы также оказываются расходящимися. Для устранения подобных расходимостей в квантовой теории поля применяется метод перенормировок, который сводится к систематическому переупорядочиванию всех расходящихся членов и последующему переопределению соответствующей константы связи, которая после этого объявляется наблюдаемой величиной. Таким образом, упомянутая проблема бесконечной энергии взаимодействия частиц присутствует как в классической электродинамике, так и в квантовой электродинамике. Поэтому не следует удивляться, что она остается и в реляционной теории. Заметим, что подобные проблемы имеются и в общей теории относительности (сингулярность метрики). Возможно, что появление расходимостей, связанных с бесконечной энергией взаимодействия, является общим свойством всех дуалистических теорий.

Вторая проблема, которая возникает при использовании описанного выше подхода для преодоления дилеммы Фоккера, обусловлена необходимой для этого строгой *зарядовой симметрией*. Это означает, что в такой теории в

каждый момент времени число частиц должно быть строго равно числу античастиц. В самом деле, с точки зрения реляционной теории Вселенная может состоять из одной большой замкнутой мировой линии, в которой частица много раз меняет характер своего движения с прямого на попятное и обратно. В этом случае, например, все электроны и позитроны, которые мы наблюдаем, – это одна и та же частица (электрон), движущаяся по очень сложной замкнутой мировой линии. Либо во Вселенной присутствуют несколько или даже много таких замкнутых линий. В любом случае произвольный срез по времени всегда будет содержать одинаковое число частиц, движущихся вперед во времени, – *частицы* и движущихся назад во времени, – *античастицы*. Однако во Вселенной наблюдается зарядовая асимметрия или, как ее называют в космологии, барионная асимметрия [16]. Наблюдаемая Вселенная состоит в основном из вещества, а антивещества в ней содержится очень мало. Теоретическое объяснение этого наблюдательного факта является одной из проблем современной космологии. В реляционной теории эта проблема возникает совершенно в другом виде.

Вместе с тем при таком подходе, очевидно, что зарядовая асимметрия определяет наличие *стрелы времени*. Действительно, если Вселенная состоит в основном из частиц, которые движутся вперед во времени, то в такой Вселенной стрела времени будет четко выражена (прямая стрела времени). В противоположном варианте, когда Вселенная состоит в основном из античастиц, которые движутся назад во времени, стрела времени также будет четко выражена, но направлена уже в противоположную сторону (обратная стрела времени). Если же во Вселенной будет одинаковое число частиц и античастиц, равномерно распределенных в пространстве, то первые будут двигаться вперед во времени, а вторые – назад. Следовательно, в такой Вселенной стрелу времени выделить будет невозможно. Таким образом, решение этих вопросов, скорее всего, также выходит за рамки реляционной теории.

Следует заметить, что аналогичным образом можно рассмотреть и гравитационное взаимодействие в пределе слабого поля в рамках линеаризованной теории гравитации [17; 18]. Соответствующее действие взаимодействия частиц 1 и 2 имеет вид

$$S_{\text{int}}(1,2) = \frac{Gm_1m_2}{c} \int ds_1 \int ds_2 u_1^\mu u_1^\nu (\eta_{\mu\alpha} \eta_{\nu\beta} + \eta_{\mu\beta} \eta_{\nu\alpha} - 2\eta_{\mu\nu} \eta_{\alpha\beta}) u_2^\alpha u_2^\beta \delta(s_{12}^2), \quad (16)$$

где  $G$  – гравитационная постоянная,  $\eta_{\mu\nu}$  – метрический тензор пространства Минковского. Для замкнутой мировой линии (см. левую диаграмму рис. 2) по аналогии с выражением (13) можно написать:

$$S_{\text{int}}(1,2) = \frac{Gm_1m_2}{c} \int_A^B d\tilde{s}_1 \int_B^A d\tilde{s}_2 \tilde{u}_1^\mu \tilde{u}_1^\nu (\eta_{\mu\alpha} \eta_{\nu\beta} + \eta_{\mu\beta} \eta_{\nu\alpha} - 2\eta_{\mu\nu} \eta_{\alpha\beta}) \tilde{u}_2^\alpha \tilde{u}_2^\beta \delta(s_{12}^2). \quad (17)$$



Правые части выражений (16) и (17) имеют одинаковые знаки, поскольку скорости частиц в них входят квадратичным образом. Отсюда следует, что, несмотря на различный характер движения во времени, гравитационное взаимодействие не различает частицы и античастицы, как это было в случае электромагнитного взаимодействия. В частности, это означает, что учетом гравитационного взаимодействия решить проблему зарядовой симметрии не удастся.

В конце статьи приведем любопытную цитату Фейнмана из его Нобелевской лекции по физике (1967 г.) [19. С. 36]: «Однажды мне позвонил в Принстонский университет Уилер. Наш разговор был побочным продуктом все тех же размышлений: “Фейнман, я знаю, почему у всех электронов одинаковый заряд и одинаковая масса”. “Почему?” “Потому что все они – это один и тот же электрон!”. И затем он объяснил по телефону: “Предположим, что мировые линии, которые мы ранее рассматривали обычно во времени и пространстве, не идут непрерывно по времени, а образуют огромный узел. Тогда, если мы разрежем этот узел плоскостью, на которой время постоянно, мы увидим очень много мировых линий, которые представляли бы собой множество электронов, если бы не одно интересное обстоятельство. Если в одном из сечений это – обычная мировая линия электрона, то в сечении, в котором эта линия поворачивается и идет назад из будущего, мы получим неверный знак собственного времени – собственных четырехмерных скоростей, а это эквивалентно изменению знака у заряда, и потому эта часть пути будет действовать подобно позитрону”. “Но, профессор, – сказал я, – ведь позитронов куда меньше, чем электронов.” “О, может быть, они запрятаны в протонах или где-то еще”, – ответил он. Я не воспринял серьезно его идею о том, что все электроны эквивалентны. Однако я ухватился за его мысль о том, что позитроны можно представлять просто как электроны, идущие из будущего в прошедшее в обратном сечении их мировых линий. Вот это я и присвоил».

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М.: БИНОМ, 2000, 2009.
2. *Жилкин А.Г.* Базовые категории и принципы реляционной физики // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. № 25 (316). Физика. Вып. 18. С. 80–92.
3. *Жилкин А.Г.* Реляционная физика с точки зрения метафизики // Метафизика. 2014. № 2 (12). С. 49–67.
4. *Жилкин А.Г.* О динамике реляционных систем: нерелятивистский случай // Челяб. физ.-мат. журн. 2017. Т. 2 (1). С. 99–112.
5. *Жилкин А.Г., Курбатов Е.П.* О динамике реляционных систем: релятивистский случай // Челяб. физ.-мат. журн. 2017. Т. 2 (1). С. 113–127.
6. *Tetrode H.* Über den Wirkungszusammenhang der Welt. Eine Erweiterung der klassischen Dynamik // Zs. Phys. 1922. V. 10. P. 317–328.
7. *Fokker A.D.* Ein invarianter Variationssatz für die Bewegung mehrerer elektrischer Massenteilchen // Zs. Phys. 1929. V. 58. P. 386–393.
8. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Reviews of modern physics. 1945. V. 17 (2–3). P. 157–181.

9. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Classical electrodynamics in terms of direct interparticle action // *Reviews of modern physics*. 1949. V. 21 (3). P. 425–433.
10. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Механика. М.: Физматлит, 2001.
11. *Жилкин А.Г., Курбатов Е.П.* Принцип полного поглощения в реляционной физике // *Челяб. физ.-мат. журн.* 2017. Т. 2 (3). С. 344–357.
12. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. М.: Физматлит, 2006.
13. *Фейнман Р., Хибс А.* Квантовая механика и интегралы по траекториям. М.: Мир, 1968.
14. *Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П.* Квантовая электродинамика. М.: Наука, 1989.
15. *Вайнберг С.* Квантовая теория поля: в 2 т. М.: Физматлит, 2003.
16. *Горбунов Д.С., Рубаков В.А.* Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. М.: ЛКИ, 2008.
17. *Владимиров Ю.С.* Основания физики. М.: БИНОМ, 2008.
18. *Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. М.: Энергоиздат, 1986.
19. *Фейнман Р.* Развитие пространственно-временной трактовки квантовой электродинамики // *Успехи физических наук*. 1967. Т. 91 (1). С. 29–48.

## RELATIVE PRINCIPLE OF FULL ABSORPTION

A.G. Zhilkin<sup>2</sup>

*Institute of Astronomy, RAS*

The paper discusses the principle of complete absorption, which plays the same role in relational theory as the principle of equivalence in general relativity and the principle of wave-particle duality in quantum theory. The physical essence of this principle boils down to the fact that a sufficiently large number of particles must be present in the Universe so that complete absorption of radiation from any source is possible. This implies complete equivalence, from the experimental point of view, of direct interparticle interaction and the interaction carried by a local field in space-time. It is noted that in its classical interpretation the Fokker variational principle, on which the theory of direct interparticle interaction is based, contains a dilemma caused by two mutually contradictory necessary properties of the interaction action. One of the options for overcoming this dilemma is proposed.

**Keywords:** relational theory, space-time, electromagnetic field, direct interparticle interaction.

---

<sup>2</sup> E-mail: zhilkin@inasan.ru

# ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ (ТРАКТОВОК) РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2-50-61

## МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ КАК ТРАЕКТОРИЯ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА ВО ВНЕШНЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ВРЕМЕНИ<sup>1</sup>

А.В. Коганов<sup>2</sup>

*Научно-исследовательский институт системных исследований  
Российской академии наук*

Рассмотрена модель физического пространства-времени в форме следа от случайного блуждания на носителе некоторой конечно порождённой алгебры. Порождающее множество элементов рассматривается как набор начальных событий физического мира, а все точки, порождённые блужданием, интерпретируются как их следствия. Особые свойства такой модели позволяют получить интересные выводы о возможных причинах псевдоевклидовой метрики нашего мира и его размерности  $3+1$ . Получают свое объяснение такие эффекты, как расширение Вселенной с малым ускорением, гравитационная деформация метрики и суперпозиция состояний квантовых частиц. Возникает эффект дуальности описания физических взаимодействий как дальнего действия или ближнего действия.

**Ключевые слова:** модель физического пространства-времени, теория случайных процессов, принцип дополнительности дальнего действия и ближнего действия.

### Введение

Традиционный подход к моделированию физического пространства-времени заключается в использовании одной из геометрических концепций, в которых само пространство как множество точек рассматривается в качестве исходного понятия, а моделирование сводится к выбору той или иной метрики и топологии на этом множестве. Точки пространства-времени интерпретируются как заранее заготовленные вместилища потенциально возможных объектов или их взаимодействий (событий). Модели этих событий и объектов

<sup>1</sup> Работа выполнена по теме государственного задания 0065–2019-0007.

<sup>2</sup> E-mail: akoganov@yandex.ru

составляют предмет специальных областей физики. Этот принцип моделирования использовался в релятивистской физике, где состояние объекта, располагающегося в точке или малой области пространства, влияет на локальную геометрию этой области и даже далёких зон.

Этому подходу оппонирует реляционная концепция, в которой пространство рассматривается как вспомогательная конструкция для обобщённого описания взаимодействия физических объектов. В реляционном подходе базовыми понятиями являются измеряемые параметры наблюдаемых объектов. Пространство и метрика в нем рассматриваются как описание интенсивности взаимодействия этих объектов, причём большие расстояния соответствуют малой интенсивности. Этот взгляд на природу пространства и времени активно развивается в настоящее время, и на этом пути имеются очень интересные достижения. Одной из особенностей такого подхода является доминирование дальнего действия над ближним действием при описании взаимодействий. Моделируется прямое действие одного объекта на другой. Промежуточная позиция действующего фактора регистрируется только при наличии третьего объекта, который может перехватить действие у исходного объекта, причем интенсивность действия на него оказывается выше, чем на первоначальный адресат. Таким образом, актуально существующее непрерывное поле взаимодействия предполагает наличие очень большого множества объектов, способных перехватывать действие друг у друга. Но когда взаимодействует только пара объектов, можно говорить о реально существующем дальнем действии.

Уже это рассмотрение наводит на мысль об относительности понятия дальнего действия и ближнего действия в зависимости от условий и способов измерения взаимодействия. Например, в пузырьковой камере наблюдается почти непрерывная траектория кванта, поскольку имеется много конкурирующих частиц, готовых его поглотить или частично расплыть энергию. А в вакууме можно наблюдать только источник и детектор взаимодействия без промежуточных позиций. В классической теории мы додумываем промежуточные позиции кванта как места возможных реакций, если бы там что-нибудь находилось. И само пространство в этом подходе становится идеальным (не объективно наблюдаемым) объектом потенциально возможных позиций.

Обе точки зрения имеют свои достоинства и недостатки. Главной слабостью геометрического подхода является эмпирическая недоказуемость наличия непрерывного носителя взаимодействия в пустом пространстве. Главная слабость реляционного подхода заключается в необоснованности наличия в физическом мире устойчивой метрики, которая должна очень сильно зависеть от набора частиц и формы их взаимодействия.

В этой статье мы рассмотрим промежуточный подход, в котором пространство-время формируется как траектория некоторого математического процесса в формальном математическом времени. Причём формальное время непосредственно не наблюдается, но наблюдаются значения процесса, имеющие смысл событий физического мира. Эти события накапливаются по мере хода формального времени и в пределе создают структуру, в которой естественной метрикой является метрика, близкая к релятивистской.

На каждом конечном отрезке генерации событий модельное пространство-время дискретно и даже конечно. На каждом такте генерации реализуется акт дальнего действия, когда формируется новое удалённое событие. Но на последующих шагах генерации постепенно формируется облако событий, создающих непрерывный переход между событиями исходного дальнего действия.

На данном этапе развития теории отдельные частицы и классы частиц не моделируются. Задачей является формирование метрики на множестве событий, включая некоторые эффекты гравитации. К серьёзным успехам такого подхода следует отнести обоснование сигнатуры релятивистской метрики, размерности пространства-времени  $3+1$ , возникновение гравитационных неоднородностей метрики при общей плоской картине. Разумеется, нерешённых вопросов осталось гораздо больше.

### 1. Качественное описание модели

Предлагается модель пространства-времени, полученная как индуктивный предел дискретного блуждания в линейном пространстве. Иными словами, точки пространства-времени возникают последовательно, а всё множество построенных точек образует модель физического пространства-времени. Эти точки играют роль событий в терминологии теории относительности. А всё множество событий заполняет конус в линейном пространстве. Это интерпретируется как причинная связь всех порождённых событий с начальным событием в вершине конуса. Шаги порождения точек образуют внешнее время, которое не рассматривается как наблюдаемая величина. Роль физического времени в этой модели играет смещение события вдоль оси конуса. Численное выражение времени и пространственных координат определяется базисом в линейном пространстве. Та из координатных осей, которая проходит внутри конуса, играет роль координаты физического времени. Для моделирования направленного необратимого времени используется генерация одностороннего конуса. Тогда координата времени любого построенного события неотрицательная. При этом сам процесс генерации может порождать события как в будущем, так и в прошлом относительно последнего построенного события. Но каждое порождённое событие всегда находится в конусе причинности или следствия для события предшественника. И все события находятся в конусе следствий нулевой точки (вершины конуса). Систему координат, в которой имеется ось времени (в указанном смысле), можно интерпретировать как физическую систему отсчёта.

При таком подходе пространство-время можно рассматривать как реляцию, порождённую отношениями расстояний на событиях. А события порождаются процессом, непосредственно с метрикой не связанным. От метрики требуется инвариантность относительно тех преобразований координат, которые сохраняют алгоритм генерации. В частности, эти преобразования должны сохранять конус, заполняемый продукцией алгоритма. Это означает, что среди квадратичных норм подходят только псевдоевклидовы метрики. Если же алгоритм содержит линейные операции, то преобразования должны

быть линейными, а это оставляет только группу Лоренца и метрику Минковского как единственно подходящую. Заметим, что при размерности выше двух требование сохранения формы и ориентации всех конусов из семейства параллельных сдвигов одного конуса уже означает линейность преобразования пространства.

Операции, порождающие каждый шаг блуждания, выбраны таким образом, чтобы траектория блуждания заметала круговой конус полной размерности в пространстве. Для такой алгебры, содержащей линейные операции, полной группой автоморфизмов будет группа Лоренца. В случае, когда генерация порождает всюду плотное заполнение конуса точками блуждания, в конусе порождается плоская геометрия Минковского. Если индуктивный предел множества точек блуждания содержит в сечениях конуса пустые области, то геометрия геодезических путей в предельном заполнении конуса соответствует искривлённому пространству, что порождает метрику с гравитацией. Ось конуса интерпретируется как ось времени. В проекции на эту ось блуждание по построению всегда асимптотически плотное. Особую роль играет модель размерности 4 с трехмерным пространством и одномерным временем. Это минимальная размерность, в которой появляется гравитация. При размерностях выше четырёх плотность точек генерации в пространственно-подобной проекции становится низкой, что соответствует коллапсу геометрии: в ней события распадаются на отдельные связные области. Это означает, что дальное действие в таком пространстве времени для некоторых актов взаимодействий носит абсолютный характер и не заменяется в процессе генерации на вторичное близкое действие. Новые события не создают непрерывных траекторий между парами удалённых событий.

Другим интересным свойством такой модели с размерностью  $3+1$  является почти плоская геометрия с отдельными островами значительной кривизны. Это соответствует наблюдениям за геометрией реального пространства-времени. Понятие близкого действия в таком формализме становится относительным и зависит от способа измерения наблюдаемого процесса. Если измерение использует малое число этапов генерации, наблюдается дискретная генерация событий с большими интервалами метрики, что воспринимается как дальное действие. При наблюдении большого числа этапов генерации происходит плотное заполнение интервалов между возникшими событиями, что создаёт эффект непрерывных процессов причинной связи между ними (близкое действие).

## 2. Конструкция модели

В данном разделе даётся краткое описание математического аппарата, использованного в описанной выше модели. Изложение достаточно полное для строгого понимания. Однако оно требует определённого переключения читателя на технический аспект данной теории. Для общего понимания семантики полученных результатов изучение этого раздела не требуется.

Общим требованием к моделям такого типа является контравариантность любой используемой операции по отношению к действию группы Лоренца.

При смене системы отсчёта результат такой операции преобразуется тем же оператором, что и все её операнды:  $f(u \circ X) = u \circ f(X)$ . Заметим, что при этом отображение, которое осуществляет операция, является инвариантом преобразования системы отсчёта.

Особо надо рассмотреть контравариантность к дилатации, которая моделирует изменение масштабов на шкале приборов, измеряющих пространство и время. Поскольку модель пространства-времени строится как асимптотически непрерывная, процессы генерации событий должны быть инвариантны относительно смены масштаба измерения.

Условие контравариантности позволяет считать генерацию точек (событий) с помощью данной системы операций физическим процессом. Получен общий вид таких операций:

$$\vec{f}(x|_1^m) = \sum_{i=1}^n a_i (\Lambda_M(x|_1^m), \sec(x|_1^m)) x_i e_i .$$

Здесь  $x|_1^m$  кортеж векторов, аргументов операции; это набор пространственно-временных координат тех событий, которые участвуют в порождении нового события с помощью данной операции. Значение операции это тоже набор координат нового события.

Функция операции квазилинейна с коэффициентами  $a_i$ , зависящими от указанных аргументов; эти аргументы инвариантны относительно преобразований Лоренца и дилатаций.

Функция  $\sec$  распознает сектор конуса, где лежит каждый аргумент: это кортеж чисел  $\pm 1; 0$  вида  $\sec(x|_1^m) = \langle \text{sign}((x_1)_0), \dots, \text{sign}((x_m)_0) \rangle$ . Эти секторы имеют простой геометрический смысл: положительная или отрицательная проекция на ось конуса (знак нулевой координаты) для каждого вектора. Вершине соответствует значение ноль. Эти секторы не меняются при дилатации всех аргументов или после преобразования Лоренца. Заметим, что хотя все события, полученные в процессе генерации, имеют положительную нулевую координату, аргументы операции могут содержать разности таких векторов, у которых возможны разные знаки этой проекции.

Аргумент  $\Lambda_M$  образует кортеж нормированных скалярных произведений Минковского для всех пар аргументов.

$$\Lambda_M(x|_1^m) =_{\text{def}}: \left\langle (x_i, x_j)_M / \left( \|x_i\|_M \cdot \|x_j\|_M \right) \mid i, j = \overline{1, m} \right\rangle .$$

Это матрица чисел, которая также не меняется при дилатациях и преобразованиях Лоренца. Поэтому при этих преобразованиях коэффициенты операции не меняются. Это обеспечивает её контравариантность относительно действия этой группы. Можно показать, что все операции с таким свойством имеют указанный вид.

В релятивистской квантовой механике имеются процессы, для которых можно говорить о минимально возможном измеряемом размере интервала в пространстве-времени. Например, это процесс измерения длины или времени

одним квантом (планковский интервал). Другой пример, это гидро/газодинамика, где имеется переход к квантовым эффектам на масштабах нескольких молекул. При изучении таких явлений не работает принцип относительности к изменению масштабов. Если отказаться от требования контравариантности относительно дилатации, то общий вид контравариантной операции несколько изменяется. Точнее, меняется матрица  $\Lambda_M$  в аргументах коэффициентов линейной формы. Нормировать скалярные произведения уже не нужно:

$$\Lambda_M(x|_1^m) =_{def}: \langle (x_i, x_j)_M \mid i, j = \overline{1, m} \rangle.$$

В дальнейшем будем называть выбранную группу инвариантности физической теории группой относительности. Операции генерации физических событий должны быть контравариантны относительно этой группы.

Имеется два типа моделей блуждания: новая точка строится через алгебраические операции над точками, случайно выбранными из уже построенных событий, и новая точка генерируется заданным случайным процессом, использующим векторные параметры. При этом понятие контравариантности распространяется на такие случайные процессы: требуется, чтобы преобразование параметров некоторым оператором из группы относительности соответствовало применению того же оператора к распределению вероятностей результата при старом значении параметра. Если  $T$  – параметр шагов генерации событий, а  $z$  – набор параметров блуждания, на которых определено действие оператора, то контравариантность к преобразованию  $u$  выражается условием

$$pr\{x(T+1) \in V \mid u \circ x(T), u \circ z\} = pr\{x(T+1) \in u \circ V \mid x(T), z\}.$$

Генерация алгебраического типа начинается с набора базисных векторов, которые имеют одинаковое положительное смещение по нулевой оси:

$$x(0) = e_0; \quad x(1) = e_0 + e_1; \quad \dots; \quad x(n) = e_0 + e_n; \quad x(n+1) = e_0 - e_1; \quad \dots; \quad x(2n) = e_0 - e_n.$$

Следующие операции генератора контравариантны к группе относительности:

$$f_1(x) = \frac{1}{2}x \quad - \text{масштабирование};$$

$$f_2(x, y) = x + y \quad - \text{сумма};$$

$$f_3(x, y) = x * y = x + \alpha(y - x) \quad - \text{проекция вектора } x \text{ через вектор } y$$

на поверхность конуса, где параметр  $\alpha$  выбирается так, чтобы  $\|x * y\|_M = 0$ , что означает принадлежность результата операции к поверхности конуса. Если такого значения параметра не существует, результат операции совпадает с  $x$ .

Этот набор операций обеспечивает порождение из начального базиса асимптотически плотного заполнения кругового конуса в том смысле, что этот конус является минимальной подалгеброй, содержащей этот базис.



Контравариантность позволяет свободно преобразовывать группой относительности исходный базис без изменения алгоритма генерации и результирующего конуса событий.

Случайный генератор блуждания удобен для строгого математического анализа свойств заполнения конуса. В алгебраическом генераторе этот анализ затруднён. Но качественно эти генераторы похожи. Случайное блуждание вначале определяется во всём линейном пространстве размерности  $n+1$ , а потом с помощью специального преобразования это пространство отображается на положительный сегмент конуса с осью  $\langle x_0 \rangle_+$ . Такая конструкция позволяет выявить важные особенности порождённого множества в зависимости от размерности.

Случайное блуждание вначале определяется как прямое произведение двух блужданий: блуждание по оси  $\langle x_0 \rangle$  и блуждание по пространству  $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$ . Блуждание по оси  $\langle x_0 \rangle$  имеет пошаговое смещение, равномерно распределённое на отрезке  $[-1; +1]$  статистически независимо от предыдущих выбранных смещений по этой и другим осям. В пространстве  $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$  с вероятностью  $1/n$  выбирается одна из осей  $\langle x_i \rangle$ , и по этой оси выбирается смещение, равномерно распределённое на отрезке  $[-1; +1]$ , также независимо от всех других выбранных смещений. Это блуждание соответствует равномерно распределённому смещению на репере  $[-1; 1]e_1 \cup \dots \cup [-1; 1]e_n$ . Такой выбор смещений позволит нам в дальнейшем воспользоваться известными теоремами о случайных блужданиях. Параметром обоих блужданий является базис  $e_0, \dots, e_n$ .

Это блуждание в пространстве  $\mathbf{R}^1 \times \mathbf{R}^n$  отображается на внутренность положительного сегмента конуса преобразованием, которое контравариантно относительно преобразований Лоренца и является топологическим.

$$\begin{aligned} f_T(x_0, e_0) &= 2^{x_0} e_0 = t e_0 ; \\ f_S(x, e_0, \dots, e_n) &= (x_1 e_1 + \dots + x_n e_n) 2^{x_0} (1 + x_1^2 + \dots + x_n^2)^{-1/2} ; \\ f(x, e_0, \dots, e_n) &= f_T(x_0) + f_S(x) . \end{aligned}$$

Чтобы убедиться, что это отображение Лоренца контравариантно, достаточно подставить  $x_i = (x, e_i)_M$ ,  $i = 0, \dots, n$ , и сравнить с показанной выше общей формой. Важно отметить, что контравариантность предполагает действие преобразования на все аргументы, как на вектор  $x$ , так и на векторы базиса. Это соответствует идеологии преобразования системы отсчёта. Теперь блуждание на конусе определяется как отображение в него прямого произведения блужданий на исходных линейных пространствах. Заметим, что это отображение не является прямым произведением двух отображений, но является их векторной суммой:

$$Y(T) = (f_T(X(T)_0), f_S(X(T)))|_{e_0, \dots, e_n}.$$

Для дальнейших рассуждений важна теорема, доказанная автором специально для этого исследования: прямое произведение двух возвратных блужданий является возвратным блужданием. Если же одно блуждание невозвратное, то в любом сечении прямого произведения по слою соответствующего пространства будут области, в которые не попадает проекция ни одной точки блуждания. Под возвратностью блуждания понимается бесконечное число попаданий его точек в любое открытое множество на пространстве блуждания. Поэтому если одно из блужданий невозвратное, то в пространстве прямого произведения остаются области, в которые не попадёт ни одна точка прямого произведения блужданий.

### 3. Свойства построенных блужданий

Построенные выше блуждания  $X(T)_0$  и  $X(T)_{1, \dots, n}$  в линейных пространствах размерностей 1 и  $n$  образуют блуждание  $X(T)$ , которое является прямым произведением исходных блужданий. Известно, что симметричные блуждания с осевыми смещениями и ограниченным шагом возвратные при размерностях пространства 1 и 2, но становятся невозвратными при размерностях выше двух. Отображение  $f$  точек процесса  $X(T)$  в точки процесса  $Y(T)$  на положительном сегменте конуса является топологическим. Следовательно, эти блуждания возвратные или нет одновременно.

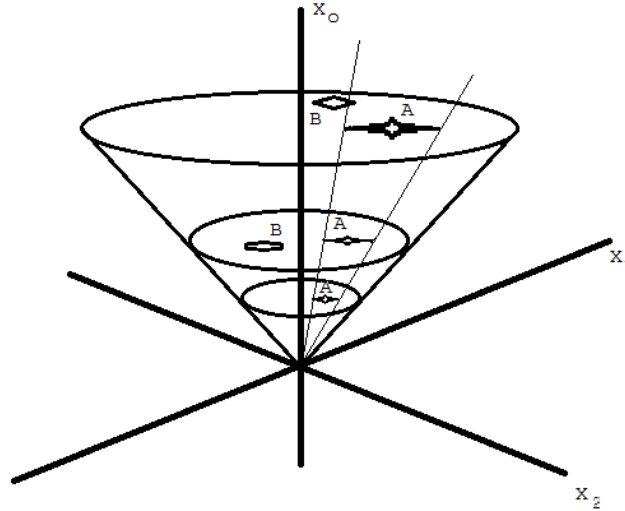
Поэтому для блуждания  $Y$  его проекция на ось  $\langle e_0 \rangle_+$  всюду плотная в индуктивном пределе. При  $n \leq 2$  на всех сечениях конуса, параллельных гиперплоскости  $\langle e_1, \dots, e_n \rangle$ , замыкание индуктивного предела плотное. Но при размерности  $n \geq 3$  на этих сечениях имеются пустые области. Это следствие невозвратности многомерного блуждания. Можно доказать и более сильный факт. На каждом сечении имеются пустые области, которые остаются пустыми при лучевой проекции из вершины на все сечения с большими нулевыми координатами. Назовём это эффектом лучевой трансляции пустот (рис. 1). В частности, это означает наличие пустых областей размерности  $n+1$ .

Наличие пустот на  $\langle e_1, \dots, e_n \rangle$ -сечениях порождает изменение геометрии на конусе, если принять за расстояние длину кратчайшего непрерывного пути между двумя точками. В области с относительно однородным распределением пустот можно вычислить средние (или характерные) диаметры пустот  $2d$  и расстояния  $L$  между ними. Поскольку при движении в любом направлении надо обходить препятствия с этими параметрами, то среднее удлинение пространственно подобного пути по теореме Пифагора

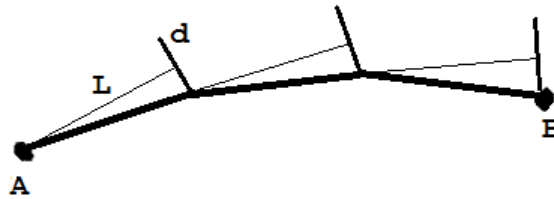
$$\eta = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{L} = \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}}.$$

Такое искажение метрики аналогично гравитации в ОТО, если учесть, что удлинение пути замедляет распространение света (рис. 2). Эта аналогия ограничена, поскольку она подменяет метрику на многообразии трансляционной метрикой на плоском пространстве

с внутренними границами (щели и дырки). Однако такая модель хорошо соответствует наблюдаемой в космосе геометрии плоского пространства-времени с локальными гравитационными линзами. А отмеченная выше лучевая трансляция пустот соответствует наблюдаемому разбеганию больших масс.



**Рис. 1. Типы пустот в пределе генерации пространства-времени:**  
*A* – лучевая трансляция; *B* – одиночные пустоты



**Рис. 2. Искривление и удлинение пути между событиями при обходе пустот**

В данной модели возникает эффект расширения Вселенной и ускорения этого расширения. Это связано с тем, что среднее отклонение блуждания от начальной точки пропорционально корню числа шагов блуждания. Поэтому стандартное отклонение  $r$  блуждания от оси конуса в преобразовании  $f$  и постоянная Хаббла  $H$  дают следующие соотношения:

$$r(T) \sim 2^{\sqrt{T}} \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{T+1}}; \quad H(T) \sim \frac{r(T)}{t(T)} \sim \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{T+1}} \sim \frac{t}{\sqrt{t^2+1}}.$$

Эта величина слабо возрастает по времени, но не превзойдет некоторой фиксированной величины. Прогноз отличен от модели тёмной энергии, в которой ускорение должно неограниченно возрастать. Полученный в модели блуждания результат ближе к наблюдаемой картине расширения.

Особо следует остановиться на размерности пространства-времени  $3+1$ . Это наименьшая размерность, при которой возникают неоднородности в предельном заполнении конуса событиями. Эти неоднородности моделируют гравитацию и, вообще, материальное наполнение пространства. При дальнейшем увеличении размерности невозвратность блуждания,

порождающего пространственно подобные сечения конуса, усиливается, и зоны плотного заполнения событиями распадаются на отдельные связанные компоненты. Таким образом, размерность пространства 3 порождает наиболее богатую связную геометрию. Этот вопрос требует дальнейшего исследования.

#### 4. Двойственность интерпретации модели

В описанной модели возникает интересная двойственность физической интерпретации математической конструкции. С одной стороны, можно считать, что пространство-время состоит из реализованных в блуждании событий, а пустоты являются препятствиями для распространения физических взаимодействий. Назовём это позитивной интерпретацией. С другой стороны, можно считать, что пустое пространство-время, наоборот, состоит из нереализованных точек (из потенциальных возможностей событий), а препятствиями для распространения взаимодействий являются реализованные события. Такую интерпретацию назовём негативной. От выбора одной из этих точек зрения зависит интерпретация эффектов изменения размерности пространства-времени.

При позитивной интерпретации, которой мы придерживались выше, малым размерностям пространства 1 и 2 соответствует плоская псевдоевклидова геометрия. Это пустое пространство, в котором нет физических тел и полей. А в пространствах размерности выше трёх мир распадается на «черные дыры», из окрестностей которых выйти невозможно.

При негативной интерпретации картина обратная. При малых размерностях всё пространство коллапсирует и механическое движение становится невозможным. А для больших размерностей пространство становится пустым и плоским с редкими островками коротко живущих гравитирующих тел.

Сама математическая конструкция не даёт преимущества одной из этих точек зрения. Но некоторые соображения, относящиеся к физике, дают предпочтение негативной интерпретации. В классической теории при размерностях пространства меньше трёх гравитационный потенциал относительно бесконечности у любой точки, находящейся в поле действия массивной области, будет бесконечным. Это связано с тем, что напряжённость поля падает обратно пропорционально первой или нулевой степени расстояния до центра гравитации. Но тогда любая масса становится чёрной дырой, из поля которой невозможно вырваться. Это соответствует негативной интерпретации. Другой эффект связан с квантовой механикой, где распространение частицы описывается волной амплитуды вероятности для потенциальной возможности события регистрации частицы. Таким образом, пустое пространство интерпретируется как совокупность нереализованных возможностей появления события. Это снова соответствует негативной интерпретации модели. Создаётся впечатление, что именно негативная интерпретация может объяснить многие странные эффекты квантовой механики, такие, как пребывание частицы одновременно в нескольких состояниях (суперпозиция). Если речь идёт о потенциальной возможности этих состояний, то противоречия не возникает.

### Заключительные замечания

Предложенная модель не использует пространство и время как исходные конструкторы моделирования физических процессов. Эти понятия возникают как реляция состояний математического процесса, использующего другие исходные сущности. К этим сущностям относятся базисные элементы алгебры, которым мы придаём смысл элементарных событий. Их суперпозиция с помощью определённых для них алгебраических операций порождает модели отдельных физических событий, из которых постепенно составляется остов пространства-времени. Сама суперпозиция предполагает линейную упорядоченность действий, которая рассматривается как ещё одна базовая сущность, пошаговое время генерации. Это алгоритмическое время, связь которого с моделью физического времени достаточно сложная, носит логический, а не физический характер. Надо заметить, что суперпозиция функций и операторов присутствует в любой физической теории, но смысл этой операции как алгоритмического времени для построения моделей физических объектов обычно скрыт за терминологией.

Для перехода к пространству-времени используются такие отношения, как метрика на порождённых точках, инвариантность метрики относительно преобразований, сохраняющих потенциально возможное множество этих точек, порождённая топология, контравариантность операций относительно группы инвариантности метрики.

Некоторые конструктивные особенности модели специально подобраны для получения аналогий с теорией относительности. Это принцип контравариантности операций, который является обобщением принципа относительности Галилея, и коническая форма области генерации, которая определяет сигнатуру метрики Минковского. Конус пришлось постулировать для случайной генерации. Однако при алгебраической генерации он возникает автоматически из нарушения симметрии по нулевому базисному вектору, который входит в общий базис генерации особым образом: он добавлен к каждому из ортогональных векторов базиса и не имеет отрицательного компаньона. Можно сказать, что при алгебраической генерации пространства-времени псевдоевклидова метрика является следствием нарушения симметрии времени относительно прошлого и будущего.

В список литературы включены ранее изданные работы автора в данном направлении и ссылки по теории вероятности. В статьях [1; 2] рассмотрены группы гомеоморфизмов пространств с обобщёнными топологиями, в частности связь преобразований Лоренца с сохранением конических структур. В статье [3] рассмотрена связь необратимости времени и вероятностных моделей в физике с алгебраическими структурами. В работах [4–6] рассмотрены модели конической генерации пространства-времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Koganov A.V.* Processes and Automorphisms on Inductor Spaces // Russian Journal Mathematic Physics. 1996. Vol. 4. Nom 3. Jon Wiley and Sons, Ins. S. 315–339.
2. *Koganov A.V.* Faithful Representations of Groups by Automorphisms of Topologies // Russian Journal of Mathematical Physics. 2008. Vol. 15. No 1. S. 66–76.
3. *Коганов А.В.* Лучевые числа и алгебры. // Труды НИИСИ РАН. Т. 9. № 1, Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. 2019, Москва, ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. С. 98–107. ISSN 2225–7349.
4. *Коганов А.В.* Коническая алгебра как модель пространства-времени в квантовой гравитации // LIV Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники = LIV All-Russia Conference on Problems in Dynamics, Particle Physics, Plasma Physics and Optoelectronics: тезисы докладов. Москва, РУДН, 14–18 мая 2018 г. М.: РУДН, 2018. С. 51–55. ISBN 978–5–209-09132–5.
5. *Коганов А.В.* Принцип контравариантной генерации событий в физике // Метафизика. 2018. № 1 (27). С. 129–134. ISSN 2224–7580.
6. *Коганов А.В.* Принцип генерации пространства-времени случайным блужданием // Основания фундаментальной физики и математики: материалы III Российской конференции (ОФФМ–2019) / под ред. Ю.С. Владимиров, В.А. Панчелюги. Москва, РУДН, 29–30 ноября 2019 г. С. 22–25. ISBN 978–5–209-09708–2.
7. *Гихман И.И., Скороход А.В.* Введение в теорию случайных процессов. М.: Наука, 1977. 570 с. (с. 122 – возвратность блужданий).

## A MODEL OF PHYSICAL SPACE-TIME AS A TRAJECTORY OF A RANDOM PROCESS IN EXTERNAL PARAMETRIC TIME

**A.V. Koganov**

*Scientific Research Institute for System Analysis, RAS*

A model of physical space-time in the form of a trace from a random walk on the support of some finitely generated algebra is considered. The generating set of elements is considered as a set of initial events of the physical world, and all points generated by wandering are interpreted as their consequences. The special properties of such a model allow us to obtain interesting conclusions about the possible causes of the pseudo-Euclidean metric of our world and its 3 + 1 dimension. Such effects as the expansion of the Universe with low acceleration, gravitational deformation of the metric and the superposition of the states of quantum particles get their explanation. There is an effect of duality of the description of physical interactions as long-range or short-range interaction.

**Keywords:** model of physical space-time, theory of random processes, principle of complementarity, long-range and close-range interaction.

## РЕЛЯЦИОННОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ ДЛЯ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ МАСШТАБОВ

**В.В. Аристов**

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук*

Реляционный статистический подход применяется при изучении явлений макроскопических космологических масштабов. По сути, развивается вариант обобщенного принципа Маха. Обсуждаются теоретические модели темной материи, а также темной энергии без введения дополнительных частиц и сил. Рассматриваются изменения обычных кинематических и динамических уравнений для ультра-ультравысоких скоростей. Предсказываются некоторые новые эффекты на таких масштабах энергий.

**Ключевые слова:** реляционно-статистический подход, пространство-время, принцип Маха, темная материя и темная энергия.

### Введение

Реляционная статистическая концепция пространства-времени может преодолеть рассогласование аппаратов квантовой механики и ОТО, стать теорией, пригодной для различных физических масштабов. С помощью такого подхода, который перекликается с реляционными взглядами Ю.С. Владимирова, Ли Смолина, Барбура, Сидхарта и др., удастся описать и квантовые, и гравитационные эффекты фактически на основе обобщенного принципа Маха [1–3], в котором связываются микро- и макромасштабы. Важно последовательно перенести представления на космологические масштабы и для ультра-ультравысоких скоростей, принимая во внимание трудности ОТО в описании явлений на больших масштабах. Особое внимание должно быть уделено проблемам темной материи и темной энергии. На наш взгляд, современные поиски гипотетических частиц темной материи и природных референтов, ответственных за проявление темной энергии, сходны с поисками светового эфира в конце XIX – начале XX веков. Поэтому развитие теоретических моделей пространства и времени способно помочь в разрешении этих проблем. Также существенным вопросом представляется расходимость (на что редко обращают внимание) релятивистской энергии при стремлении скорости частицы к скорости света.

Среди различных экспериментальных результатов существуют свидетельства в пользу того, что есть альтернатива к поиску неизвестных частиц скрытой темной материи [4; 5]. Например, в [5] получены новые опытные данные, относящиеся к этой проблеме. При сравнении радиальных ускорений спиральных галактик (наблюдаемом, а также вычисленном по барионным

массам) обнаружена существенная корреляция ускорений, что показывает соотношенность видимой (барионной) и темной масс, – наблюдаемое ускорение складывается из ускорений, связанных с темной и барионной материей. Поэтому можно предположить, что все определяется барионной материей. Полученную зависимость авторы даже сравнивают с закономерностями, отраженными в кеплеровских законах. На основе экспериментальных данных делается вывод о возможной необходимости пересмотра существующей теории гравитации, в частности, допустимости применения MOND. Но модель MOND [6] является феноменологической, желательно получать модификации классических уравнений, опираясь на более глубокие основания.

В работе Ю.С. Владимирова и М.Ю. Ромашка [7] предполагается (в соответствии с идеями Рашевского и Рвачева), что на глобальных масштабах расстояние в определенном смысле изменяется в сравнении с обычным. Только одного такого допущения достаточно, чтобы при неизменности гравитационного закона в нерелятивистском приближении описать проявление темной материи и эффекты, с ней связанные. В частности, удается объяснить линзирование света. Оценка отношения эффективной массы к массе видимой материи дает величину 6–10, что соответствует отношению массы темной материи к массе видимой материи, которое вводится в обычной теории для объяснения этого эффекта.

В нашем реляционном статистическом методе не делается таких гипотетических предположений об изменении фактических физических длин при возрастании расстояний до космологических масштабов. В настоящей работе предлагается, опираясь на свойства реляционной статистической модели, постараться теоретически объяснить проявления темной материи и энергии. Физически и математически эффекты темной массы связаны с тем, что есть две суммы большого числа безразмерных слагаемых разной природы, которые можно сравнивать.

### **Получение выражения гравитационного потенциала в модели**

Реляционная статистическая модель пространства, определяемая конфигурацией масс, развивается в работах автора [1–3; 8]. Дискретная структура физического пространства прямо сопоставляется (на атомарных масштабах) с дискретной структурой материи. Сравнивая единицы расстояния и массы в операциональном подходе для определения пространства, мы конструируем модель безразмерного описания «масса-пространство». Статистический реляционный подход подразумевает, что непрерывная евклидова геометрия является некоторым пределом более общей дискретной геометрии, возникающей из простых геометрических образов. В такой статистической дискретной геометрии присутствует суммирование (осреднение) с использованием макроскопических инструментов для пространственных измерений.

В данной реляционной статистической модели время вводится при уже построенном пространстве [9]. Предполагается, что есть «идеальный фотоаппарат», позволяющий получать «фотографии» всех частиц. Конструируется



система отсчета с декартовой системой координат. Определяются радиусы-векторы всех частиц по «фотографиям». Так задается момент времени. По изменениям моментов времени вводится приращение времени, определяемого как среднеквадратичное от изменения всех пространственных координат в «фотографиях», соответствующих различным моментам времени. Множитель, равный величине обратной к скорости свету, связывает эти величины.

Гравитационный потенциал вводится в соответствии с [8] как сумма нормированных на квадрат скорости света квадратов скоростей частиц, образующих массивное тело. Эта сумма отвечает за замедление времени по сравнению со временем, определяемым при равномерном распределении частиц в соответствующем статистическом выражении. Математический вид традиционного гравитационного потенциала может быть получен при сопоставлении двух сумм безразмерных величин. Первая сумма, как указано, выражает отношение квадратов скоростей к квадрату скорости света для всех элементов мира. Члены в ней порядка единицы, поскольку проводится нормировка на квадрат скорости света (в принятом способе определения скорости по фотографиям, определяемым в точке наблюдателя, средняя скорость равна скорости света). Другая сумма содержит отношения масс тел к расстояниям до них от пробного тела (учитывая своеобразную измерительную эквивалентность расстояния и массы). Сумму можно написать и в предельном случае для всех элементов мира. Отсюда получается обратная пропорциональность расстоянию, соответствующая гравитационному ньютонову потенциалу.

Рассмотрим сумму отношений масс объектов к расстоянию до пробного тела, имея в виду, что расстояние может измеряться в единицах массы. Причем для шара при равномерном распределении частиц основной вклад в такую сумму будут вносить элементы, сосредоточенные вблизи сферы порядка радиуса мира  $R$  (более точные оценки должны дать некоторую эффективную часть радиуса). Множитель  $A$  связывает величину радиуса мира с характерной микроскопической величиной, например, радиусом электрона. Учитывая характерную связь между расстоянием и массой с помощью множителя  $b$ , получаем, что можно вынести в знаменателе комплекс  $Ab$ , так что все члены суммы будут представлять собой безразмерные величины, образованной отношением массы элемента к расстоянию от точки наблюдения, выраженной тоже в единицах массы. Получается сумма безразмерных случайных величин, каждая из которых порядка единицы. Данную сумму в согласии с законом больших чисел можно сопоставить с упомянутой выше суммой безразмерных нормированных квадратов скоростей. С простыми допущениями теории вероятностей получаем, что относительные отличия двух указанных сумм составляют статистическую величину, равную  $(N)^{-1/2}$ , где  $N$  – число фундаментальных элементарных частиц в мире. Часто эту величину полагают равной числу Эддингтона  $N = 10^{80}$ . Выражение для гравитационного потенциала получается в соответствующем смысле из математических закономерностей см. [11]). Физический смысл вносится с помощью комбинаций мировых констант, что задает размерные физические величины.

Правильность описания подтверждается получением соотношений так называемых космологических совпадений, где связываются величины микро-

и макромира. Если теперь сопоставить получающийся множитель перед суммой отношений масс к расстояниям с принятым в выражении для гравитационного ньютона потенциала множителем, то получаем первое важное соотношение, которое показывает, что радиус мира близок к гравитационному радиусу Вселенной. Второе соотношение получается, если исходить из условия динамического равновесия любого атома в мире, для этого требуется, чтобы электрический потенциал, например, электрона соответствовал суммарному при взаимодействии всех остальных протонов и электронов во Вселенной. Сравнивая порядки потенциала одного электрона с суммарным потенциалом всех разноименных зарядов во Вселенной, получаем  $A = (N)^{1/2}$ . Третье соотношение получается при сопоставлении суммарного воздействия дипольных моментов всех атомарных систем Вселенной с суммарной гравитационной силой Вселенной (см., например, [10], где также применяется такой подход). Тогда отношение констант электромагнитного и гравитационного взаимодействия оказывается равным  $(N)^{1/2}$ .

Получение таких известных эмпирических соотношений, исходя из статистических глобальных космологических выражений, следующих из основных положений реляционной модели пространства и времени, можно рассматривать как своеобразную манифестацию принципа Маха.

### **Объяснение феномена темной материи в реляционной статистической концепции**

Развиваемая нами концепция позволяет объяснить проявления темной материи на основе изучения распределения только видимой массы во Вселенной. Ранее было показано, что «сгущение» массы (появление массивных тел, например, планет, звезд), то есть распределения частиц с отличием от однородного распределения в измерительном приборе для расстояния приводит в рамках настоящей модели к метрике [1], совпадающей со шварцшильдской при слабой гравитации. Это дает возможность воспроизвести все известные и проверенные эффекты ОТО. Таким образом, изменение кинематических характеристик, связанных с изменением метрики по сравнению с евклидовой, происходит при изменении распределения частиц по сравнению с равномерным.

Изменение динамических величин, соответствующих потенциалу, происходит фактически также за счет данного отличия от среднего распределения, присущего дискретному эталону. Таким образом, феномен темной материи трактуется с помощью изменения теоретического описания гравитации на больших расстояниях, а не как следствие влияния новых неизвестных частиц, как в современных традиционных представлениях. Мы исходим из анализа измерительных процедур для определения расстояния с учетом структуры идеальных линеек с предельно симметричным равномерным распределением атомов, ее представляющих. Надо сравнить реальное распределение неоднородностей мира, в частности, на галактических масштабах с однородным распределением дискретной среды элементов во Вселенной

(«метagalактическая линейка»). Так возникают эффекты, которые можно трактовать как проявление влияния темной материи.

При большей массе на единицу расстояния по сравнению с обычным однородным распределением для того, чтобы суммарный глобальный гравитационный потенциал остался прежним, надо подставлять в знаменатель величину, существенно превышающую обычную. Но подставляют именно обычную величину, поскольку используют измерения по линейке с эталонным распределением, соответствующим стандартному равномерному глобальному распределению частиц. Поэтому сумма оказывается завышенной, что можно интерпретировать как проявление темной материи.

Оценим отличия темной материи (+ видимая) от видимой. Число нуклонов, приходящееся на единицу объема для дискретной однородной измерительной среды, определим, разделив число Эддингтона на объем Вселенной  $R^3 = (10^{28})^3 \text{ см}^3$ . Полагаем, что дискретная измерительная среда идеальной масштабной линейки задается как среднее во всей Вселенной. Используя известные оценки данных величин, получим, что такое отношение равно  $10^{-4}(\text{см})^{-3}$ . Тогда количество частиц, которое будет приходиться на линейную единицу длины (что соответствует идеальной измерительной среде), равно корню кубическому из этой величины, а именно  $10^{-4/3}(\text{см})^{-1}$ . Для получения безразмерного выражения такая «плотность» (то есть число частиц, приходящихся на единицу длины) должна фигурировать в потенциале.

Число нуклонов, приходящееся на единицу объема для галактической среды (в Метагалактике примерно  $2 \cdot 10^{12}$  галактик), определяется, если разделить число Эддингтона на число галактик и на среднюю величину объема галактики, которая согласно источникам принимается равной  $(10^{23})^3 \text{ см}^3$ , тогда получим  $0,5 \cdot 10^{-1}(\text{см})^{-3}$  и соответственно на единицу длины  $(0,5 \cdot 10^{-1})^{1/3}(\text{см})^{-1}$ . Значит для обеспечения той же, что и прежде, средней «плотности массы относительно расстояния» в потенциале, надо увеличить эффективное расстояние в знаменателе. Получающаяся фактически величина потенциала оказывается больше обычной, что можно трактовать как проявление темной массы.

Для обеспечения прежней «плотности» надо заменить расстояние, измеряемое по линейке, значением, соответствующим реальному распределению массы для галактики, чтобы выполнялись математические условия применения теорем теории вероятностей, так что приведенное выше отношение покажет проявление темной массы. Данное отношение  $(0,5 \cdot 10^{-1})^{1/3}/10^{-4/3}$  примерно равно 8. Такая величина достаточно неплохо соответствует упомянутым выше реальным отношениям масс: (барионная + темная) к барионной, которое находится в диапазоне 6–10. Заметим, что оценка получена при сопоставлении величин очень больших порядков. Дальнейшее уточнение величин поможет улучшить оценку.

### **Реляционная статистическая концепция и темная энергия**

Проблема темной энергии также может получить трактовку в настоящей концепции. Базисная связь пространства и времени дает глобальное

суммарные выражения для кинетической энергии и импульсов. При этом получаются аналоги законов сохранения. В основе лежат математические тождества, приводящие к физическим соотношениям, см. нашу статью [11], где обсуждается взаимосоответствие постулатов физики и математики. Причем в согласии с представлениями Маха описание, по существу, несиловое – аналог силы задается кинематической «остальной» частью мира помимо системы рассматриваемых частиц. Если же изучается мир как целое, то отсутствует «внешняя», «остальная» часть.

Так как интервал времени вводится через предельную сумму от пространственных смещений всех элементов мира, то после простых преобразований получается аналог глобальной кинетической энергии. Поскольку в среднеквадратичном среднем пространственные смещения проводятся относительно центра масс, то получается, что сумма кинетических энергий всех частиц (элементов) минус кинетическая энергия центра масс мира равна постоянной величине. При дифференцировании по времени изменение суммарной кинетической энергии равно изменению по времени кинетической энергии центра масс мира. Значит, возможно, что суммарная кинетическая энергия мира меняется во времени, если меняется и кинетическая энергия центра масс. Замедленное или ускоренное движение определяется соответствующими знаками ускорения кинетических энергий. При ускоренном разбегании можно говорить о проявлении темной энергии.

Свойства реляционного статистического пространства и времени (инвариантность времени относительно сдвигов) приводит к глобальной связи суммарной кинетической энергии и импульсов. Если рассматривается движение мира в целом, то получаем тождество, так что движение с ускорением не требует дополнительных сил (и энергии). Мир в целом может расширяться с постоянным ускорением, например, заданным в определенный начальный момент времени (здесь не обсуждается, как может возникнуть такое ускорение на достаточно поздней стадии эволюции Вселенной). При этом скорость, приобретенная за время существования Вселенной, должна примерно равняться скорости света. Таким образом, глобальное описание темной энергии на основе принципа Маха позволяет связать ее с допустимым ускоренным расширением.

### **Влияние статистичности теории при больших масштабах величин**

Для космологических масштабов при включении в сумму для времени всех элементов мира в реляционном подходе принцип Маха имеет различные проявления.

Возможность соотнесения показания часов с соответствующей суммой связана с близостью математического ожидания со средним по испытаниям. Построения опираются на вероятностный аппарат статистической концепции пространства-времени: соответствие с физическими измерениями по обычным часам и линейкам получается, как указано, из закона больших чисел и предельных теорем, при нарушении условий выполнения таких соотношений проявляются и отклонения от обычных физических закономерностей.

При выполнении этого условия интервал времени по физическим часам отличается от модельных статистических часов на малую величину  $(N)^{-1/2}$ , связанную с числом  $N$  частиц в системе. Для принимаемого числа Эддингтона данное относительное отличие  $10^{-40}$ . Можно ожидать, что на такую относительную величину отличаются массы элементарных частиц одного типа, что может проявиться в «анизотропии массы». Это приводит к отличию их динамических и кинематических свойств и делает, по сути, различимыми, что противоречит положениям квантовой механики, но такие эффекты могут обнаружиться на гораздо меньших масштабах, чем доступны нынешним наблюдениям. Различимость частиц можно трактовать как проявление чрезвычайно «тонкого света», в принципе измеримого.

Развиваемая реляционная статистическая модель пространства-времени предсказывает отличия в описании, связанные с глобальной вероятностной погрешностью. Такая погрешность может сказаться также в нарушении принципа эквивалентности инерционной и гравитационной масс на относительную величину порядка  $(N)^{-1/2}$ .

Будем называть ультра-ультрарелятивистскими скоростями такие, что отличаются от скорости света на относительную величину указанного порядка. Понятно, что достижение таких скоростей пока невозможно, поскольку энергии, соответствующие им, на много порядков превышают современные максимальные значения, полученные в новейших ускорителях. Приближение к таким скоростям приводит к некоторым изменениям в уравнениях кинематики и динамики в силу нарушения выполнения условий для обеспечения важных положений теории вероятностей. Для справедливости предельной теоремы требуется выполнение условий, основанных на примерно равном вкладе всех членов суммы: необходима равномерная малость отличия случайной величины от ее математического ожидания. Выяснение сходимости к нормальному закону последовательности независимых, но не обязательно одинаково распределенных случайных величин сводится к выяснению выполнения необходимого и достаточного условия асимптотической нормальности Линдеберга–Феллера (см. [12–14]).

Так как изменение расстояния между опытами для изучаемой частицы сравнимо в определенном смысле с суммой таких же величин для остальных частиц мира, то это выделенное приращение нельзя включать в сумму при сравнении с измерением времени по часам. Поэтому это отдельное приращение не будет входить с прежним физическим смыслом в сумму, фигурирующую в математическом тождестве. Соответственно уравнения механики, следующие из этих математических соотношений, будут иметь иной вид.

Получается, что для очень больших скоростей из уравнений концепции следует, что при взаимодействии, например, двух частиц с большими скоростями не сохраняется обычная суммарная кинетическая энергия. Сохраняется другая суммарная величина, где в числителях слагаемых, как и прежде, присутствуют квадраты скоростей, но в знаменателях к 1 добавляются некоторые члены.

Предельная скорость не превышает величину, меньшую скорости света, хотя и мало отличающуюся от нее, а именно с относительным отличием

порядка  $(N)^{-1/2}$ . Следовательно, величины импульса и энергии оказываются конечными. В СТО этот предел равен бесконечности, что указывает на ограниченность теории.

### Выводы

При больших, глобальных, космологических значениях физических величин меняется описание, что связано со свойствами реляционного статистического пространства-времени, это может помочь в теоретической интерпретации некоторых известных явлений (в частности, феномена темной материи) и в предсказании новых эффектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Aristov V.V.* The gravitational interaction and Riemannian geometry based on the relational statistical space-time concept // *Gravitation and Cosmology*. 2011. Vol. 17. No. 2. P. 166–169.
2. *Aristov V.V.* Constructing relational statistical spacetime in the theory of gravitation and in quantum mechanics // *Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theory* / eds. M. Bianchi., R.T. Jantzen and R. Ruffini. WorldScientific. Singapore. 2018. P. 2671–2676.
3. *Аристов В.В.* Реляционное статистическое пространство-время и построение единой физической теории // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2018. 4 (25). С. 4–20.
4. *Harvey D., Massey R., Kitching T., Taylor A., Tittley E.* The nongravitational interactions of dark matter in colliding galaxy clusters // *Science*. 2015. 347. 1462–1465.
5. *McGaugh S.S., Lelli F., Schombert J.M.* Radial acceleration relation in rotationally galaxies // *Phys. Rev. Lett.* 2011. 117 (216). URL: <https://arxiv.org/abs/1609.05917v>.
6. *Milgrom M.* A modification of the Newtonian dynamics: implication for galaxies // *Astrophys.* 1983. J. 270. P. 371–383.
7. *Владимиров Ю.С., Ромашика М.Ю.* Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) и ее возможные интерпретации // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2013. 1 (2). С. 64–77
8. *Аристов В.В.* Конструкция реляционного статистического пространства-времени и физическое взаимодействие / На пути понимания феномена времени в естественных науках / ред. А.П. Левич. М.: Прогресс-Традиция, 2009. Ч. 3. С. 176–206.
9. *Аристов В.В.* Статистическая модель часов в физической теории // *Докл. РАН*. 1994. Т. 334. С. 161–164.
10. *Sidharth B.G.* The Machian Universe, arXiv:physics/061024v1 [physics.gen-ph].
11. *Аристов В.В.* Взаимоотношение физики и математики согласно реляционно-статистическому подходу // *Метафизика*. 2018. № 4 (30). С. 49–60.
12. *Лозэ М.* Теория вероятностей. М.: Изд. иностр. лит., 1962.
13. *Боровков А.А.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1976.
14. *Гнеденко Б.В.* Курс теории вероятностей. М.: Наука, 1988.

## RELATIONAL STATISTICAL SPACE-TIME FOR COSMOLOGICAL SCALES

V.V. Aristov

*Dorodnitsyn Computing Center of Federal Research Centre  
“Computer Science and Control”, RAS*

The relational statistical approach is used in the study of phenomena of macroscopic cosmological scales. In fact, a variant of the generalized Mach's principle is developing. Theoretical models of Dark matter as well as Dark energy without introducing additional particles and forces are discussed. Changes in the ordinary kinematic and dynamic equations for ultra-ultra-high speeds are considered. Some new effects are predicted at such energy scales.

**Keywords:** relational-statistical approach, space-time, Mach's principle, Dark matter and Dark energy.

## ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ И ЕЕ ЦИВИЛИЗАЦИОННЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ

А.Л. Круглый<sup>1</sup>

*Научно-исследовательский институт системных исследований  
Российской академии наук*

Рассматриваются следствия гипотезы Уилера, что первоэлементами Вселенной являются биты, при условии, что она верна. Раскрывается проблема создания информационной модели Вселенной как иерархии информационных моделей явлений, в основе которых должна лежать информационная единая теория микромира. Информационная модель Вселенной является реляционной с физической точки зрения и идеалистической с философской. По минимальной оценке производительность протона, как процесса обработки информации, сопоставима с наиболее мощными суперкомпьютерами, что дает представление об информационной сложности явлений. Для построения информационных моделей сложных явлений необходима разработка концепции смысла информации как физической характеристики. Физика развивается по пути выявления и анализа элементарных причинно-следственных связей. Развитие систем работы с большими данными открывает альтернативную возможность исследования сложных корреляций и причинно-следственных связей явлений, которые в настоящее время остаются вне поля зрения, и построения соответствующих информационных моделей. На основе этих моделей возможна разработка технологий управления естественными явлениями как информационного взаимодействия. Информационная модель Вселенной приводит к взгляду на универсальную эволюцию как на информационный процесс, который может перейти в стадию эволюции чисто информационных существ и разумного управления Вселенной.

**Ключевые слова:** информация, смысл, сложность, корреляция, управление, эволюция.

### Введение

Информационная модель вселенной предполагает, что первоэлементами, из которых все состоит, являются биты информации. Получило известность выражение Уилера «It from bit» («Все из бита») [1]. В книге Гравитация [2], которую Уилер написал совместно с Мизнером и Торном, указано, что первым эту гипотезу высказал Вернер (Werner F.G.) в 1969 году. В литературе бит, как первоэлемент, называется также бинарной альтернативой и иг, что является сокращением от union register (единичный регистр) [3]. Также можно встретить термины бинарный код [4. Р. 330], бинарный процесс [5. Р. 322],

---

<sup>1</sup> E-mail: akrugly@mail.ru



бинарный выбор [5. Р. 325] и др. Автор также является сторонником этой гипотезы и работает в этом направлении много лет [6; 7].

В первую очередь речь идет о создании информационной модели микромира как реализации ожидаемой «единой теории». Создание такой модели ведет к программе построения иерархии информационных моделей всех явлений, в том числе и давно изучаемых в имеющихся разделах науки. Систему этих моделей можно назвать информационной моделью Вселенной, что должно рассматриваться не как альтернатива традиционным подходам, а как дополнение, взгляд под иным углом зрения.

В настоящей работе не будут затрагиваться детали различных вариантов, так как пока информационной модели микромира не создано, а рассматриваются два момента: мировоззренческие и цивилизационные последствия при условии, что гипотеза окажется верной и модель будет построена.

Работа выполнена по теме 36.20. Развитие методов математического моделирования распределенных систем и соответствующих методов вычисления. Код в системе формирования Гос. заданий МИНОБРНАУКИ 0065–2019–0007. Регистрационный номер в ЦИТиС АААА-А19–119011590093–3.

## 1. Место модели в мировоззрении

Информационную модель микромира следует отнести к реляционным моделям [8], поскольку: любые объекты являются структурами, образованными первичными элементами – битами; структуры образуются за счет отношений между битами; пространство-время не является исходным элементом модели, а аппроксимацией каких-то отношений битов. По мнению автора, полноценное включение информации в физическую картину мира возможно только в рамках реляционного подхода. Вместе с тем реляционный подход к описанию микромира ведет к необходимости включения в модель информации как физического явления.

Элементарными объектами пространства-времени являются точки-события. В соответствующей ему информационной модели первичные элементы также должны быть не фиксированными битами, а элементарными событиями, то есть преобразованиями одного бита, или бинарными выборами (binary decision). Явления должны описываться как информационные процессы. Ниже под информационной моделью понимается модель информационного процесса.

Модель имеет философские следствия. Первичные элементы биты являются не материальными, а информационными, идеальными объектами. Бит – это не способ описания первоэлемента, а именно первоэлемент. Тем самым вся Вселенная является не материальной, а информационной структурой, для которой наиболее подходящий образ – это компьютерная симуляция. Модель реализует идеалистическую, платоновскую картину мира.

В макроскопическом мире материальные объекты имеют индивидуальность. Тожественными могут быть только идеальные объекты, например математические. Принцип тождественности квантовых частиц может быть

свидетельством того, что элементарные частицы должны рассматриваться как идеальные объекты, платоновские идеи.

Отметим, что если философские концепции носят умозрительный характер, то физическая модель является фальсифицируемой по Попперу.

## 2. Смысл информации

Современные физические модели если и учитывают информацию, то только ее количество. Но сводить информацию к ее количеству – это как сводить литературоведение к подсчету печатных знаков в тексте, или оценку научных результатов к числу публикаций и индексу цитирования. Согласно международному стандарту ISO/IEC информация – это «знания относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определенном контексте имеют конкретный смысл» [9]. Смысл (содержание, значение) является определяющим свойством информации. Информация – это то, что имеет смысл.

Целью физической модели является предсказание динамики изучаемого объекта. Рассмотрим в качестве объекта получателя известного сообщения: «казнить нельзя помиловать». В зависимости от места постановки запятой сообщение имеет противоположный смысл или становится бессмысленным, если запятая поставлена с нарушением правил. Получение сообщения вызывает соответствующую реакцию получателя. При этом реакция получателя может не зависеть от физического носителя и кодировки. Представляется невозможным построить модель реакции получателя, абстрагируясь от смысла информации, только на основе каких-то физических характеристик сообщения. Такая модель должна предсказывать одинаковую реакцию получателя при получении сообщения с одинаковым смыслом при сколь угодно широком спектре носителей и кодировок. То, что инвариантно относительно носителей и кодировок, и есть смысл. Отметим, что и получатель, и отправитель могут быть автоматическими устройствами, чьи алгоритмы и физическое устройство полностью известны. Так что проблема не в незнании каких-то физических закономерностей.

Сейчас смысл изучается на гуманитарном уровне семиотикой. Этого недостаточно. Стоит задача создания физической модели смысла информации и включения ее в физические теории. Смысл должен стать физической характеристикой наряду с массой, энергией, зарядом и др. Например, попытка дать физическую интерпретацию смысла информации предпринята Ровелли [10].

Смысл определяется воздействием на получателя информации. Получатель до получения информации находится в состоянии номер  $i$ , а после ее получения переходит в состояние номер  $j$ . В общем случае переход осуществляется не детерминировано, а с некоторой вероятностью. Таким образом, поступившему информационному сообщению можно сопоставить стохастическую матрицу вероятностей переходов между состояниями получателя. Эту матрицу можно назвать смыслом информации, который субъективен, зависит от получателя информации. Если на множестве состояний ввести метрику,

то важность информации можно определить по расстоянию между состояниями до и после получения информации.

Имеется ряд работ, в которых рассматривается ценность информации. Обзор имеется в монографии [11]. Ценность информации определяется наличием цели у получателя информации и измеряется сокращением времени достижения цели или увеличением вероятности достижения и тому подобным. Ровелли также определяет смысл в увязке с ценностью. В его подходе смысл определяется в связи с целью выживания биологического организма – получателя информации.

В предлагаемом подходе смысл не связан с целью, в связи с чем может применяться к любым явлениям, например к автоматическим устройствам. Очевидно, что автоматическое устройство не имеет целей. Однако оно получает команды и их выполняет. Тем самым команды имеют для него смысл. Недостатком предлагаемого подхода является то, что он не специфичен для информации. Под данное определение подходит любое воздействие на получателя.

### 3. Управление

Информационный подход к изучению Вселенной может иметь существенное влияние на развитие цивилизации. Сейчас мы можем с помощью информационных сообщений управлять людьми, некоторыми другими живыми существами и некоторыми искусственными объектами. Такое управление иными объектами считается невозможным, так как они не являются сложными информационными объектами. Но это не так с точки зрения информационной модели Вселенной.

Согласно квантовой механике протон имеет частоту  $2,3 \times 10^{19}$  Гц, то есть протон является периодическим процессом, в котором за секунду проходит указанное число периодов. В информационной модели протону должен соответствовать дискретный процесс обработки битов, в котором любая частота не может превышать частоту Найквиста. По теореме Котельникова число дискретных событий должно как минимум вдвое превышать число периодов. Тем самым в информационной модели протон за секунду должен обрабатывать не менее  $4,6 \times 10^{19}$  бит. Для сравнения на 2019 год самый производительный суперкомпьютер Summit (суперкомпьютер IBM Ок-Риджской национальной лаборатории) имеет вычислительную мощность 122,3 ПФлопс, то есть  $1,2 \times 10^{17}$  операций с плавающей запятой в секунду с 64-разрядными числами. Условно можно сказать, что протон по вычислительной мощности как минимум сопоставим с наиболее мощными суперкомпьютерами. Рассмотрим, в какой степени можно использовать эти вычислительные мощности для управления естественными явлениями.

Управление означает разделение на субъект и объект управления, которые взаимодействуют [12]. Субъект осуществляет управление для достижения цели управления. Субъект получает информацию об объекте за счет последовательности причинно-следственных связей, направленных от объекта

к субъекту. Это воздействие назовем сигналом. Субъект воздействует на объект посредством последовательности причинно-следственных связей, направленных от субъекта к объекту. Это воздействие назовем командой. С точки зрения физики различие сигнала и команды является условным, так как они являются последовательностями причин и следствий, формирующихся за счет физических взаимодействий. Внешне они проявляются в форме корреляций. Учитывая, что строго детерминированные события являются идеализацией, речь должна идти об информационном управлении вероятностями событий.

#### **4. Корреляции**

Рассмотрим вопрос существования макроскопических корреляций.

Классическая статистическая физика и термодинамика макроскопических тел базируется на постулате об отсутствии макроскопических корреляций [13]. Тело разбивается на бесконечно малые, но макроскопические объемы, то есть содержащие макроскопическое количество молекул. Эти объемы считаются статистически независимыми. В этом случае не важно, сколько бит обрабатывает в секунду каждая молекула. Результатом является не осмысленная информация, а случайный шум. Типичным примером является газ в сосуде в состоянии термодинамического равновесия.

Однако многие объекты во Вселенной, очевидно, имеют структуру, более сложную, чем равновесный газ. Они возникли в результате процессов самоорганизации и имеют много структурных уровней, начиная с элементарных частиц. Они могут быть пронизаны сложной системой корреляций. Примером таких объектов являются живые существа.

Неживая природа также пронизана макроскопическими корреляциями. Палеонтологи по окаменелостям получают информацию о строении живых существ и даже некоторых обстоятельствах их гибели спустя периоды времени до сотен миллионов лет. Астрономы принимают сигналы от галактик, удаленных от нас на миллиарды лет по времени и на миллиарды световых лет по расстоянию.

Наблюдаемые корреляции связаны с тем, что Вселенная находится в состоянии, далеком от термодинамического равновесия. Базовые постулаты термодинамики сформулированы для состояний, близких к термодинамическому равновесию. Если бы Вселенная была в таком состоянии, то вместо света далеких звезд и галактик мы бы видели только равномерное свечение неба типа реликтового излучения. Наблюдаемая Вселенная заполнена последовательностями причин и следствий, которые для наблюдателя проявляются как корреляции.

Макроскопические корреляции используются живыми существами, в том числе и человеком, как сигналы, несущие информацию о явлениях окружающего мира. Эта информация необходима для достижения целей, то есть воздействия на эти явления.

## 5. Устойчивость

В качестве команд могут использоваться только устойчивые корреляции, то есть имеющие в своей основе устойчивые последовательности причин и следствий. В этом случае команда может привести к планируемому, а не случайному результату.

В качестве примера рассмотрим очень древнюю идею управления погодой. Выбор погоды обусловлен тем, что исторически с ним связано представление об эффекте бабочки [14], который заключается в том, что флуктуация атмосферы, вызванная взмахом крыла бабочки, может через какое-то время привести к урагану. Это пример динамического хаоса [15]. Система описывается детерминистскими уравнениями, но не устойчива. Сколь угодно малая флуктуация может возрасти. Возможность управления такой системой очень ограничена, так как любая команда представляет собой физическое воздействие с конечной точностью.

Динамический хаос – это математическая модель. На практике неустойчивость может возникать только для флуктуаций, превышающих некоторый порог. Кроме того, ошибка в команде может нарастать медленно, не мешая достижению цели в течение некоторого интервала времени. Популярным примером динамического хаоса является динамика бильярдных шаров. Однако в реальном бильярде важно забить шар в лузу или нет. Высококласный игрок, как правило, забивает. Не вызывает сомнения, что он бьет кием по шару с некоторой погрешностью. Но эта погрешность не влияет на практически значимый результат. Слабый же игрок бьет с погрешностью, делающей результат непредсказуемым.

Возвращаясь к погоде, рассмотрим ураган, явление природы, наносящее значительный ущерб. Ураган осуществляет диссипацию энергии, накопленной океаном за счет солнечного излучения. Для ликвидации ураганов нужно создать иной механизм диссипации этой энергии. Но можно сократить ущерб за счет изменения траектории движения урагана. В энергетической парадигме для этого требуется устройство сопоставимой с ураганом мощности. Условно говоря, это должен быть вентилятор сопоставимой с ураганом мощности, который изменит траекторию урагана за счет того, что сдует ураган в сторону. В информационной парадигме урагану можно приказывать изменить траекторию. Возвращаясь к образу взмаха крыла бабочки, можно сказать, что управление изменяет траекторию урагана нужным образом за счет взмаха крылом бабочки в нужное время и в нужном месте.

## 6. Сложность

Технология управления радикально снижает энергетические затраты, необходимые для достижения требуемого эффекта. Но за это необходимо заплатить ростом сложности управляющей системы (закон необходимого разнообразия [16]). Субъект управления как информационная система должен быть более сложным, чем объект управления, так как должен внутри себя иметь

модель объекта. Если справедлива гипотеза бабочки, то для управления ураганом требуется система учета всех взмахов всех бабочек. Маловероятно, что это когда-либо будет возможно. Однако реальная атмосфера может быть чувствительной к флуктуациям, которые превышают значительно больший порог. В этом случае возможно создание достаточной сети автоматических датчиков, управляющей информационной системы и сети средств воздействия. При разрешающей способности один датчик на кубический километр сеть из  $5 \times 10^{10}$  датчиков осуществит наблюдение за всей атмосферой Земли на высоту 100 км. Это менее десяти датчиков на каждого жителя нашей планеты, что может быть технически и экономически реализуемо в этом веке. Точность мониторинга может быть повышена за счет концентрации датчиков в проблемных местах в проблемные периоды времени, что в численном моделировании является стандартным методом моделирования с переменным шагом дискретизации.

Управление естественными явлениями может быть перспективным направлением применения систем работы с большими данными. При этом проблема нарастания ошибок решается стандартным образом за счет обратной связи. Динамика объекта управления отслеживается, и нежелательные отклонения компенсируются корректирующими командами.

Пока управление явлениями неживой природы осуществляется в редких простых случаях. Например, противолавинная служба вызывает искусственный сход лавин. Разница в несколько порядков в энергиях воздействия и лавины позволяет отнести эту деятельность к управлению. Однако описание в терминах управления не привносит ничего нового из-за простоты причинно-следственных связей.

В качестве сложного примера рассмотрим ноутбук с принтером. Кликнув команду «печать» в меню, мы распечатываем документ. Данная задача не может быть описана в рамках современной физической парадигмы. Полностью известна конструкция системы. Полностью известны все уравнения, описывающие электрические и механические явления в системе. Но задача оказывается неразрешимо сложной. Максимум, что может физика, – это предложить статистическое описание работы системы. Например, определить средний расход бумаги принтером. Такой подход не является бесполезным и может полностью удовлетворить отдел снабжения, планирующий закупку бумаги. Однако детали функционирования системы остались вне поля зрения.

Рассматриваемая задача решается в информационной парадигме на языке команд, то есть информации и ее смысла. В основе информационной модели лежит концепция смысла информации. Смысл инвариантен относительно физического носителя. Информационная модель не требует знания физической основы элементарных причинно-следственных связей, может абстрагироваться от них.

## **7. Магия**

Управление любым явлением начинается с изучения имеющихся в нем корреляций. Это аналогично освоению приложения в ноутбуке, к которому

нет руководства пользователя. Освоение заключается в подаче команд и наблюдении реакции системы.

В идеальном случае изучение явления завершается не только выявлением корреляций, но и механизмов их формирования, то есть последовательностей причинно-следственных связей. Однако в большинстве случаев это может оказаться невозможным в силу сложности явления. Но это и не нужно для практического применения. Аналогично большинство пользователей успешно достигают своих целей при использовании ноутбуков без каких-либо знаний об их устройстве, алгоритмах и кодах программных продуктов. В этом случае результатом изучения является феноменологический справочник корреляций, иными словами, руководство пользователя с описанием сигналов объекта управления и команд. Такой подход соответствует взглядам классика кибернетики У. Р. Эшби: «...сама по себе теория информации может рассматриваться как форма упрощения, ибо вместо исследования каждой индивидуальной причины в связи с ее индивидуальным следствием – что является классическим элементом научного познания – она смешивает в общую массу все причины и все следствия и связывает лишь два итога» [17]. То есть физическое явление может изучаться и использоваться как черный ящик.

Идея таких технологий давно существует в культуре. Информационное сообщение, направляемое некоторому явлению природы с целью его модификации желательным образом, по определению есть магическое заклинание. Соответствующие технологии есть магия. По мнению автора, магия есть наиболее адекватный термин для технологии управления природными явлениями на основании выявленных корреляций без понимания механизмов причинно-следственных связей.

До настоящего времени физика развивалась по пути выявления и изучения все более элементарных причинно-следственных связей. При этом за рамками изучения может оставаться множество неочевидных корреляций. Развитие информационных технологий делает актуальным путь развития на основе изучения этих корреляций.

## 8. Информационные существа

Сейчас цивилизация использует технологии в основном для преобразования окружающей природы. На некотором этапе своего развития человечество должно направить технологии на самосовершенствование. Этот вопрос следует рассматривать в контексте эволюции.

С появлением современных информационных технологий получила развитие концепция искусственного интеллекта, который в некоторый момент времени, называемый технологической сингулярностью [18], превзойдет человечество. Это эволюционный скачок, но на него можно посмотреть с более широких позиций, чем в контексте развития информационных технологий.

Сейчас получила признание концепция универсальной эволюции (Big History в англоязычной литературе), начиная от Большого взрыва. Она имеет два рукава. Вначале замедляющаяся эволюция неживой материи. Затем

ускоряющаяся эволюция живой материи. При этом биологическая и социальная эволюция составляют единый ускоряющийся процесс с линейной в логарифмической шкале времени последовательностью эволюционных скачков (кривая Снукса – Панова [19, 20]) и с выходом на бесконечную частоту скачков в середине XXI века, что означает завершение второго рукава. Выскажем гипотезу, что это не достижение максимума возможностей эволюционного развития, а переход к третьему рукаву эволюции. Каким он может быть?

«...Альтернативу физикалистическому мировоззрению составляют концепции, признающие самостоятельную (и неуклонно возрастающую) роль информационного фактора в универсальной эволюции» [21. С. 273]. С информационной моделью Вселенной соотносится информационный рукав эволюции, то есть появление и эволюция информационных существ, не привязанных к определенному физическому носителю. Исходя из закономерного характера перехода к третьему рукаву эволюции, эволюционный скачок является закономерным результатом достижения цивилизацией некоторого порогового уровня развития. При этом скачок может не быть результатом целенаправленных действий и даже некоторое время не рефлексироваться людьми.

Идея о переходе человечества в информационную форму имеет долгую историю, начиная с древних изотерических учений. В материалистической, научной форме отметим идею «лучистого человечества» Циолковского, на становление которого он отводил миллиарды миллиардов лет [22]. Разработка информационной модели Вселенной может перевести эти идеи в практическую плоскость в намного более короткие сроки.

Очень примитивным прообразом информационных существ могут быть компьютерные вирусы. С информационной точки зрения информационные существа можно рассматривать как живые объекты. Для этого они должны обладать способностью к размножению и устойчивостью в течение периода времени, достаточного для размножения. Компьютерные вирусы существуют в искусственной среде. Однако нет запрета на существование информационных существ в естественных средах.

Примером такой среды является коллективное бессознательное. Это направление давно и активно исследуется, но находится за рамками настоящей статьи. Использование технологий больших данных применительно к коллективному бессознательному может привести к существенному прогрессу в изучении соответствующих существ, управлению ими и даже к установлению контактов с ними. Возможно, что информационные существа существуют и в неживых средах.

При наличии изменчивости информационные существа должны подчиняться естественному отбору. С учетом влияния информационных существ на среду можно говорить об их коэволюции со средой. Эволюция информационных существ может привести к управляемой ими эволюции Вселенной. Управляемая эволюция Вселенной является предельным случаем коэволюции информационных существ и их среды.



## Заключение

Основные тезисы могут быть сформулированы следующим образом:

1. В настоящее время актуально построение информационной модели микромира.
2. Необходима физическая модель смысла информации.
3. Информационная модель микромира и модель смысла ведут к программе построения иерархии информационных моделей всех явлений.
4. Познание информационной стороны Вселенной ведет к магии как технологии информационного управления явлениями, вероятностями событий.
5. Возможность существования информационных существ как устойчивых и размножающихся информационных объектов, которые могут рассматриваться как форма жизни.
6. Эволюция разума в форму информационных существ как закономерный этап эволюции Вселенной и постепенный переход Вселенной в режим разумного управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Wheeler J.* Information, Physics, Quantum: The Search for Links // Proceedings III International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics. Tokyo, 1989. P. 354–358.
2. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Т. 3. Бишкек: Айнштайн, 1997. 510 с.
3. von *Weizsäcker C.F.* Binary alternatives and space-time structure, in Quantum theory and the structures of time and space. Vol. 2 / ed. by L. Castell, M. Drieschner, and C. F. von Weizsäcker, München, Vienna: Hauser, 1977. P. 86–112.
4. *Finkelstein D.* Space-time structure in high energy interactions, Coral gables conferences on fundamental interactions at high energy. Miami, 1969. P. 324–343.
5. *Finkelstein D.* Space-time Code. II // Physical Review. 1972. D5. P. 320–328.
6. *Круглый А.Л.* Учет конечных объемов информации // Метафизика. 2018. № 1(27). С. 116–122.
7. *Круглый А.Л.* К вопросу о месте математики в информационной вселенной // Метафизика. 2018. № 4 (30). С. 75–80.
8. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017. 232 с.
9. ISO/IEC 2382:2015 Information technology.
10. *Rovelli C.* Meaning = Information + Evolution. arXiv: 1611.02420 [physics.hist-ph].
11. *Чернявский Д.С.* Синергетика и информация (динамическая теория информации). Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с.
12. Управление // Новая философская энциклопедия: в 4 т. М.: Мысль, 2010. Т. IV. 736 с.
13. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Статистическая физика. Ч. 1. Серия: Теоретическая физика, Т. V. Изд. 3. М.: Наука, 1976. 584 с.
14. *Hilborn R.C.* Sea gulls, butterflies, and grasshoppers: A brief history of the butterfly effect in nonlinear dynamics // American Journal of Physics. 2004. V. 72. No. 4. P. 425–427.
15. *Заславский Г.М., Сагдеев Р.З.* Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. М.: Наука, 1988. 368 с.
16. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. М.: Иностранная литература, 1959.
17. *Эшби У.Р.* Системы и информация // Вопросы философии. 1964. № 3. С. 83.

18. *Kurzweil R.* The singularity is near: when humans transcend biology. USA: Viking Penguin, 2005.
19. *Spooks G.D.* Why is history getting faster? Measurement and explanation // *Философские науки.* 2005. № 4. С. 51–69.
20. *Панов А.Д.* Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI). М.: ЛКИ, 2008.
21. *Назаретян А.П.* Нелинейное будущее. Мегаистория, синергетика, культурная антропология и психология в глобальном прогнозировании. 3-е изд. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2015. 512 с.
22. *Чижевский А.Л.* Страницы воспоминаний о К.Э. Циолковском // *Химия и жизнь.* 1977. № 1. С. 22–32.

## **ABOUT THE INFORMATION MODEL OF THE UNIVERSE AND ITS CIVILIZATION PROSPECTS**

**A.L. Kruglyi**

*Scientific Research Institute for System Analysis, RAS*

The consequences of the Wheeler hypothesis that bits are the primary elements of the universe are considered, provided that it is true. An information model of the universe should be created, as a hierarchy of information models of phenomena, which should be based on a single information theory of the microworld. The information model of the universe is relational from a physical point of view and idealistic from a philosophical one. According to a minimal assessment, the performance of a proton, as an information processing process, is comparable to the most powerful supercomputers, which gives an idea of the informational complexity of phenomena. To build information models of complex phenomena, it is necessary to develop a concept of the meaning of information as a physical characteristic. Physics develops along the path of identifying and analyzing elementary cause-effect relationships. The development of systems for working with big data opens up an alternative opportunity to study complex correlations and cause-effect relationships of phenomena that are currently out of sight, and to build relevant information models. Based on these models, it is possible to develop technologies for managing natural phenomena as information interaction. The information model of the universe leads to a view of universal evolution as an information process that can go into the stage of evolution of purely informational beings and the intelligent control of the universe.

**Keywords:** information, meaning, complexity, correlation, control, evolution.

## ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И БАЗОВЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ

В.А. Панчелюга<sup>1</sup>

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики  
Российской академии наук*

Настоящая работа продолжает тему исследования элементарных отношений. В ней рассматривается связь понятия «элементарное отношение» с базовыми философскими и физико-математическими категориями. Отмечается, что только двухполярные отношения являются локальными, а с каждым типом недвухполярного элементарного отношения связан свой тип нелокальности. Предполагается особая выделенность двух- и трехполярных отношений. Приведены примеры, иллюстрирующие недвухполярный характер мистического опыта, процессов творчества.

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

### **Введение. Элементарные отношения и реляционная парадигма**

Путь развития научного знания, по преимуществу редукционистский, на всем протяжении его истории движется в сторону поиска неких предельных, элементарных, не разложимых на более простые, базовых сущностей. Для каждой области знания они свои. Так, для фундаментальной теоретической физики это категории: пространство-время (П-В), частицы (Ч) и поля переносчиков взаимодействий (П) [1]. Иногда рассматриваются дуалистические парадигмы, в которых физическая картина мира строится не на трех из названных категорий, а на двух: обобщенной – объединяющей в себе две из них и оставшейся. К таким парадигмам относится теоретико-полевая (Ч + П), геометрическая (П-В + П) и реляционная (П-В + Ч) [1]. Отмечается, что «анализ развития теоретической физики в XX века свидетельствует об общей тенденции построения единой теории, опирающейся на одну обобщенную категорию, что можно трактовать как поиск теории, соответствующей монистической парадигме» [1. С. 166–167]. Автор [1], Ю.С. Владимиров, полагает, что для решения этой задачи наиболее подходит реляционная парадигма [1–6].

Для математики в разные периоды ее развития также характерен набор различных базовых понятий [7–8]. Так, начиная с Античности и до конца XVII века источником, описывающим базовые понятия и методы

---

<sup>1</sup> E-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

математики, считался трактат Евклида «Начала», в котором в качестве базовых рассматривались точка, прямая, число и т. д. [9]. В дальнейшем источником таких понятий становится теория множеств, появившаяся после работ Георга Кантора [10]. Никола Бурбаки определяет математику как «науку об отношениях между объектами, о которых ничего не известно, кроме описывающих их некоторых свойств, – именно тех, которые в качестве аксиом положены в основание той или иной математической теории» [11; цит. по 12]. Поиски предельных, базовых математических понятий продолжаются. Так, например, в последнее время высказываются надежды, что проблема оснований может быть решена с помощью теории категорий [13].

Когда речь идет об основаниях, поиске базовых категорий, исходя из которых могут выводиться все остальные, в какой-то момент наступает ситуация, когда некоторые понятия, по причине их элементарности, уже не могут быть выражены через более простые, как было до этого в редукционистском подходе, а должны определяться друг через друга, быть взаимоопределяемыми. Исследованию этой ситуации посвящена обширная литература [14–18].

В [14] отмечается, что во всем разнообразии явлений окружающего мира можно выделить три основные группы всего существующего: 1) предметы или вещи; 2) их свойства и отношения; 3) связи между ними. Обычно 1) – 3) рассматриваются в литературе [14–18] как категории «вещь» (В), «свойство» (С), «отношение» (О). Эти категории «представляют собой важнейшие понятия, позволяющие отобразить динамизм организованного бытия и познание материального мира» [15. С. 3]. Они составляют ядро категориальной системы философской картины, отображающей динамику самоорганизации бытия реального мира и логику его познания [16].

«Любое знание, какое мы имеем о том или ином фрагменте материального мира, фиксируется в понятиях вещи, свойства и отношения» [15. С. 3]. Эти категории имеют одинаковое значение для любой науки, которая, независимо от того каков ее предмет, изучает вещи, их свойства и отношения [17]. Утверждается, что «можно изучать главным образом вещи, преимущественно отдельные свойства или отношения, но нельзя изучать что-либо иное, кроме вещей, свойств и отношений» [17. С. 3]. То есть в действительности категории В-С-О – это некий единый конструкт, точка в понятийном пространстве, проекции которой могут, в некоторых случаях, рассматриваться как отдельные категории В, С и О, но при этом всегда необходимо иметь в виду их единство, взаимообусловленность.

В качестве иллюстрации можно продемонстрировать, как реализуется триада В-С-О на примере трех базовых физических категорий, рассмотренных выше. Категория «вещь», очевидно, соотносится с физической категорией «частица». Вещи/частицы различаются благодаря набору присущих им свойств. В случае полной тождественности вещей/частиц они могут различаться благодаря тому, что имеют несовпадающее пространственно-временное положение. Из этого следует, что категория «свойство» тесно связана с категорией «пространство-время». Эта связь, по-видимому, просматривается

уже у древнегреческих атомистов, утверждавших, что все существующее состоит из атомов и пустоты. Концепция пустоты давала возможность обосновать: 1) множественность элементов бытия (атомов), разделенных пустотой; 2) возможность движения (перемещения) в пустом пространстве; 3) возможность возникновения и уничтожения вещей как соединения и разъединения атомов [19–20]. То есть пустота атомистов это не пустота как небытие, а пустота как пространство, вместительность, как способ разделения, осуществления разнокачественной множественности, движения. Восприятие свойств вещи/частицы возможно только благодаря ее связи с другими вещами/частицами, онтологическим аспектом которой является взаимодействие, а логическим – отношение.

Как отмечается в [1–6] различные физические парадигмы, в том числе дуалистические и, в перспективе, монистические всегда в явном или неявном виде оперируют категориями Ч, П и П-В, отличаясь только тем, какие из названных категорий принимаются за исходные, а какие выводятся из них. Наше рассмотрение тяготеет к реляционной парадигме, в основу которой кладется понятие отношения.

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

Объектом изучения реляционной парадигмы являются свойства систем отношений – вещественных и комплексных. Когда говорится о системе отношений, естественным образом возникает вопрос об элементах этой системы – элементарных отношениях. То есть о таких отношениях, которые неразложимы на более простые.

В предыдущих работах [21–25] нами были рассмотрены различные аспекты теории элементарных отношений. Настоящая статья является дальнейшим развитием указанных работ и нацелена, в первую очередь, на рассмотрение связи понятия элементарного отношения с базовыми философскими и физико-математическими категориями. Мы понимаем, что в ее рамках эта задача не может быть решена в полном объеме. Поэтому здесь мы хотели бы преимущественно наметить основные пути ее решения, базовые идеи. Для полноты изложения в работе будут приведены основные положения теории элементарных отношений, которые частично содержатся в [21–25].

## 1. Краткий обзор теории качества

Говоря о триаде В-С-О, упомянутой выше, необходимо отметить, что под категорией «отношение», как правило, подразумеваются двухместные или бинарные отношения [26] или же системы бинарных отношений, например, трехместные (тернарные) отношения как класс упорядоченных троек, четырехместные – упорядоченных четверок и т. д. [27]. Но в основе таких

*n*-местных (иногда говорят *n*-арных) отношений, как правило, лежат *n* бинарных отношений. Существующие теории отношений концентрируют внимание на таких различных свойствах отношений, как рефлексивность, симметрия, транзитивность и др. Вопрос об элементарных отношениях при этом не возникает, так как неявно подразумевается, что такого рода отношения всегда бинарные.

Категория «отношение» тесно связана с категорией «свойство». Определяя отношение в [28], говорится, что это «...философская категория, характеризующая определенные взаимозависимости элементов определенной системы. ...Вещь, взятая в разных отношениях, выявляет различные свойства» [28. С. 454]. То есть предполагается, что вещь обладает множеством отношений. Требование элементарности отношения накладывает определенные ограничения на базовые категории В-С-О.

Поскольку отношение возможно только между различающимися объектами, рассмотрим простейшую ситуацию: два произвольных объекта, имеющих онтологический статус, между которыми существует связь. Ее наличие означает, что изменение свойств одного из объектов вызывает изменения свойств другого. Подобное изменение, очевидно, возможно только в том случае, когда между ними существует какое-либо взаимодействие. Таким образом, утверждения, что между объектами существует связь и что между ними существует взаимодействие, оказываются синонимичными. В силу этого мы можем рассматривать взаимодействие как онтологический аспект связи. Вместе с тем понятие «связь» также синонимично понятию «отношение». При этом обычно отмечается, что «...любая связь есть отношение, но не всякое отношение есть связь» [29. С. 286]. То есть отношение является более общим понятием: оно может характеризовать логический аспект связи, будучи поэтому связанным с соответствующим взаимодействием, или быть чисто логическим, характеризуя соотнесенность неких мыслимых объектов. В силу наличия онтологического статуса у рассматриваемых нами объектов случай «не всякое отношение есть связь» автоматически исключается из рассмотрения. Суммируя, приходим к выводу, что понятия «отношение» и «взаимодействие», будучи соответственно логическим и онтологическим аспектами связи, являются тесно взаимосвязанными.

Рассматриваемые нами объекты связаны. Говоря о связи, необходимо отметить, что она возможна только между *различающимися* вещами. Поэтому утверждение о ее существовании влечет за собой вывод о различии объектов. Но, как известно, «способность вещей, явлений, событий отличаться от всех других вещей, явлений, событий называется качеством» [30. С. 31]. Таким образом, исходя из факта существования рассматриваемых объектов и существования между ними связи, мы можем говорить о составляющих исследуемую систему объектах как о качествах.

Предположим, что связь между рассматриваемыми нами объектами – элементарная. Требование элементарности связи тождественно требованию отсутствия частей, структуры, другими словами, неделимости объектов. Действительно, предположим, что рассматриваемые объекты имеют структуру,

то есть, в них можно выделить части. В таком случае связь между ними может мыслиться как состоящая из связей между частями каждого из них. В этом случае вместо элементарной связи мы будем иметь систему связей. В то же время неделимость – определяющее свойство целостности. Действительно, об объекте можно говорить, как о целостном, только если он является неделимым, лишенным частей.

Итак, рассматриваемая нами система состоит из двух связанных целостных объектов, имеющих характер качеств. В силу их целостности связь (отношение) между ними – элементарная.

Элементарность отношения и целостность качества имеют своим следствием также то, что в этом случае мы должны говорить о единственном свойстве (связи, взаимодействии), характеризующем данное качество. Особенности проявления такого «элементарного» свойства будут рассмотрены ниже.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что категория *элементарного* отношения неразрывно связана с категориями свойства, а также качества и целостности. В силу этого теория элементарных отношений является в то же время теорией качества [19–20; 30–33] и целостности [34]. Кратко рассмотрим основные, «классические» положения этих теорий [23; 30].

### ***Качественная определенность***

Как уже было сказано, способность вещей, явлений, событий отличаться от всех других вещей, явлений, событий называется качеством. Так как реальность существует благодаря различиям, то качество, согласно данному определению, есть следствие факта существования. Таким образом, мы приходим к классическому определению качества, данному Гегелем [33]: *качество – определенность вещи, тождественная с ее бытием.*

Рассмотрим данное определение. «Поскольку качество, как тождественная с бытием определенность, неотделимо от существования соответствующего объекта, оно отделяет его от всех других объектов и тем самым является границей его существования» [30. С. 32]. Так как качество есть граница, то оно характеризует вещь через ее отношение к другим вещам. По отношению к данной вещи качество выступает как ее утверждение, а по отношению ко всем другим – как отрицание. Реальность данного утверждения и отрицания проявляется во внешних связях и отношениях. Поэтому о качестве можно судить только через его отношение к другим вещам. То есть определенность качества – внешняя.

Суммируя можно сказать, что качество – это: 1) определенность; 2) определенность, тождественная с бытием, то есть неотделимая от существования объекта; 3) определенность внешняя, или граница.

### ***Свойство. Отношение. Взаимодействие***

Качество обнаруживает себя потому, что вещь обладает разнообразными свойствами. Свойства же обнаруживаются благодаря тому, что вещи могут

действовать друг на друга и на органы чувств воспринимающего субъекта – то есть благодаря взаимодействию. Таким образом: *свойство – способность вещи, явления, процесса изменяться или изменять другие вещи, явления, процессы.*

Так как свойство есть результат взаимодействия, нельзя говорить о свойстве единичного изолированного объекта. По своему определению свойство предполагает существование как минимум двух взаимодействующих вещей и существует лишь постольку, поскольку есть их *отношение*. То есть свойство всегда предполагает некоторое *множество соотносящихся* объектов, по отношению к которым данный объект обладает им.

Свойство существует лишь постольку, поскольку возможно то взаимодействие, которое это свойство порождает. Поэтому, свойство можно рассматривать как потенциальную возможность взаимодействия. Отсюда можно говорить о *спектре свойств качества* или о *спектре возможных для него взаимодействий*.

Рассматривая свойство как характеристику возможного результата взаимодействия, мы можем выделить два его аспекта: активность и пассивность. Активность – это способность изменять вещи, явления, процессы при взаимодействии с ними, а пассивность – способность изменяться в соответствующем взаимодействии.

Итак, вещь обладает качественной определенностью, как совокупностью свойств, лишь в той мере, в какой она вступает во взаимодействие с другими материальными объектами. Полное определение качества, таким образом, основано на выявлении совокупности свойств или спектра возможных для него взаимодействий.

### ***Существование и логическая непротиворечивость***

Поскольку качество является, в первую очередь, определенностью, то это предполагает наличие или отсутствие некоторого множества свойств. В силу того что качество есть определенность, неотделимая от существования некоторого объекта, самый общий подход к проблеме существования состоит в том, что исследуется вопрос о принципиальной возможности сосуществования некоторого *множества свойств* в едином объекте. Это множество не может быть любым. С одной стороны, так как мы имеем множество, это предполагает существование различий между его элементами, то есть свойствами, с другой – оно должно обладать внутренним единством. То есть существующие на данном множестве различия, для сохранения данной качественной определенности, должны оставаться в пределах некоторого тождества.

Соотношение тождества и различия в рамках данной качественной определенности позволяет рассмотреть вопрос о возможности существования объектов, обладающих данным качеством.

Проблема существования являлась предметом рассмотрения многих ученых и философов. Как пример можно упомянуть Гильберта, Лейбница, Гегеля. Ее решение видится, как правило, в логической непротиворечивости



множества свойств данного качества. Так, согласно Лейбницу, любая непротиворечивая система высказываний имеет смысл, поскольку ее высказывания могут быть проинтерпретированы на реальных объектах. Другая точка зрения на проблему существования состоит в том, что тождество бытия и определенности имеет место лишь на уровне логико-математических структур.

Общим местом обоих подходов является утверждение о том, что в формальном отношении условием существования качества является логическая непротиворечивость множества его свойств. Онтологический же статус логически непротиворечивой системы свойств требует отдельного рассмотрения.

### *Качество и целостность. Система*

Онтологически непротиворечивость и внутреннее единство свойств качества, остающихся в пределах некоторого тождества, приводят к их обособлению и образованию целостности, то есть превращению этой совокупности свойств в нечто единое – единицу. Возникает единство, замкнутость в совокупности свойств с точки зрения ее детерминированного поведения.

Соотношение тождества и различия в рамках данной качественной определенности, являющееся основой анализа проблемы существования, тесно связано также с проблемой единичности и множественности. Действительно, качество – есть целостность, а в силу этого единичность. В то же время ему присущ набор отличающихся между собой свойств, которые в совокупности образуют некоторое множество.

Чтобы избежать противоречия между целостной, а поэтому неделимой и единичной, природой качества и множественной природой его свойств, мы должны признать, что последние, в онтологическом отношении, не могут рассматриваться как отдельные сущности, а лишь как проявления, манифестации целостной природы качества. Таким образом, говорить о множественности свойств можно лишь в логическом отношении, в онтологическом же отношении мы имеем единичность целостного и поэтому неделимого качества.

Понятие целостности тесно связано с понятием системы [35–36]. Действительно, если мы ограничим наше рассмотрение только системами естественного происхождения, то обнаружим, что всем им присуще свойство целостности. Потеря этого свойства приводит к гибели системы, ее распаду на некоторое множество подсистем с более простым уровнем организации, составлявших до этого субстрат системы.

Говоря о системе можно выделить три уровня ее организации: 1) субстрат системы – множество целостных элементов, обладающих определенным качественным многообразием; 2) мезоуровень – множество взаимосвязанных функциональных систем, состоящих из элементов субстрата и не обладающих свойством целостности; 3) уровень определяющего качества – новая целостность, обладающая соответствующей данной системе качественной определенностью. Именно последний из трех названных уровней строения системы исчезает в случае ее гибели, а остаются, обладающие свойством целостности, элементы субстрата.

### ***Количество. Измерение. Число***

В самой общей форме логический переход от качества к количеству может быть описан исходя из определения качества. Качество – это то, что образует своеобразие материального объекта в его внешних проявлениях, то есть то, благодаря чему один материальный объект отличается от другого. Но именно в силу того, что качество есть логическое, то есть универсальное свойство вещей, без которого вся объективная реальность слилась бы в нечто аморфное, неопределенное, единое, мы приходим к выводу, что все материальные объекты не только взаимно исключают друг друга, но и сходны друг с другом. Их сходство заключается, по крайней мере, в том, что каждый отличен от всех остальных. Поэтому абсолютное своеобразие приводит к необходимости существования абсолютно универсального сходства. Отсюда количество есть «сходство, порожаемое различием, или различие, ведущее к сходству» [30. С. 99].

Очевидно, что для того чтобы об объекте можно было говорить как об обладающем количеством необходимо, чтобы ему было присуще свойство делимости. Отдельно взятое качество, в силу присущей ему целостности, неделимо и выступает как единица; а объективная реальность, состоящая из таких обособленных качественных определенностей, разграниченных друг от друга, есть разнообразие или множество. Переход от единичного качества к множеству приводит к тому, что набор свойств, который вначале был специфической характеристикой одного качества, становится общим для многих качеств и в силу этого превращается из качества в количество.

Таким образом, количество является относительной характеристикой свойств качества и характеризует интенсивность их проявления. Проявленность свойства качества связана с возможными для него типами взаимодействий. Интенсивность проявления свойства может быть охарактеризована числом, которое является результатом некоторой измерительной процедуры.

Результатом измерения количества данного свойства является некоторое множество, которое может быть непрерывным или дискретным, бесконечным или конечным. В соответствии с этим становится возможным говорить о непрерывности или дискретности спектра свойства качества.

Необходимо отметить, что понятие элементарного отношения и связанные с ним понятия качества и целостности являются «до-количественными», а теория элементарных отношений может рассматриваться как метатеория по отношению к теории числовых систем [22]. В настоящей работе рассматривается только качественный аспект теории элементарных отношений.

## **2. Основы теории элементарных отношений**

Выше отмечалось, что, говоря об элементарном отношении, в качестве такового традиционно рассматривается бинарное отношение, которое и считается единственно возможным. Как уже отмечалось, очевидно, что задача изучения собственно элементарных отношений не ставится, а делается

следующий шаг – исследуются различные системы бинарных отношений. В этой связи встает вопрос: является ли бинарное отношение единственным элементарным или возможны и другие? Безусловно, для выяснения этого нам необходимы некоторые общие принципы, которые позволили бы конструировать различные типы элементарных отношений, в ряду которых бинарное отношение становится одним из частных случаев.

Так как исходно у нас есть исключительно бинарное элементарное отношение, в задаче нахождения таких общих принципов мы можем отталкиваться только от него. Как уже отмечалось, категория «отношение» неразрывно связана с категориями «качество» и «свойство». Внимательное рассмотрение истории формирования названных категорий показывает, что уже начиная с древнейших времен в различных философских системах отмечается полярный характер явлений действительности и формируется соответствующий этому понятийный аппарат [19–20, 37]. Как правило, такая полярность возникает в ходе выражения свойств некоторого качества. Например: качество «температура»: высокая-низкая, «вес»: легкий-тяжелый, «заряд»: положительный-отрицательный и т. д. Подобные свойства, с одной стороны, являются противоположными, полярными, взаимоисключающими характеристиками описываемого ими качества, а с другой – неразрывно связаны, едины, немислимы друг без друга, так как являются взаимопределяющими: «Взаимное проникновение противоположностей осуществляется посредством их взаимного обуславливания. Характеристики связи зависят от свойств обособленностей» [38. С. 10]. Такие бинарные оппозиции в [23–25] названы полярными атрибутами (ПА), а качество, выражением свойств которого они являются, по числу ПА – двухполярным или 2р-качеством.

Можно заметить, что в каждом из рассмотренных примеров полярных атрибутов 2р-качества его свойства всегда формируют линейную шкалу, которая может быть непрерывной или дискретной. Непременным атрибутом этой шкалы является нулевое или нейтральное состояние, в котором, в силу своей полярной природы, ПА уравнивают, компенсируют друг друга. Например, в случае электрических зарядов (ПА: «+» – «–») подобное состояние связано с нейтрализацией, исчезновением любых внешних проявлений качества «заряд» (рис. 1 а). Будем называть такое состояние компенсированным состоянием (КС) [23–25].

Понятие КС позволяет определить полярность качества как минимальное число ПА, необходимых для достижения компенсированного состояния. Вместе ПА и КС дают возможность рассмотрения качеств произвольной полярности. Следовательно, они могут рассматриваться как искомые общие принципы, дающие возможность построения многополярной теории качества и, как следствие, рассмотрения различных типов элементарных отношений. Введем, используя понятия ПА и КС, 3р-качество.

Очевидно, что в случае 3р-качества число полярных атрибутов, необходимых для достижения КС, должно быть равно трем. Наиболее известным примером ПА 3р-качества являются три базовых цвета в цветоведении: красный (R), зеленый (G) и синий (B). КС или нейтральное, бесцветное состояние,

в данном случае, достигается только при наличии трех ПА: R, G и B. Как известно, любые парные сочетания R, G и B дают некомпенсированные, окрашенные состояния.

На рис. 1 в схематично показаны ПА 3р-качества. Связи между полярными атрибутами (R, G и B) 3-р качества, показанные на рис. 1 в в виде темного треугольника, не следует путать со случаем системы, состоящей из трех двухполярных качеств, показанной на рис. 1 б. Тогда как на рис. 1 а и в показаны единичные, целостные, неделимые, бесструктурные объекты, то система на рис. 1 б имеет структуру, в ней могут быть выделены части или подсистемы, следовательно, она не может рассматриваться как целостная. В силу этого пример, который дан на рис. 1 б, не имеет отношения к рассматриваемой здесь теме *элементарных отношений*.

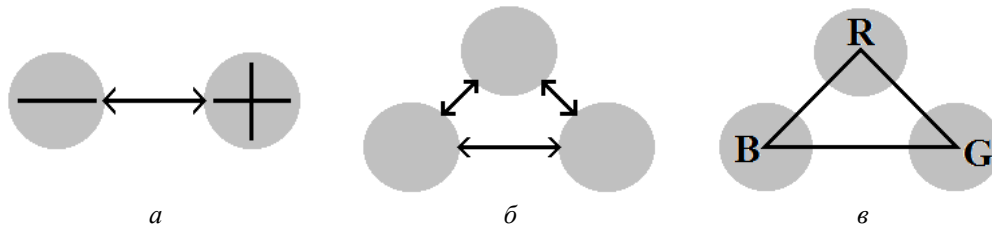


Рис. 1. Полярные атрибуты 2р- (а) и 3р-качеств (в). Система, состоящая из трех 2р-отношений (б)

Применительно к качеству «цвет» можно рассмотреть еще один пример – бр-качества. Общеизвестно, что кроме уже рассмотренных трех основных цветов (RGB) существует другая тройка цветов (голубой – С, пурпурный – М, желтый – Y), которые, аналогично RGB, также формируют бесцветное 3р-КС. При этом оба набора RGB и CMY связаны между собой, как показано на рис. 2 а. Интересно отметить, что, кроме уже рассмотренных двух 3р-КС RGB и CMY (рис. 2 в), здесь присутствуют также три 2р-КС: RC, GM и BY (рис. 2 г), а также одно бр-КС: RGBCMY (рис. 2 б), которое, по определению, соответствует КС, формируемому ПА бр-качества.

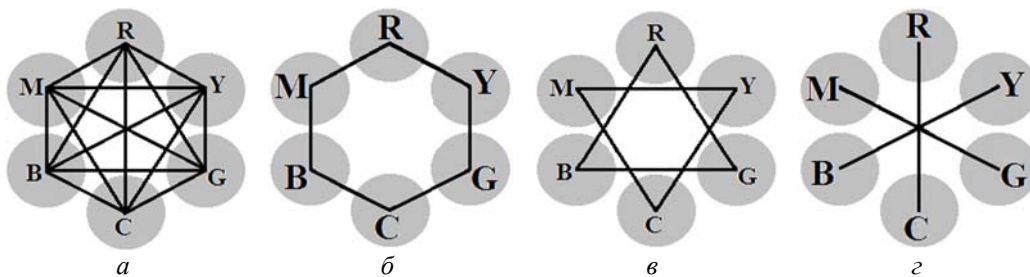


Рис. 2. Граф полярных атрибутов бр-качества (а) и его бр-КС (б), два 3р-КС бр-качества (в) и три 2р-КС бр-качества (г)

Можно заметить, что перечисленные КС являются непересекающимися циклами полного графа, который показан на рис. 2 а и который является графом ПА бр-качества. Очевидно, что представленные выше примеры 2р- и 3р-качества также можно рассматривать как полные графы ПА данных

качеств. Их уникальность в том, что они имеют единственное компенсированное состояние, в то время как для всех качеств с  $p > 3$  число КС всегда  $\geq 2$  [23–25]. Набор непересекающихся циклов графа ПА, некоторого  $np$ -качества, соответствующий набору его КС, будем называть спектром КС данного качества.

То, что рассмотренные на рис. 1 *a, в* и рис. 2 *a* связи между ПА  $2p$ -,  $3p$ - и  $br$ -качеств формируют именно полный граф можно рассматривать как необходимое следствие элементарности отношения, что, как было отмечено в предыдущем разделе, имеет результатом целостность качества и единственность свойства. Целостность можно определить как состояние, в котором каждый элемент системы связан со всеми остальными [42]. Формально применяя данное определение к произвольным наборам полярных атрибутов, мы автоматически получаем соответствующие полные графы [43]. Но при этом использование терминологии и некоторых элементов теории графов создает опасность взгляда на ПА как на вершины графа, которые соединены ребрами, между которыми возможны произвольные пути и т. д. [43]. Такой взгляд справедлив только в случае, если мы рассматриваем систему  $2p$ -отношений, аналогично примеру, показанному на рис. 1 *б*. В случае элементарных отношений, в том числе и двухполярных, такой взгляд в корне ошибочен. ПА являются «крайними», полярными выражениями *единственного* свойства *целостного* качества, это в логическом отношении некоторый базис, служащий выражению всей возможной палитры свойств данного качества.

Как отмечалось, ПА  $2p$ -качества формируют нейтральное КС, в котором отсутствуют внешние проявления качества «заряд». Для случая ПА  $br$ -качества существует аналогичный пример при рассмотрении цветовых зарядов кварков, которые были первоначально введены для устранения противоречия с принципом Паули при систематизации феноменологии адронов [39–40]. Был сформулирован принцип, согласно которому в природе реализуются только такие комбинации кварков, которые формируют бесцветные состояния, то есть состояния, в которых, аналогично  $2p$ -качеству «заряд», отсутствует  $br$ -качество «цвет».

Кроме рассмотренных примеров с электрическими и цветовыми зарядами, в которых некоторое качество ведет себя так, чтобы минимизировать свои внешние проявления, существует много других аналогичных примеров в различных разделах естествознания: принцип наименьшего действия в физике [29], принцип Ле-Шателье в химии [44], гомеостаз – в биологии и медицине [45] и т. д. В [23–25] вводится принцип компенсации (ПК), обобщающий такого рода примеры: любое качество стремится минимизировать свои внешние проявления. По другому ПК может быть сформулирован следующим образом: *любое качество стремится к достижению КС*.

Итак, согласно ПК любое *изолированное* качество находится в КС. Все, что выводит качество из КС, будем называть *поляризацией* [23–25]. Согласно ПК поляризованное качество стремится вернуться в КС, что тождественно возникновению сил, стремящихся скомпенсировать внешнее поляризующее

воздействие. Следовательно, понятие КС качества связано с концепцией взаимодействия и, как было рассмотрено выше, с концепциями связи и отношения. Таким образом, ПК и поляризация отвечают за актуализацию, проявления спектра свойств качества.

Поляризация данного качества может быть вызвана только другим качеством, внешним по отношению к данному. Отсюда возникает вопрос о взаимодействии качеств. Так как КС связано с концепцией взаимодействия, то условием взаимной поляризации, взаимодействия двух и более качеств является наличие совпадающих КС в их спектрах компенсированных состояний. Так, например, 3р-качество не может быть поляризовано при помощи 2-полярного в силу различия их КС:  $3p \otimes 2p = \emptyset$ . Но это возможно для 6р-качества:  $6p \otimes 2p = 3 \times 2p$ , так как в его спектре компенсированных состояний присутствуют три 2р-КС. В то же время  $6p \otimes 3p = 2 \times 3p$  и, благодаря этому, 3р-качество опосредованно, через 6р-качество, может поляризовать 2р-качество [23–25].

### 3. Локальность и элементарные отношения

Рассмотрим некоторые элементарные отношения с точки зрения принципа локальности, утверждающего, что на объект влияет только его непосредственное окружение [41]. С этим принципом связана концепция близкого действия, доминирующая в современной физике. Она предполагает, что взаимодействие должно распространяться с некоторой конечной скоростью, от точки к точке через множество промежуточных состояний. Если же скорость распространения бесконечна, тогда любой объект оказывается связанным со всеми другими объектами и мы, формально, приходим к нелокальности. «Формально» – потому, что бесконечная скорость распространения взаимодействий запрещена теорией относительности [46].

В то же время квантовая механика, посредством неравенств Белла, свидетельствует о нарушении принципа локальности [41]. Эксперименты с квантово-запутанными частицами показали, что они влияют друг на друга, будучи разнесенными на значительные расстояния, демонстрируя этим, что для них принцип локальности неверен. В этом случае говорится о квантовой нелокальности.

Выше, при рассмотрении графов полярных атрибутов качества, уже отмечалось, что свойство целостности качества требует связь по типу «всех со всеми». Такая связь приводит к тому, что «функционально свойству целостности соответствует нелокальность» [42]. Из такого рода связи следует, что локальные свойства некоторого элемента системы связаны, определяются всеми ее элементами, то есть глобально. Таким образом, связь «всех со всеми» имеет следствием свойство «всё во всем», лежащее, например, в основе голографической парадигмы [47]. Связь локальных свойств физической системы с глобальным распределением масс следует из принципа Маха, введенного Эйнштейном в начальный период создания теории относительности [48].

О важности рассмотрения нелокальности говорил Роджер Пенроуз [49]. Им высказана важная, на наш взгляд, мысль о том, что реальность на квантовом уровне связана с *различными типами* нелокальности, которые, как он считает, могут описываться с использованием когомологий разных порядков.

Ниже мы попробуем рассмотреть, как свойства локальности и нелокальности связаны с различными типами элементарных отношений. Также в этой связи будут дополнительно рассмотрены некоторые из уже упомянутых качеств.

### *Двухполярное отношение*

Как было отмечено, большинство явлений, с которыми человек сталкивается в окружающей действительности, может быть охарактеризовано наличием двух полярных атрибутов, являющихся манифестациями тех или иных свойств 2р-качеств. Локальность 2р-качества иллюстрирует рассмотрение его динамики на примере механического движения: механическая система может двигаться вдоль любой непрерывной линейной траектории только так, что, сохраняя свою целостность, из данного положения может перейти в единственное следующее [23]. Процесс, который может быть описан в терминах последовательной смены начального и конечного состояний, как движение «от точки к точке» всегда связан с 2р-отношением, локальностью.

С 2р-качеством связаны имеющиеся конструкции пространства-времени; процедура упорядочения, порождающая разнообразные линейные шкалы; существующие числовые системы (в первую очередь – множество действительных чисел) и основанные на них математические и физические модели; понятие количества; измерительные процедуры как процесс сравнения с эталоном и, как следствие, 2р-приборная база современного естествознания, техники; и, наконец, двухполярность сознания, по крайней мере, той его части, которую обычно называют «обыденным» или «дискурсивным» сознанием: процесс восприятия, мышления носит 2р-характер. Всё вместе позволяет утверждать, что 2р-отношения тесно связаны, формируют то, что обычно обозначается терминами «локальный» и «классический».

Любое явление для того, чтобы быть воспринятым, осмысленным, должно быть или двухполярным, или спроецированным на 2р-процесс, логическую конструкцию, измерено 2р-прибором. В этой связи можно упомянуть, например, принцип Бора – требование, чтобы описание квантовой реальности производилось на обычном языке, дополненном терминологией классической физики [50]. Результаты расчетов в математических моделях также должны быть выражены в действительных числах для того, чтобы они могли сравниваться с экспериментом.

### *Четырехполярное отношение*

Четырехполярное качество – первое, чей граф полярных атрибутов (рис. 3 а) состоит более чем из одного цикла: двух 2р-КС (рис. 3 в) и одного

4р-КС (рис. 3 б), что и определяет связанные с ним типы элементарных отношений. Хотя в данном случае мы имеем два 2р-КС, целостная динамика четырехполярного качества приводит к тому, что их проявления, которые только и могут быть зафиксированы классическим прибором, будут всегда взаимосвязаны.

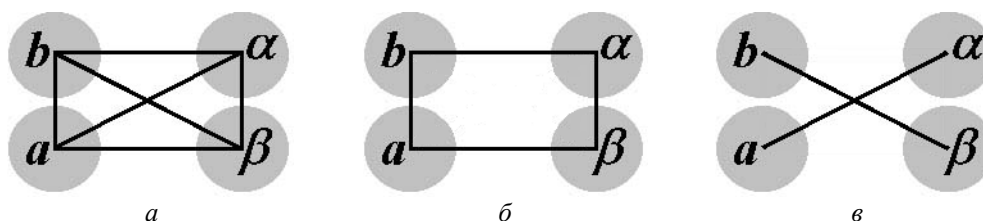


Рис. 3. Спектр компенсированных состояний четырехполярного качества (а), 4р-КС четырехполярного качества (б), два 2р-КС четырехполярного качества (в)

Хорошо известным примером 4р-качества может служить электромагнитное поле: 2р-КС соответствуют его электрическая и магнитная компоненты. При этом мы не можем регистрировать электромагнитное поле как таковое, а только его компоненты, то есть две проекции 4р-качества.

Используя этот пример для рассмотрения динамики 4р-качества, мы должны в качестве начального состояния взять элементарный излучатель, а в качестве конечного – фронт волны, который, согласно принципу Гюйгенса, можно представить состоящим из множества элементарных излучателей, которые мы, в свою очередь, можем рассматривать как начальное состояние для следующего положения фронта волны и т. д. То есть, в отличие от 2р-качества, динамика 4р-качества нелокальна: единственное начальное состояние переходит в множество конечных. Также в данном случае мы не можем говорить о линейной упорядоченности. Но так как спектр компенсированных состояний 4р-качества состоит из двух 2р-КС, многие его проявления могут иметь «квазиклассический» характер: скорость и направление распространения, фронт волны и т. д.

### *Трехполярное качество*

Аналогично 2р-качеству граф ПА 3р-качества также состоит из единственного цикла. Это, как уже отмечалось выше, значит, что прямые попытки его обнаружения будут безрезультатными. В силу невозможности взаимодействия между двух- и трехполярными качествами также невозможны чувственное восприятие, приборная регистрация последнего.

В силу возможности поляризации для трехполярного качества, очевидно, возможно построение трехполярной динамики и аналогов понятий пространства и времени. Но такой трехполярный мир будет полностью необнаружим и недоступен восприятию сознанием, логика работы которого определяется субъект-объектным отношением. В то же время можно предположить, что человеку потенциально присуща способность такого восприятия, которая



проявляет себя в феноменах духовного опыта. Эти вопросы будут кратко рассмотрены в следующем разделе.

### ***Шести- и двенадцатиполярное качества***

В заключение кратко рассмотрим примеры бр- и 12р-качеств. бр-качество первое в ряду качеств, содержащих одновременно 2р- и 3р-КС, что, как отмечалось, дает возможность опосредованной регистрации 3р-качества. Исходя из рассмотренного выше набора КС бр-качества (рис. 2), можно заключить, что оно может проявлять себя через 2р-, 3р- и бр-элементарные отношения.

То есть динамика бр-качества (в силу наличия 3р-КС попытка ее представить очень условна) должна быть связана с нелокальными корреляциями, которые могут быть зарегистрированы классическим прибором. Возможно, ближайшим примером бр-качества будет то, что называют «квантовая реальность», чистое квантовое состояние [41].

12р-качество интересно тем, что, с одной стороны, может быть поляризовано любым из уже рассмотренных 2р-, 3р-, 4р- и бр-КС, а с другой – может поляризовать любое из них. Данное качество имеет шесть 2р-КС, четыре 3р-КС, три 4р-КС, два бр-КС и два 12р-КС. Следовательно, оно может проявлять себя через 2р-, 3р-, 4р-, бр- и 12р-элементарные отношения.

Очень трудно привести пример двенадцатиполярного качества, который иллюстрировал бы все особенности его спектра КС. Так как в нем присутствуют два шестиполярных КС, можно предположить, что известные на сегодня шесть кварков и шесть антикварков могут рассматриваться как полярные атрибуты двенадцатиполярного качества. Если подобное предположение справедливо, то в силу строения спектра КС 12р-качества, такой объект должен обладать богатым набором свойств, часть из которых недоступна прямой регистрации, и быть своего рода связующим звеном между нелокальным миром 3р-качества и классическим миром 2р-отношений.

В работах [23–25] рассмотрены также примеры 1р- и 5р-качеств. Отмечается тесная связь спектра КС 5р-качества с концепцией У-Син. Аналогично можно соотнести спектр КС 12р-качества с основными закономерностями в астрологии [25].

Подводя итог данного раздела, хотелось бы отметить, что с каждым типом элементарного отношения связан свой тип нелокальности. Локальными являются только 2р-отношения.

## **4. Некоторые логические аспекты двухполярных и трехполярных отношений**

Выше особо подчеркивалось, что среди графов полярных атрибутов различных качеств особо выделяются случаи 2р- и 3р-качеств, состоящие из единственного цикла. Во всех остальных случаях такие графы состоят из двух и более циклов, соответствующих различным компенсированным

состояниям. Такая выделенность 2р- и 3р-отношений позволяет рассматривать их как имеющие особый, фундаментальный характер.

Как отмечалось, важность 2р-отношений в физико-математических науках связана, в первую очередь, с понятием «классический». Результаты теоретических моделей, для того чтобы их можно было соотнести с экспериментом, должны быть выражены в действительных числах, «спроецированы» на 2р-числовую ось. Исходные результаты любого экспериментального исследования, в силу двухполярности существующей измерительной базы естествознания, также являются результатом 2р-проекции: они сводятся к набору 2р-данных, которые в общем случае также выражаются действительными числами.

Очевидно, что выделенность 2р-отношений связана, с одной стороны, с тем, что окружающий человека классический мир, мир геометрических форм, границ, является локальным, двухполярным. Вместе с тем сам процесс восприятия, отражения окружающей действительности происходит в форме двухполярного субъект-объектного отношения [51–52]. В силу этого как сам процесс мышления, так и научные модели, которые являются результатом этого процесса, также являются двухполярными. Подтверждением этому служит многочисленная литература, присутствующая в различных областях науки, в которой отмечается полярный, бинарный характер тех или иных научных моделей, конструкций языка и т. д.

Говоря о науке в целом, необходимо отметить, что наиболее сложной и развитой формой научного знания считается теория, которая должна удовлетворять следующим требованиям: 1° – логической непротиворечивости – теория должна удовлетворять закону исключенного третьего [53]; 2° – согласие выводов теории с экспериментом; 3° – теория должна удовлетворять принципу соответствия – любая новая теория должна содержать в качестве частного случая старую теорию. Для теоретических моделей, которые не могут быть соотнесены с экспериментом (например, «чисто» математические модели), логическая непротиворечивость является единственным критерием истинности.

Требования 1° и 2° имеют отношение к проблеме существования (см. раздел 2). В общем случае возможно построить произвольно большое количество теорий. Если эти теории удовлетворяют 1°, то есть являются логически непротиворечивыми, то с математической точки зрения они имеют право на существование. Но если они претендуют на описание некоторой физической реальности, то кроме 1° для них обязательно выполнение также и 2°, то есть логическая непротиворечивость в данном случае условие необходимое, но не достаточное. Таким образом, закон исключенного третьего играет исключительную, разрешительную роль в математических и физических моделях. Рассмотрим его более подробно.

Основные законы логики – «Законы тождества, противоречия и исключенного третьего были выявлены еще Аристотелем, закон достаточного основания как особый закон логики был сформулирован выдающимся немецким мыслителем Лейбницем» [54. С. 268].

Закон исключенного третьего («из двух отрицающих друг друга суждений одно непременно истинно» [54. С. 273]), являющийся одним из основных законов формальной логики в начале XX века, ждала судьба в чем-то аналогичная судьбе пятого постулата Евклида о параллельных прямых. Так же как и отказ Лобачевского от данного постулата позволил построить внутренне непротиворечивые неевклидовы геометрии, отказ от закона исключенного третьего, который со времен Аристотеля также принимался за логическую аксиому, позволил создать замкнутые логические системы, получившие название «паранепротиворечивые логики». Эта аналогия между неевклидовыми геометриями и паранепротиворечивыми логиками в свое время была вынесена в название доклада казанского логика Николая Александровича Васильева «Неевклидова геометрия и неаристотелева логика». Н.А. Васильева, как отмечается в [55], уместно считать одним из предшественников паранепротиворечивой логики: «Вспомним, что работа Брауэра о недостоверности закона исключенного третьего вышла в свет в 1908 г., работа Я. Лукасевича общего характера, приведшая к идее многозначных логик, в 1910 г., первая статья Н.А. Васильева появилась также в 1910 г.» [55. С. 6]. Интересно отметить, что отказ как от пятого постулата Евклида, так и от закона исключенного третьего произошли в одном и том же месте – Казанском университете.

Необходимость выхода за формальные рамки закона исключенного третьего следует из анализа многих ситуаций, возникающих в повседневной деятельности, когда по отношению к некоторой ситуации одинаково справедливы как некоторое утверждение, так и его отрицание. В [55] отмечается, что «интерес к паранепротиворечивым логикам сейчас велик. Они имеют как теоретическое – для анализа противоречивых утверждений, логических и семантических антиномий, локализации противоречий, так и практическое значение – поскольку в принципе в информационно-поисковые системы может поступать различная, даже противоречивая информация. В последнем случае эта противоречивая информация не должна разрушать всю систему, а должна быть локализована» [55. С. 6]. В качестве предельного случая, очевидно, можно рассматривать утверждение Л. Витгенштейна о том, что наступит время, когда начнутся математические исследования исчислений, содержащих противоречия, и люди будут гордиться тем, что освободились от непротиворечивости [56].

Суммируя, можно отметить, что закон исключенного третьего элиминирует диалектическое противоречие из формально-логических моделей. Появление и развитие паранепротиворечивых логик, ставящих своей целью вернуть противоречие в формальную логику, можно рассматривать как обратное движение в сторону диалектики. Но при этом различные типы логик (классическая, паранепротиворечивые, диалектическая и др.) изоморфны с точки зрения своей полярной структуры и соответствуют 2р-отношению.

Итак, логика, как наука о мышлении, в различных своих системах – от классической до диалектической – всегда двухполярна. Это, несомненно, связано также с двухполярным характером субъект-объектного отношения, определяющего сам характер мышления, восприятия окружающей

действительности. Далее хотелось бы обратиться к той части человеческого опыта, который выходит за пределы двухполярности и предположительно связан с Зр-отношениями. В силу масштабности и многоаспектности этой темы мы здесь кратко рассмотрим только несколько примеров, раскрывающих ее недвухполярный характер.

### *Апофатическое богословие*

Первый пример мы преимущественно основываем на работе В.Н. Лосского «Очерк мистического богословия Восточной церкви» [57] в той ее части, где говорится о традиции двух богословских путей, берущей свое начало в небольшом сочинении («О мистическом богословии»), принадлежащем, как принято считать, Дионисию Ареопагиту или псевдо-Дионисию [58]. «Дионисий различает возможность двух богословских путей: один есть путь утверждения (богословие катафатическое или положительное), другой – путь отрицания (богословие апофатическое или отрицательное). Первый ведет нас к некоторому знанию о Боге – это путь несовершенный; второй приводит нас к полному незнанию – это путь совершенный и единственно по своей природе подобающий Непознаваемому, ибо всякое познание имеет своим объектом то, что существует, Бог же вне пределов всего существующего» [57].

Могло бы показаться, что при таком подходе апофатическое и катафатическое богословие находятся между собой в отношении дополнительности, образуя два полюса некоего диалектического единства. Но такие представления, в частности попытка святого Фомы Аквинского свести эти два пути богословия в один, превращая отрицательное богословие в корректив к положительному, отвергаются Восточной Церковью и противоречат мысли Дионисия [57], который в последних главах «Мистического Богословия» пишет: «Итак, мы говорим, что причина всего, будучи выше всего, не является лишеной ни сущности, ни жизни, ни слова, ни разума... она не имеет ни тела, ни формы, ни образа, ни качества, ни количества, ни массы; она не имеет места, не видится, не доступна чувственному восприятию... не есть число, или строй, или величина, или малость, или равенство, или неравенство, или сходство, или несходство; она не стоит и не движется, не покоится и не имеет силы, не есть сила или свет; не живет и не есть жизнь; не сущность, не вечность и не время; не может быть доступна мышлению; не ведение, не истина; не царство и не мудрость; не единое, не единство, не божество, не благодать, не дух, как мы понимаем; не отцовство, не сыновство, вообще ничто из ведомого нам или другим сущего...» (цит. по [59]). Приведенный текст свидетельствует о том, что речь идет не о единстве диалектических полярностей, а, скорее, о выходе за их пределы. О новом качестве – таком, в котором диалектическому противопоставлению нет места.

Можно было бы сказать, что апофатическое богословие имеет своим объектом Бога абсолютно непознаваемого. Но говорить о Боге как об объекте – значило бы оставаться в рамках того же диалектического подхода, неизбежно предполагающего наличие полярной пары: объекта и субъекта. Но,

«...достигнув предельных вершин познаваемого, надо освободиться как от видящего, так и от видимого, то есть как от субъекта, так и от объекта нашего восприятия. Бог уже не представляется объектом, ибо здесь речь идет не о познании, а о соединении. Итак, отрицательное богословие есть путь к мистическому соединению с Богом, природа Которого остается для нас непознаваемой» [57].

Суммируя, мы должны заключить, что, говоря о Боге и говоря о сознании человека в момент мистического соединения с Богом, мы не можем пользоваться привычными полярными конструкциями языка, а должны выйти за пределы его бинарных оппозиций. Но языку, как и любой семиотической системе, присущ бинарный или двухполярный характер [51] и вне этой бинарности язык, как система, не существует. Вместе с тем сознанию также присущ бинарный характер субъект-объектного отношения [52], производными которого являются интеллект, знание и в конечном итоге язык. Очевидно поэтому опыт богопознания, о котором говорит автор «Мистического богословия», невыразим и даже немислим. Мы можем говорить и мыслить только о том, что он не есть, очерчивая этим своеобразную границу и не имея возможности в своем обыденном, субъект-объектном состоянии ее перешагнуть. В то же время, в силу потенциальной способности к богопознанию, сознание человека способно выйти за пределы бинарности, в новое не-двухполярное качество, логически и онтологически несовместимое с качеством двухполярным.

### *Дзэн-буддизм*

Известный специалист по дзэн-буддизму Дайсэцу Судзуки утверждает важность достижения состояния сатори, которое «...поистине является альфой и омегой Дзэн-Буддизма» [60. С. 160]. Сатори определяется, как «...интуитивное проникновение в природу вещей в противоположность аналитическому или логическому пониманию этой природы. ...Прибегая к логическому утверждению, можно сказать, что все противоположности и противоречия гармонично объединяются в последовательное органическое целое» [60. С. 160–161]. Отмечается качественное отличие данного состояния от обычного, субъект-объектного состояния сознания: «...расстояние между этим состоянием (то есть состоянием логической разумности, в котором обычно пребывает человек) и сатори было неизмеримо велико, так как отличия были не количественными, а качественными, это были вещи другого порядка, другого значения» [60. С. 212]. Далее этот известный специалист по Дзэн-Буддизму пишет: «Пропась между сатори и рациональностью никогда не может быть преодолена умозрительностью и логическими выводами, абстрактными рассуждениями, или чем-либо имеющим связь с интеллектом [60. С. 212]». Достижение сатори это всегда «...прыжок через бездну дуализма и противоречий» [60. С. 40].

Для достижения сатори необходимо нейтрализовать, «отключить» интеллект, которому «...всегда свойственен дуализм, поскольку он подразделяет

вещи на субъект и объект» [60. С. 95]. Для этого служит система упражнений коан – задачи, которые в действительности не имеют логического решения. Попытки найти такое логическое решение в какой-то момент приводят к состоянию «умственного тупика», «остановке», «отключению» интеллекта, которое рассматривается как преодоление дуализма субъекта и объекта. На этом фоне актуализируется потенциально присущее сознанию свойство не-двухполярности, происходит «вспышка», инсайт, озарение, сатори. Отмечается, что состояние сатори всегда кратковременно. Опыт сатори невыразим средствами языка. Он может быть только пережит.

### ***Творчество. Акт интуитивного постижения***

Можно усмотреть интересную аналогию между путем достижения сатори в практике дзэн-буддизма и процессом решения творческой задачи.

Берем творческую задачу, которая не может быть решена исходя из всей суммы имеющихся у индивида знаний и способов оперирования ими. Анализ автобиографических свидетельств позволяет выделить следующие основные этапы решения такой задачи.

1. Интеллектуальный поиск – попытка решения задачи путем логического вывода, исходя из основополагающих понятий и базовых закономерностей, заложенных в существующей системе знаний. Предельным состоянием этого поиска является состояние двойственности: с одной стороны – невозможность решения задачи исходя из имеющихся в наличии предпосылок, с другой – предчувствие, что решение где-то рядом, почти достижимо, но все-таки недоступно. Важной особенностью этого этапа являются концентрация душевных сил исследователя на поиске решения, постоянное их напряжение.

2. «Умственный тупик» – это, по сути, короткий миг, мгновение по сравнению с первым этапом, в течение которого происходит, в силу каких-то причин, приостановка всей мыслительной деятельности, ее “нейтрализация”, “отключение”. Во многих случаях на этом этапе отмечается роль аналогии: то есть нейтрализация происходит на фоне ситуации, изоморфной тому решению, которое появляется в результате решения.

3. Озарение, или акт интуитивного постижения (АИП), – мгновенное получение больших объемов информации. Восприятие информации в АИП подобно созерцанию картины, когда она видится целиком во всех ее частях.

4. Установление соответствий – интеллектуальное осмысление и постановка информации, полученной в результате АИП, в соответствие со всем объемом накопленных ранее знаний. По сути, данный этап относится уже не к решению творческой задачи, а, скорее, к ее осмыслению.

Иногда вместо АИП используются другие термины: «Мы будем использовать специальный термин, *сверхинтуиция*, чтобы подчеркнуть особую ситуацию, когда правильное решение найдено, хотя не было никакой возможности логически вывести его из информации, доступной обычным путем. Сверхинтуиция, в некотором смысле, – это способ получения такой информации, которая, как кажется, вообще не может быть получена. Эта мистическая

способность «сделать то, что сделать невозможно», как ни странно, реально наблюдается. ...Мы покажем, что это возможно ввиду способности нашего сознания к иррациональным *озарениям*» [61. С. 24]. Отмечается, что «...никакие нетривиальные законы природы (такие как специальная или общая теория относительности или квантовая механика) не могли быть сформулированы без внелогической интуиции гениев (таких, как Альберт Эйнштейн) в ключевые моменты развития науки» [61. С. 57].

Сравнение процесса решения творческой задачи с основными этапами достижения сатори позволяет соотнести № 1 с попытками найти логическое решение коана, № 2 – «умственный тупик», нейтрализация двухполярной субъект-объектной интеллектуальной деятельности, что является необходимым условием для АИП – сатори (№ 3).

### Заключение

Проведенное в работе рассмотрение связи понятия «элементарное отношение» с базовыми философскими и физико-математическими категориями показало, что требование элементарности отношения накладывает определенные ограничения на триаду В-С-О так, что в качестве вещи выступает качество, имеющее характер целостности, а элементарному отношению соответствует единственное свойство.

Понятие элементарного отношения также накладывает ограничения на понятие диалектического противоречия. В полярную пару могут входить только такие ПА, которые вместе образуют КС. Введение понятий ПА и КС дает возможность конструирования элементарных отношений произвольной полярности.

В работе предложен формализм, основанный на исследовании непересекающихся циклов полного графа (которые соответствуют набору компенсированных состояний данного качества) и позволяющий описывать спектры свойств качеств произвольной полярности, а также отвечающий на вопрос, какие элементарные отношения актуализируются в случае взаимодействия таких качеств. С концепцией взаимодействия связан принцип компенсации, который можно рассматривать как обобщение «минимальных» принципов, присутствующих в различных разделах естествознания.

Одной из тем, впервые анализируемых в рамках настоящей статьи, является связь различных типов элементарных отношений с соответствующими типами нелокальности. Отмечается, что только двухполярное отношение связано с понятиями «локальный» и «классический». Все другие типы элементарных отношений связаны с различными типами нелокальности. На этом основании можно говорить, что с каждым типом элементарного отношения связаны свои пространства или миры, которые в некоторых случаях не могут взаимодействовать между собой. Так, например, известные конструкции пространства и времени связаны с 2р-отношением.

Отношениями, которые принципиально не могут взаимодействовать между собой напрямую и которые имеют графы полярных атрибутов,

состоящие из единственно цикла, являются 2р- и 3р-отношения. Предполагается, что эти типы отношений играют особую, фундаментальную роль. Выделенность 2р-отношения, состоящая в его связи с понятиями «классический» и «локальный», связана также с 2р-характером субъект-объектного отношения, играющего определяющую роль в восприятии, осмыслении человеком окружающей действительности. Показано, что различные типы логик, являющиеся, как известно, «наукой о мышлении» также связаны исключительно с 2р-отношениями.

В последнем разделе приведены примеры, иллюстрирующие, что большой пласт человеческого опыта (апофатическое богословие в христианстве, опыт сатори в дзэн-буддизме, процессы творчества), тем не менее, выходит за рамки 2р-отношений. В силу фундаментальности 3р-отношения, с одной стороны, и распространенности концепции тринитаризма – с другой, можно предположить, что такого рода опыт связан именно с этим типом отношений. Как следует из приведенных примеров, человеческому сознанию потенциально присуща способность восприятия реальности, связанной с 3р-отношениями.

Очевидно, что опыт человечества, выходящий за рамки двухполярных отношений, не ограничивается тремя рассмотренными в пятом разделе примерами. Как отмечается в [62], любая развитая метафизическая концепция (индусская метафизика, буддизм, иудейская традиция, китайская метафизика, христианская и исламская метафизические школы) содержат один тонкий момент, связанный с понятием апофатичности, «инобытия», «Иного». На наш взгляд, развиваемая в настоящей работе концепция элементарного отношения дает новые возможности в исследовании, осмыслении понятия «Иного».

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Реляционные основания физики и метафизика // *Метафизика. Век XXI. Альманах. Вып. 2.* М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. С. 150–204.
2. *Владимиров Ю.С.* Физика, метафизика, математика // *Метафизика. Век XXI. Альманах. Вып. 4: метафизика и математика / под. ред. Ю.С. Владимирова.* М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. С. 219–239.
3. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 1: Диамату вопреки. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 280 с.
4. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 2: По пути Клиффорда–Эйнштейна. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. 248 с.
5. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 3: Геометрическая парадигма: испытание временем. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. 288 с.
6. *Кулаков Ю.И., Владимиров Ю.С., Карнаухов А.В.* Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Изд-во «Архимед», 1992. 182 с.
7. *Жуков Н.И.* Философские основания математики. Минск: Университетское, 1990. 110 с.
8. *Перминов В.Я.* Философия и основания математики. М.: Прогресс-Традиция, 2001. 320 с.
9. Начала Евклида / пер. с греч. и коммент. Д.Д. Мордухай-Болтовского при редакционном участии М.Я. Выгодского и И.Н. Веселовского. М.-Л.: ГТТИ, 1949–1951.
10. *Боголюбов А. Н., Кантор Георг.* Математики. Механики: биографический справочник. Киев: Наукова думка, 1983. 639 с.



11. *Бурбаки Н.* Архитектура математики. Очерки по истории математики / пер. И.Г. Башмаковой; под ред. К. А. Рыбникова. М.: ИЛ, 1963. С. 32, 258.
12. Основания математики. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Основания\\_математики](https://ru.wikipedia.org/wiki/Основания_математики)
13. *Цаленко М.С., Шульгейфер Е.Г.* Основы теории категорий. М.: Наука, 1974. 256 с.
14. *Тугаринов В.П.* Избранные сочинения. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. 344 с.
15. *Райбекас А.Я.* Вещь, свойство, отношение как философские категории. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1977. 243 с.
16. *Райбекас А.Я.* Категории вещь, свойство, отношение: историко-философский очерк. Красноярск: Изд. центр Красноярского госуниверситета, 2000. 135 с.
17. *Уемов А.И.* Вещи, свойства и отношения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 184 с.
18. *Рыбалко В.К.* Становление диалектической концепции «вещь-свойство-отношение». Харьков: Основа, 1991. 95 с.
19. *Дмитриев Ю.Я.* Категории качества, количества и меры в историко-философском процессе. Генезис. Закономерности развития. Функции. М.: Наука, 1995. 159 с.
20. *Кравченко Л.Г.* Проблема качества в философии: историко-методологический очерк. Минск: Наука и техника, 1971. 224 с.
21. *Панчелюга В.А., Добровольская Л.В.* Основы общесистемной модели качества // Деп. в ВИНТИ, 28.12.2000, № 3302-В00. 43 с.
22. *Панчелюга В.А.* Генезис числовых систем и общая теория отношений // Международная научная конференция «Число, время, относительность». Москва, 10–13 августа 2004 г. С. 76–78.
23. *Панчелюга В.А.* Основы теории элементарных отношений // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2009. 2 (12). Т. 6. С. 176–195.
24. *Панчелюга В.А.* Основания физики и теория элементарных отношений // Метафизика. 2018. № 1 (27). С. 86–92.
25. *Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.* Типы элементарных отношений и варианты их применения // Метафизика. 2019. № 1 (31). С. 89–108.
26. The Encyclopedia of Philosophy. V. 5 / Ed. Paul Edwards, The Macmillan Company & The Free Press. N.-Y., 1967.
27. *Уемов А.И.* Системные аспекты философского знания. Одесса: Негоциант, 2000. 160 с.
28. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989. 815 с.
29. *Овчинников Н.Ф.* Принципы сохранения. М.: Наука, 1966. 331 с.
30. *Ахлибинский Б.В., Храленко Н.И.* Теория качества в науке и практике: методологический анализ. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. 200 с.
31. *Хайдаров И.М., Калачинова Б.Д.* Диалектика развития системности качества. Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР, 1990. 110 с.
32. *Саркисян С.Д.* Проблема свойства (теория свойства). Ереван: Изд-во Ереванского ун-та, 1978. 304 с.
33. *Гегель Г.В.Ф.* Энциклопедия философских наук. Т. 1: Наука логики. М.: Мысль, 1974. 452 с.
34. *Блауберг И.В.* Проблема целостности и системный подход. М.: Эдиториал УРСС, 1997. 448 с.
35. *Петрушенко Л.А.* Самодвижение материи в свете кибернетики. М.: Наука, 1971. 292 с.
36. Диалектики и системный анализ. М.: Наука, 1986. 335 с.
37. *Богомолов А.С.* Диалектический логос: Становление античной диалектики. М.: Мысль, 1982. 263 с.
38. *Белюсов В.А., Демичев А.В.* Гармония: противоречия, связь. Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 1991. 192 с.

39. *Ахиезер А.И., Степановский Ю.П.* От квантов света до цветных кварков. Киев: Наук. думка, 1993. 120 с.
40. *Фейнман Р.* КЭД – странная теория света и вещества. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 144 с.
41. *Bell J.S.* Speakable and unspeakable in quantum mechanics (Collected papers on quantum philosophy). Cambridge University Press, 1988.
42. *Костюк В.Н.* Потенциальная реальность и эволюционные процессы // Системные исследования: ежегодник. 1995–1996. С. 127–145.
43. *Оре О.* Теория графов. М.: Наука, 1980. 336 с.
44. *Дикерсон Р., Грей Г., Хейт Дж.* Основные законы химии. Т. 2. М.: Мир, 1982. 620 с.
45. *Бекиш О.-Я.Л.* Медицинская биология. Минск: Ураджай, 2000. 520 с.
46. *Эйнштейн А.* О специальной и общей теории относительности. М.: Государственное изд-во, 1922. 79 с.
47. *Талбот Майкл.* Голографическая Вселенная. М.: Изд. дом «София», 2004. 368 с.
48. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017. 232 с.
49. *Роджер Пенроуз.* Красота и сила комплексных чисел и их роль в развитии твисторной теории // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2013. 1 (19). Т. 10. С. 33–61.
50. *Бор Н.* Избранные научные труды. Т. 2. М.: Наука, 1970. 675 с.
51. *Иванов В.В.* Бинарные структуры в семиотических системах // Системные исследования: ежегодник. 1972. С. 206–236.
52. *Лекторский В.А.* Субъект, объект, познание. М.: Наука, 1980. 357 с.
53. *Гетманова А.Д.* Учебник по логике. М.: ЧеРо, 1997. 304 с.
54. Логика / под ред. Д.П. Горского, П.В. Таванца. М.: Гос. изд-во политич. лит-ры, 1956. 280 с.
55. *Васильев Н.А.* Воображаемая логика: избранные труды. М.: Наука, 1989. 264 с.
56. О противоречии. URL: <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH6e472c9660a3b326ebfc6e>
57. *Лосский В.Н.* Очерк мистического богословия Восточной церкви. М.: 1991. 200 с.
58. *Флоровский Г.В.* Восточные отцы V–VIII веков. М.: Паломник, 1992. 260 с.
59. *Булгаков С.Н.* Свет невечерний: созерцания и умозрения. М.: Республика, 1994. 415 с.
60. Дзэн-буддизм. Бишкек: МП «Одиссей», гл. ред. КЭ, 1993. 672 с.
61. *Менский М.Б.* Сознание и квантовая механика: Жизнь в параллельных мирах (Чудеса сознания – из квантовой реальности). Фрязино: Век 2, 2011. 320 с.
62. *Севальников А.Ю.* Об основаниях физики: к концепции «Иного» // Основания фундаментальной физики и математики: материалы III Российской конференции (ОФФМ–2019) / под ред. Ю.С. Владимирова, В.А. Панчелюги. М.: РУДН, 2019. С. 72–76.

## ELEMENTARY RELATIONS AND BASICS CATEGORIES OF PHYLOSOPHY, PHYSICS AND MATHEMATICS

V.A. Panchelyuga<sup>2</sup>

*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, RAS*

The present work continues the study of elementary relations. It examines the connection of the concept of «elementary relation» with the basic philosophical and physical-mathematical categories. It is noted that only 2-polar relations are local, and each type of non-2-polar elementary relation has its own type of non-locality. Particular emphasis is placed on bipolar and bipolar relations. Examples illustrating the non-2-polar nature of mystical insights, creative processes are given.

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

---

<sup>2</sup> E-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

# ПРОБЛЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ ПРИНЦИПОВ РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2-107-116

## РЕЛЯЦИОННАЯ ПАРАДИГМА: ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

М.И. Сулова<sup>1</sup>, А.А. Сидорова-Бирюкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Московское общество испытателей природы,  
Российское философское общество*

<sup>2</sup> *Физический факультет Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова*

В чем причина невысокой популярности реляционных идей в обществе? И так ли это на самом деле? В данной статье мы сделали попытку посмотреть на основные принципы реляционизма свежим взглядом неспециалиста, ответить на вопросы, которые обычно задают его сторонникам, на общедоступном языке и, возможно, найти новые аргументы, чтобы сделать реляционные идеи более близкими и понятными широкому кругу заинтересованной аудитории.

**Ключевые слова:** реляционная парадигма, пространство-время, дальное действие, принцип Маха.

### Введение

Реляционные взгляды в настоящее время не являются доминирующей физической парадигмой. Многие ученые считают положения реляционной концепции неестественными, далекими от научного мировоззрения и чуть ли не схоластическими. Тем не менее встречаются и те, кто сознательно выбрал именно их в качестве наиболее адекватного способа представления мира. На своих семинарах профессор Ю.С. Владимиров неоднократно высказывал убеждение в том, что за реляционной концепцией будущее. Об этом говорят и зарубежные коллеги. Вот мнение, например, физика-теоретика Ли Смолина, Институт Perimeter (Канада): «Я называю революцию в физике XX века реляционной. <...> Объединение квантовой теории с общей теорией относительности – задача по завершению реляционной революции». Если эти слова сбываются, реляционная концепция на определенном этапе своего развития станет

частью мировоззренческой системы цивилизованного мира. Однако уже сегодня следует более внимательно приглядеться к ее идеям, чтобы оценить, так ли уж они необычны и какое место необходимо отвести им в мировоззрении современного человека.

В настоящее время концептуальная часть реляционной картины мира, которую развивает Ю.С. Владимиров и его группа, по большому счету, сводится к трем положениям: «1) реляционный подход к природе пространства-времени; 2) описание взаимодействий в рамках концепции дальнего действия (взамен концепции ближнего действия); и 3) обусловленность локальных свойств материи глобальными свойствами всего окружающего мира (принцип Маха)» [1. С. 155–156].

Эти три положения взаимно дополняют друг друга и охватывают всю структуру мироздания. Но, к сожалению, каждое из них для понимания широкой аудиторией требует расшифровки, а для глубокого постижения концепции – еще и погружения в историю ее формирования. Рассмотрим эти положения по порядку.

### **1. Реляционный подход к природе пространства-времени**

«Согласно реляционному подходу, пространство и время не являются самостоятельными сущностями, как это постулировалось И. Ньютоном (1643–1727), а представляют собой абстракцию от отношений между материальными объектами (или событиями с их участием)» [1. С. 156]. Это объяснение первого положения реляционной концепции взято из книги Ю.С. Владимирова, и если для физиков, возможно, к нему нет вопросов, то простым любителям науки сложно представить, как «от отношений между материальными телами» появляется «абстракция». Кстати, Ю.С. Владимиров в своих работах отмечает, что и многие физики в своей научной деятельности придерживаются противоположного – субстанциального подхода к природе пространства. Ничего удивительного тут нет, модель мироздания, в которой есть некая вечная, неизменная, ни от чего не зависящая и ни на что не влияющая, то есть абсолютная, среда и в нее помещены материальные тела, вполне соответствует интуитивному восприятию. Но это только на первый взгляд.

Вопрос о пространстве-времени оказывается труднее, чем кажется. Обманчиво наше отношение к этому понятию как к чему-то элементарному. На самом деле мы сами представляем собой крайне сложные системы, такими же являются и процессы нашего взаимодействия с окружающим миром, поэтому то, что кажется нам простым и естественным, вовсе не обязано быть таковым в физическом смысле, то есть представлять собой фундаментальные элементы мироздания.

Начать хотя бы с того, что само понятие пространства-времени не удастся четко определить, когда речь идет о физических системах. Это хорошо видно на примере общей теории относительности (ОТО). В классической ОТО рассматривается 4-мерное пространственно-временное многообразие, на котором заданы метрическое поле и поле распределения материи.

Уравнения ОТО связывают эти поля, тем самым определяя динамику искривленного пространства-времени. Только вот что именно включает это понятие? Во-первых, это может быть метрика, то есть метрическое поле и вычисляемые на его основе величины – временные промежутки, пространственные длины. Но ведь, как известно, физический смысл этим величинам придает наличие материальных объектов, поэтому пространство-время может включать в себя и поля материи – это второй вариант. Наконец, это может быть само 4-мерное многообразие, на котором заданы поля, что ближе всего к нашему интуитивному представлению о пространстве-времени как «совокупности точек пространственно-временного континуума». Однако именно это определение оказывается физически бессмысленным. Дело в том, что уравнения ОТО должны оставаться верными при любых гладких трансформациях многообразия, а это значит, что физические свойства системы невозможно определить как функции абсолютного положения точки в этом многообразии.

Таким образом, абсолютного пространства-времени, которое можно было бы понимать как фон для действия силовых полей, не существует. Как сказал физик-теоретик Карло Ровелли, «нет больше полей в пространстве, есть только поля в полях» [2]. Мало того, что невозможность четко определить пространство-время не согласуется с нашим интуитивным восприятием, она еще и создает философские проблемы, ведь существование чего-либо предполагает нахождение в определенном месте пространства в течение достаточно длительного промежутка времени, а как быть, если статус самих пространства и времени под вопросом?

В этой ситуации реляционный подход предлагает естественное решение. Вместо абсолютного пространства-времени используются относительные характеристики – пространственные и временные. Можно сказать, что математически идеальные часы и длины заменяются физическими часами и стержнями, отражающими временные и пространственные отношения между событиями. Это и есть те самые упомянутые выше «отношения между материальными объектами». О том, что «пространство и время – всего лишь регистрационные приборы для удобной записи соотношений между объектами и событиями во Вселенной», говорил еще Готфрид Лейбниц. Примечательно отношение к этой фразе современного физика-теоретика Брайана Грина: «Несмотря на то, что точка зрения Ньютона... господствовала в течение более двух сотен лет, позиция Лейбница, развитая австрийским физиком Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине» [3].

Выше был рассмотрен лишь первый шаг в «ликвидации» пространства-времени. Еще более серьезные вопросы возникают, когда мы пытаемся понять, из чего же оно сделано на элементарном уровне. Эти вопросы приводят к размышлению о том, на каком основании мы считаем геометрические понятия более фундаментальными, чем физические. Быть может, все как раз наоборот – геометрические примитивы должны пониматься как обобщения свойств физических объектов? Вопрос о возможности выводить законы геометрии из более фундаментальных структур особенно остро встал при попытках создания теории квантовой гравитации. Все попытки проквантовать

гравитационное поле «в лоб», понимая его элементарные составляющие как мельчайшие частицы пространства-времени, не привели к успеху. В результате стали выдвигаться предположения о негеометрической природе квантов пространства-времени.

Здесь нет ничего неожиданного, точно так же свойства одной молекулы воды не имеют ничего общего со свойствами воды как непрерывной среды. Что касается возможной природы кванта пространства-времени, в настоящее время существует огромное количество моделей, берущих за основу самые различные структуры (см, например, обзор [4]), начиная с хрестоматийной концепции спиновых сетей Роджера Пенроуза [5] и заканчивая недавно предложенной моделью причинных множеств [6]. Большинство этих фундаментальных структур являются комбинаторными, то есть дискретными сущностями, которые подчиняются алгебраическим закономерностям. Дискретный характер этих сущностей отвечает фундаментальной квантовости природы на элементарном уровне. Это означает, что фундаментальные степени свободы на самом деле не являются непрерывными, и непрерывное пространство-время «распадается» на негеометрические элементы, из которых должно возникать в пределе суммы бесконечно большого числа таких элементов.

Вместе с непрерывным пространством-временем на элементарном уровне исчезают и все связанные с ним понятия: направление в пространстве или времени, геометрические законы, метрические поля и поля материи – все они должны возникать как новые «эмерджентные» свойства коллективного взаимодействия очень большого числа элементарных составляющих. Причем оказывается, что существует множество вариантов таких свойств и важно обосновать необходимость возникновения свойств именно той Вселенной, которую мы наблюдаем.

Изложенный выше реляционный взгляд на пространство-время обычно вызывает ряд вопросов. Рассмотрим некоторые из них.

**Вопрос:** Если пространство – абстракция, то что делать с его трехмерностью? Длина, ширина и высота – это количественные характеристики материальных объектов. Абстракция – это мыслеформа, отвлеченное понятие и количественных характеристик материального объекта не может иметь, иначе это уже не абстракция, а материальный объект.

**Ответ:** Да, все правильно, и неуклюжее слово «мыслеформа» вполне уместно; многие философы представляли пространство и время как мыслительные формы, вот хотя бы индийские йоги, у них мастер «видит кинокартину космоса,двигающуюся взад и вперед на экране его сознания. Таким образом, он знает, что время и пространство суть *измерительные формы мысли*, показывающей космические кинокартины» [7]. Что касается трехмерности пространства (или четырехмерности пространства-времени), то теория бинарных систем комплексных отношений, созданная в рамках реляционной идеологии, показывает, что именно такая сигнатура возникает естественным образом при рассмотрении систем отношений минимального ранга (самых простых).

**Вопрос:** Если пространство возникает только «от отношений между материальными телами», то одно материальное тело не может создать пространство?

**Ответ:** Смотря, что понимается под материальным телом. Если это макрообъект, то он состоит из огромного числа микрообъектов, находящихся во взаимоотношениях, которые и создают свойство протяженности макротела, а значит, и 3-мерное пространство, в которое оно погружено. Это как раз тот самый огромный ансамбль элементарных объектов, сумма отношений между которыми создает то, что мы называем пространством. Если же речь идет об одном микрообъекте, то – да, действительно, один элементарный объект не может создать непрерывного пространства, так как для перехода к непрерывности требуется бесконечно большое число дискретностей. Но вообще-то это вопрос чисто умозрительный, так как существование единственного объекта невозможно, хотя бы потому, что первичными являются отношения, а они предполагают не менее двух партнеров. А во-вторых, реляционная парадигма не склонна рассматривать изолированные системы, «вырезанные» из мира, ей свойствен глобальный подход, в духе принципа Маха, то есть стремление рассматривать всю Вселенную как единое целое.

**Вопрос:** Если пространство возникает только «от отношений», то какие конкретно процессы происходят в этих отношениях между материальными телами?

**Ответ:** «Процессы» происходят в пространстве и времени, поэтому говорить о них на элементарном уровне бессмысленно. Но можно сказать, что между объектами происходит обмен свойствами, вне времени и пространства. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен в следующем разделе.

## 2. Описание взаимодействий в рамках концепции дальнего действия

Второе положение реляционной концепции пространства-времени касается взаимодействия между физическими объектами. Всего в физике исторически сложились две теории взаимодействий: теория близкого действия и теория дальнего действия. Объяснить любителю науки, что такое близкое действие будет несложно, а вот с дальним действием все очень непросто, потому что повседневный опыт не дает нам примеров, как тела «взаимодействуют друг с другом непосредственно на расстоянии» [1. С. 158], при этом между ними ничего не распространяется. Некоторые ученые считают теорию дальнего действия научной архаикой, но в реляционной концепции тела взаимодействуют именно по принципу дальнего действия. Попробуем аргументировать эту позицию.

Анализируя концепцию близкого действия, можно заметить, что она таит в себе элемент обмана. Действительно, вся материя, в том числе то, что называется «полями», в конечном счете квантована, то есть существует в виде отдельных элементарных порций, а значит, взаимодействие между этими мельчайшими частями материи все равно передается непосредственно, без участия некоего промежуточного агента. Может быть, таким агентом является



само пространство-время, в соответствии с ОТО? Однако, ввиду положения № 1, пространство-время не имеет самостоятельного онтологического статуса, а значит, элементарное взаимодействие не удастся воплотить в чем-либо, имеющем пространственно-временное выражение. При таком положении вещей вполне естественно выглядит концепция дальнего действия.

Часто можно услышать сетования на то, что конкретные механизмы дальнего действия не описаны. Да, понимание и математическое описание таких механизмов есть сложнейшая задача, стоящая перед современными физиками-реляционистами. Какими бы они ни были, важно подчеркнуть, что в реляционной идеологии первичным является взаимоотношение объектов и его свойства, которые определяют эти объекты и их свойства, а не наоборот. Наглядным образом этого положения могут служить качели-коромысло, которые стоят на детской площадке и не придут в действие до тех пор, пока ими не воспользуется подходящая пара детей, именно пара – подходящих по весу и прочим параметрам, которые определяются конструкцией качелей. Кстати, первичный характер взаимодействия соответствует принципу экономии понятий – как минимум в два раза, ведь взаимодействующих объектов всегда не менее двух.

(Взгляд на отношения как нечто более важное, чем объекты, кажется естественным далеко за рамками физики; так, рассуждая о взаимоотношениях между людьми, мы прежде всего выделяем основные типы отношений – сотрудничество, дружбу, любовь, тогда как бесконечные конкретные реализации этих отношений с участием разнообразных партнеров оказываются вторичными.)

Итак, с реляционной точки зрения, взаимодействие не имеет пространственно-временного выражения, оно существует в возможности и реализуется, как только находится подходящая пара объектов, скажем, источник и приемник. В этой связи интересно вспомнить провокационный вопрос, часто задаваемый реляционистам оппонентами, – где находится энергия сигнала, передаваемая от источника к приемнику, во время его движения от первого ко второму? Очевидно, что если взаимодействие происходит вне времени и пространства, то сама постановка вопроса оказывается некорректной. Ситуация совершенно аналогична той, что складывается при использовании метода S-матрицы рассеяния, предложенного Ричардом Фейнманом. Этот метод предполагает, что реакции, в которых элементарные частицы обмениваются импульсами, спинами и другими параметрами, рассматриваются вне времени и пространства, которые просто оказываются не нужны для расчетов [8].

Вот как сам Фейнман говорил об этой «новой мысли» в нобелевской лекции: «Вместо того, чтобы говорить о волновых функциях, мы можем поступать следующим образом. Пусть у нас имеется некоторый источник, испускающий частицу, и детектор, который может ее обнаружить. Тогда мы можем определить амплитуду вероятности того, что источник испустит, а детектор уловит эту частицу. При этом нам не нужно будет уточнять, в какой именно момент времени частица была испущена источником или в какой именно момент времени она попала в детектор. Нам не требуется также фиксировать ни

одно из промежуточных состояний частицы. Достаточно найти амплитуду вероятности всего эксперимента в целом. А затем мы могли бы, не пользуясь никакими волновыми функциями, рассматривать вопрос о том, как изменится эта амплитуда, если на пути от источника к детектору возможно рассеяние, если повернуть систему, изменить углы и т. д.» [9]

Наконец, еще один вопрос, который перекликается с первым положением о пространстве-времени.

**Вопрос:** Если в концепции дальнодействия «НИЧТО не распространяется между телами», то как из «НИЧТО» возникает пространство?

**Ответ:** Имеется в виду, что между объектами не происходит процесса распространения чего-либо в пространстве и времени. Надо помнить, что первичными являются отношения и реализуются они не путем какого-либо процесса в пространстве-времени, а как некоторое правило, закон, определяющий свойства элементарных объектов, находящихся в этих отношениях. Коллективное поведение бесконечно большого числа таких объектов и приводит к наблюдаемым на макроуровне процессам, которые мы воспринимаем как происходящие в пространстве-времени.

### 3. Принцип Маха

Наконец, третье положение реляционной концепции, а именно, «обусловленность локальных свойств материи глобальными свойствами всего окружающего мира (принцип Маха)» вполне доступно для понимания любого образованного человека. Мы уже привыкли думать, что мир един и везде во Вселенной действуют одни и те же законы, которые и формируют эти самые «глобальные свойства». Однако самое простое для понимания положение одновременно и самое провокационное, потому что заставляет задуматься об источнике глобальных свойств и закономерностей окружающего мира.

**Вопрос:** Какие же свойства следует выбрать в качестве первичных – глобальные или локальные?

**Ответ:** Как и предыдущие два положения, принцип Маха тоже переворачивает наши интуитивные представления, основанные на повседневном опыте. Мах пишет: «Дело в том, что природа не начинает с элементов, как мы вынуждены начинать» [10. С. 199]. Мы воспринимаем свойства мира локально, здесь и сейчас, и не всегда отдаем себе отчет в том, что изучаемое нами – не изолированная система, а часть единой Вселенной. Идея о том, что сложное можно изучать, разделяя его на простое, наиболее привычен современной науке, основанной на анализе. Этому методу соответствует математический аппарат интегро-дифференциального исчисления, введенный в физику Ньютоном. Здесь уместно вспомнить приведенную выше цитату Брайана Грина о том, что, несмотря на господство в течение 200 лет, этому способу вычислений есть многообещающие альтернативы. В основе альтернативных методов лежат не непрерывные геометрические понятия, а дискретные величины, связанные алгебраическими законами. В самом деле, давно известно, что законы геометрии Евклида и Лобачевского можно записать в виде систем

алгебраических уравнений (которые следуют из равенства нулю определителей Кэли-Менгера или Грама). Если бы физика пошла по пути использования алгебраического, а не интегро-дифференциального исчисления, реляционная парадигма могла бы оказаться доминирующей.

В настоящее время на основе подобного математического аппарата создан ряд теорий: теория систем отношений, теория прямого взаимодействия, теория бинарных систем комплексных отношений, которые с успехом используются для построения физической картины мира в рамках реляционного подхода [Владимиров]. В книге можно найти подробное описание достигнутых результатов. Приведем яркий пример, связанный с принципом Маха.

В современной физической теории систему принято характеризовать некоторой величиной (функционалом действия, гамильтонианом, пр.), куда входят слагаемые двух типов, одни характеризуют свободное движение элементов системы, а другие – взаимодействие между ними. При этом подразумевается, что свободное движение тел происходит в независимом от них пространстве-времени. С точки зрения реляционной парадигмы право на существование имеют только члены второго типа, а введение первых выглядит искусственным приемом. Последовательное применение принципа Маха предписывает учитывать не только взаимодействие между парами элементов рассматриваемой системы, но и между каждым из них и всем остальным миром. Замечательно, что аккуратный учет такого взаимодействия с третьими партнерами (в рамках теории прямого взаимодействия) привел к появлению в функционале действия слагаемых, в точности равных тем, которые обычно вводятся для учета «свободного» движения. Таким образом, «свободное» движение оказывается «завуалированным результатом взаимодействия выделенного объекта со всеми частицами окружающего мира» [11].

В последние десятилетия формируется принципиально новый метод познания, так называемое системное мышление, созданный как альтернатива механистическому методу ньютоновской физики [12]. Это попытка выработать целостное представление обо всех явлениях: физических, биологических, социальных на основе единых принципов. Его ключевыми компонентами являются теория сложности, нелинейная динамика, фрактальная геометрия, теория аутопоэза, модели организации и сетевых структур и ряд других. Главный вывод, который делают авторы, состоит в том, что необходимо пересмотреть наше отношение к миру, исходя из коллективных интересов, которые будут гарантировать индивидуальное благополучие, а не наоборот, как было до сих пор, что и привело мир на грань экологической (а теперь, когда пишутся эти строки, и эпидемиологической) катастрофы.

### Заключение

Некоторые считают, что наука может и должна объяснить не только как устроен мир, но и почему он так устроен. Однако сегодня наука не уверена даже в том, что везде во Вселенной действуют одни и те же законы и что они неизменны во времени, не говоря уже о том, почему та или иная картина мира

должна быть предпочтительнее других. Уверенный ответ имеется только у людей, верящих в Бога, а такие есть и среди ученых. Остальным приходится полагаться на свою интуицию. Наверное, это и хорошо, что каждый из нас создает свою картину мира так, как ему кажется наиболее рациональным; ведь мы имеем возможность общаться друг с другом, а значит, корректировать наши представления, делая их все более совершенными в стремлении к единой картине мира. Самый важный вопрос – можем ли мы быть уверенными в том, что эта коллективно созданная картина будет правильной. Здесь есть два сильных аргумента. Во-первых, все мы – плоть от плоти части этого мира, все его законы работают внутри нас, в каждом атоме. Именно поэтому можно надеяться, что наша интуиция, основанная на опыте многочисленных поколений (включая и эволюцию еще неживой материи) дает нам верные ориентиры [13]. Ну а если этого недостаточно, есть еще один критерий – практика. Как сказал физик Дэвид Дойч в своей книге «Структура реальности», «Самолеты ведь летают» [14], имея в виду, что нам удастся воплотить задуманное. Тот же аргумент использован и в Веданта-сутрах: «Если бы всякое размышление было необоснованно, то все течение практической жизни людей было бы прекращено» [15].

#### **Благодарности**

Авторы выражают признательность Ю.С. Владимирову за постоянное внимание и поддержку работы по популяризации развиваемых им идей, а также А.В. Соловьеву за многочисленные обсуждения и полезные замечания, сделанные при подготовке данной статьи.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Владимиров Ю.С. От геометрофизики к метафизике: Развитие реляционной, геометрической и теоретико-полевой парадигм в России в конце XX – начале XXI века. Состояние и перспективы. М.: ЛЕНАНД, 2019. 408 с.
2. Rovelli C. Quantum Gravity. Cambridge Monographs on Mathematical Physics, 2004. P. 71.
3. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2017. 288 с.
4. Oriti D. The Bronstein hypercube of Quantum Gravity, arXiv:1803.02577v3 [physics.hist-ph]
5. Пенроуз Р. Путь к реальности, или Законы, управляющие вселенной». М., Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. 912 с.
6. Cortes M., Smolin L. Energetic causal sets, arXiv:1308.2206 [gr-qc] // Physical Review D. Vol. 90. Eid 044035.
7. Парамаханса Йогананда. Бхагавад Гита. М.: София, 2015. 1232 с.
8. Соловьев А.В. Проблемы описания физических взаимодействий в реляционной парадигме // Метафизика. 2018. № 1. С. 16–23.
9. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 214.
10. Мах Э. Механика: историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск. Респ. Типография, 2000. 456 с.
11. Владимиров Ю.С. Метафизика и фундаментальная физика. Книга 3: Реляционные основания искомой парадигмы. М.: ЛЕНАНД/URSS, 2017. 256 с.
12. Капра Ф., Луизи П.Л. Системный взгляд на жизнь: целостное представление. М.: УРСС, 2019. 512 с.

13. *Свердлик А.Г.* Как эмоции влияют на абстрактное мышление и почему математика так невероятно точна. М.: Едиториал УРСС, 2016. 256 с.
14. *Дойч Д.* Структура реальности. Наука параллельных вселенных. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. 430 с.
15. *Мюллер М.* Шесть систем индийской философии. М.: Альма Матер, Академический Проект, 2009. 432 с.

## RELATIONAL PARADIGM IN ASKS AND ANSWERS

**M.I. Suslova<sup>1</sup>, A.A. Sidorova-Biryukova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Moscow Society of Naturalists, Russian Philosophical Society*

<sup>2</sup> *Physical Faculty, Lomonosov Moscow State University*

What is the reason for a minor success of relational ideas in scientific and public society? Are they actually that weird as they seem at the first glance? Here we try to give a fresh-eye look to the relational cornerstones (secondary nature of space-time, action at a distance, and Mach's principle). We consider some typical questions usually asked by the opponents, both physicists and wide audience, to find some new arguments in favor of this concept.

**Keywords:** relational paradigm, space-time, action at a distance, Mach's principle.

**НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ О КОНЦЕПЦИИ ПРЕДГЕОМЕТРИИ,  
РАЗРАБОТАННОЙ Ю.С. ВЛАДИМИРОВЫМ  
И ПОЛОЖЕННОЙ ИМ В ОСНОВУ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ  
О ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ  
ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ**

**Л.Г. Антипенко**

*Институт философии Российской академии наук*

В программе физических исследований, сформулированной Ю.С. Владимировым и близкой к тем задачам, которые называются геометризацией физики, представлен оригинальный взгляд автора на сам творческий процесс в физике, начало которому положено в концепции физических структур Ю.И. Кулакова. *Метафизическую* концепцию Кулакова Владимиров использовал для создания геометрического образа мира с тем, чтобы перейти от него к исследованию структуры пространства-времени с последующим наполнением её физическим содержанием. В результате возникла *реляционная* теория пространства-времени, в основу которой положена аксиоматика, называемая предгеометрией.

В данной статье эта аксиоматика подвергается критическому осмыслению, отмечаются её положительные и отрицательные моменты. К числу недостатков автор *Замечаний* относит односторонний подход к понятию физического взаимодействия, где всякое воздействие или влияние одного физического объекта на другой представляется далекодействующим в том смысле, что действие передаётся без какого бы то ни было посредника и с бесконечной скоростью. Другая точка зрения: далекодействие должно быть дополнено близкодействием, ибо это два необходимых аспекта физической реальности. На них распространяется идея дополнительности Н. Бора: *contraria sunt complementa* (противоположности дополнительны).

**Ключевые слова:** предгеометрия, пространство, время, далекодействие, близкодействие, геометризация физики, геометрия Лобачевского.

В этих заметках хотелось бы остановиться на рассмотрении физико-математических предпосылок реляционной теории пространства-времени, созданной Ю.С. Владимировым, и высказать некоторые соображения по поводу отдельных её недостатков и перспектив дальнейшего развития. Основной недостаток разработанной автором предгеометрии, по нашему мнению, в одностороннем использовании в ней понятия далекодействия, о чём пойдёт речь ниже. Достоинство – аргументация в пользу того, что и пространство, и время имеют вероятностно-статистический характер, который скрадывается (в процедуре усреднения) в классической физике.

В целом же наши схождения и расхождения объясняются тем, что я строю свою пространственно-временную картину мира из более крупных блоков, или «кирпичей», – уже имеющихся в наличии, подготовленных

другими, а автор идёт от *ob ovo*. Поэтому уместно здесь будет поведать о тех предпосылках в решении данного вопроса, которые заимствованы мною у других незаурядных мыслителей. Среди них одно из первых мест принадлежит П.А. Флоренскому. Напомним кратко его концепцию организации пространства, тем более что она и сама по себе представляет немалый интерес для научного сообщества.

Хотя в его суждениях (речь идёт об одной из его работ) фигурирует только термин *пространство*, но сама постановка вопроса подводит нас и к понятию времени. Флоренский высказал идею об относительности разделения действительности на вещи, среду и пространство. Он указывал, что надо усвоить методiku понимания того, как складываются мысленные модели окружающего нас мира. Если обратиться к пространству и реальности, то обычно реальность строится из вещей и среды, затем всё это помещается в пространство. «В действительности нет ни пространства, ни реальности, – нет, следовательно, также вещей и среды. Все эти образования суть только вспомогательные приёмы мышления, и потому, само собою понятно, они могут и должны быть неопределённо пластичными, чтобы предоставить возможность мысли всякий раз достаточно тонко приспособиться к той части действительности, которая в нашем случае представляет предмет особого внимания» [1. С. 81]. Можно говорить, например, «что самые вещи – не что иное, как «складки» или «морщины» пространства, места особых искривлений его...» и т.п. [1. С. 83].

Однако при выборе модели, при рациональном познании, отмечает он далее, свойства действительности *куда-то* должны быть помещены, то есть в пространство или в среду с вещами. Однако *куда* именно – это не определяется с необходимостью самим опытом и зависит от *стиля* мышления и вообще от строения мышления, а не от строения опыта. «Пространство, вещи или среда, любое из этих мысленных образований можно считать первым и от него отправляться; но что бы ни было взято за первое, непременно выступят в дальнейшем или явно, или прикровенно и другие мысленные образования: каждое в отдельности, при построении модели действительности, бесплодно» [1. С. 83].

Сделав же выбор, «мы вынуждены, по крайней мере в пределах известного времени и известной области действительности, то есть в некотором круге сходимости, своего выбора держаться и быть ему верными» [1. С. 84].

Оценивая весомость *стиля* и опыта в познании, всё-таки я склонен придавать больший вес опыту. Тем не менее возникает необходимость сделать некоторую переоценку раздела между вещами и явлениями, с одной стороны, и пространством – с другой. Эта переоценка диктуется опытом и математикой. Что касается времени, то время не есть среда, которую можно было бы включить в пространство – это можно сделать, как показывает релятивистская теория и практика, лишь локально, в виде пространственно-временного интервала между событиями, рассматриваемыми в инерциальных системах отсчёта. В общей структуре не-евклидовой геометрии Лобачевского отношения между пространством и временем выглядят иначе. Однако свойства

и времени, и пространства оказываются относительными в плане зависимости от двух видов связи между вещами и событиями. Скажем так: протяжённые вещи порождают протяжённость пространства. Вещи или события, лишённые протяжённости, «уничтожают» пространство-время. В квантовой механике представление о протяжённости или её отсутствии связано с представлением о взаимодействии между вещественными и мнимыми точками. Элементарные частицы предстают как «голые» точки в сцепленных событиях, между которыми реализуется мгновенная связь. Мнимые же точки находятся под контролем волновой функции, и без них никак нельзя обойтись. Первым физиком, который это прекрасно понял, был Пауль Эренфест (1880–1933). Воспроизведём здесь его рассуждения, обратившись к описываемому им опыту.

«Для материальной частицы, – писал Эренфест, – значения функции  $\varphi$ , удовлетворяющие дифференциальным уравнениям, определяют непосредственно локальные значения плотности вероятности наличия этой частицы. Напротив, это не так для удовлетворяющих максвелловским уравнениям полей  $(H + iE)$ , характеризующих фотон.

Однако нарушение аналогии в принципе оказывается ещё более глубоким. Классические уравнения Максвелла представляют собой обычную теорию поля в четырёхмерном пространстве  $x, y, z, t$ . В первоначальной концепции де Бройля казалось естественным, что «волны материи так же должны подчиняться четырёхмерной теории поля, чётким подтверждением которой считались интерференционные эксперименты простейшего типа. Но мы лишились (быть может, не навсегда?!) веры в возможность такой теории поля, после того, как Шредингер для описания взаимодействия  $n$  электронов должен был использовать обобщение  $\varphi$ -функции на  $3n$ -мерное «конфигурационное» пространство, причём все сделанные до этого попытки сохранить четырёхмерный континуум потерпели неудачу» [2. С. 173].

В примечании к с. 173 говорится: «Мы уже привыкли забывать о возникающем здесь глубоком конфликте с одним из наших фундаментальных физических представлений, а именно с представлением о том, что прямая первичная взаимосвязь осуществляется в природе только между такими величинами, описывающими состояние, которые принадлежат к бесконечно близко расположенным точкам  $t, x, y, z$ . Шредингеровское же дифференциальное уравнение для двух электронов, напротив, требует взаимосвязи  $t$ -величин в бесконечно малой области  $t, x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$  – континуума, в которой  $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_1 - z_2)^2}$  может быть равно любому количеству километров. Мы должны всё время помнить о том, какой необычной теорией является волновое уравнение Шредингера, если мы должны сохранить свою приверженность к четырёхмерной теории близкодействия».

Во всём этом, по мнению Эренфеста, замешана мнимая единица [2. С. 171, 172]. Но важно отметить здесь, что в его концепции квантовой механики (математический формализм и интерпретация) присутствуют именно две связи между событиями и вещами – близкодействие и дальнодействие (мгновенно устанавливаемая связь).



Теперь обратимся к сравнительному анализу того, как представлены эти концепции у П. Эренфеста и у Ю.С. Владимирова. «Заметим, – пишет Юрий Сергеевич, – что термин *дальнодействие* в литературе трактуется по-разному. Во-первых, данное понятие может означать взаимодействие между двумя объектами, передающееся на расстоянии без посредников. Во-вторых, этот термин часто ассоциируется с передачей воздействия одного объекта на другой с бесконечной скоростью безотносительно к наличию посредника. В-третьих, данный термин иногда связывается с тем, как быстро с расстоянием убывают соответствующие силы или потенциалы» [3. С. 164]. Автор избирает *передачу воздействий без посредников*.

В теорию дальнодействия входит теория бинарных систем комплексных отношений (БСКО), составляющая основу бинарной геометрофизики. Постулируется, «что элементы БСКО ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами. Таким образом, на спинорное исчисление, давно используемое для описания элементарных частиц, можно посмотреть как на проявление в физике микромира БСКО минимально невырожденного ранга (3,3)» [3. С. 186].

Далее: «При введении бинарной геометрии неизменно возникает вопрос об интерпретации двух множеств новой геометрии: как понимать два множества элементов и как они соотносятся с точками единого множества общепринятой геометрии? Анализ показывает, что два множества элементов БСКО следует воспринимать в духе квантово-механических закономерностей, описывающих переход между двумя состояниями микросистем. Одно множество элементов БСКО характеризует начальное состояние системы, а второе – конечные состояния. При этом комплексные парные отношения, связывающие элементы противоположных множеств, представляют собой *прообразы амплитуды вероятности перехода системы из одного состояния в другое*. Отметим, что данная интерпретация вполне соответствует трактовке Аристотелем понятия движения. Он утверждал, что система не может находиться одновременно в исходном и конечном состояниях, а должно быть нечто третье, что их связывает и переводит возможность в действительность. Таковым третьим в данном подходе являются комплексные отношения между элементами двух видов. Примечательно, что на подобную связь квантово-механических понятий с воззрениями Аристотеля неоднократно обращал внимание В. Гейзенберг» [3. С. 187].

С чем я не могу согласиться в этой конструкции, хотя в красоте ей не откажешь, так это с тем, что точки предгеометрии остаются неизменными, «застывшими» в своём бытии. Можно ли в таком случае эту самую точку интерпретировать как элементарную частицу в квантовой физике? У электрона, например, есть внутренняя степень свободы – спин. А неизменная точка может вращаться? В моём представлении аналогичная точка получает такую возможность, потому что она, будучи маркированной комплексным числом, неизменно существует со своей ипостасью – комплексно сопряжённым числом. Их (эти ипостаси) нельзя разделить по той простой причине, что в физическом ракурсе они постоянно переходят друг в друга, отчего и реализуется вращение. А вот моделью такого движения и вращения служит не-евклидова

геометрия Лобачевского. Там, на прямой Лобачевского, вы найдёте вещественные и мнимые точки. Более того, на прямой Лобачевского вы можете выделить множество мнимых точек и представить его в качестве модели времени, поскольку мнимая единица может быть представлена со знаком плюс и со знаком минус. Но тогда вы должны считаться с тем, что времени позволено течь как в прямом, так и в обратном направлении. Очевидно, что эти две противоположные тенденции будут сочетаться с разными по весу вероятностями [4].

Высказанные выше суждения согласуются с предгеометрией по части статистики.

А разница заключается в том, что время автор предгеометрии трактует непременно как односторонний переход начального (квантового) состояния в конечное. Но ведь конечное состояние частицы в квантовой механике – это остановка её движения, фиксация в определённом месте в пространстве, что и называется редукцией волновой функции, имеющей место при процедуре измерения. Однако до всякой процедуры измерения время расходуется на процесс эволюции квантовой системы, описываемой уравнением Шредингера (или уравнением Дирака в релятивистском варианте квантовой механики).

В общем здесь встаёт очень важный вопрос: как избежать произвола при физической интерпретации математических терминов и закономерностей? В нашем конкретном случае, как представляется, надо учитывать естественный способ перехода от геометрии к физике. Не-евклидова геометрия Лобачевского как раз предоставляет такую возможность. В её структуре фигурирует размерная величина, известная под названием «абсолютная длина». Эта константа Лобачевского (обозначим её символом  $k_L$ ) входит в семейство физических констант, таких как универсальная постоянная Планка  $h$  или скорость света  $c$ , и изучение её отношений с этими константами позволяет получать определённые научные результаты. Но в данном контексте особенно существенно то обстоятельство, что константа Лобачевского определяет меру линейного множества вещественных точек, за которым располагаются мнимые точки. При  $k_L \rightarrow \infty$  геометрия Лобачевского превращается в геометрию Евклида, все мнимые точки удаляются с геодезической линии и она превращается в прямую Евклида.

Юрий Сергеевич обращается за поддержкой своей теории к В. Гейзенбергу, к той его цитате, в которой он ссылается на Аристотеля. Гейзенберг там пишет: «Позднее (после Платона. – Л.А.) понятие материи играло важную роль в философии Аристотеля – в его идеях о связи формы и материи, формы и вещества. Всё, что мы наблюдаем в мире явлений, представляет собой оформление материи. Материя, следовательно, является реальностью не сама по себе, но представляет собой только возможность, «потенцию», она существует лишь благодаря форме» [5. С. 89]. С этим, в свете квантовой физики, нельзя не согласиться, но при условии безотрывности формы от времени. Нельзя ведь отрицать того, что волновая функция есть форма, но разве она лишена времени? (Стоило бы прочесть по данному предмету Мартина Хайдеггера, друга Гейзенберга).

Ответ на вопрос о сущности пространства и времени приблизится в большей степени к истине, если мы обратимся с этим вопросом также к сотрудникам Гейзенберга – Г.-П. Дюрру, К.Ф. фон Вайцеккеру, В. Паули. Обсуждая уравнение Гейзенберга, созданное им, по его замыслу, для описания динамики и связи всех элементарных частиц, Дюрр и Вайцеккер напомнили об идее Паули о «раздвоении и уменьшении симметрии». «Раздвоение» подчиняется диалектическому принципу Н. Бора: *contraria sunt complementa* (противоположности дополнительные). Но Паули наделил один из этих противоположных полюсов (тот или другой) тенденцией к уменьшению симметрии. Тем самым было предсказано одно из самых значительных открытий в современной квантовой физике. Предсказано оно было Дюрром. Прочитируем его высказывание: «Нам кажется, что смысл раздвоения понят нами теперь, по крайней мере, в одном случае право-левой симметрии. Раздвоение действительно возникает за счёт того, что в теории относительности масса элементарной частицы выражается квадратным уравнением, имеющим два решения. Но уменьшение симметрии, надо сказать, ещё намного более интересно» [5. С. 347]. Выражение массы элементарной частицы квадратным корнем приводит к тому, что электрон предстаёт композитной частицей, в которой масса являет себя как средне-вероятностная величина, рассчитываемая по амплитудам вероятности в суперпозиции её отрицательного и положительного значений. Однако и это ещё не все результаты, к которым приводит идея Паули. «Из наличия такой ситуации, – говорит Дюрр, – с необходимостью следует – доказательства я сейчас не буду приводить, что должны существовать силы большей дальности действия, или элементарные частицы с исчезающей малой массой покоя» [5. С. 348] (подробнее см. в работе [4]).

Из наличия такой ситуации следует, что время и пространство (временная длительность и пространственная протяжённость) исчезают, когда мы рассматриваем дальнодействующую (мгновенную) связь между вещами и явлениями. Но одно дело – исчезновение пространства и времени при определённых обстоятельствах, и совсем другое дело, когда их заранее вообще нет, что мы видим в предгеометрии. Для меня без времени никакого бытия нет и быть не может. Есть только привация (недостача) времени при не-силовых (В.А. Фок) связях. Паули солидаризировался в этом вопросе с «мистическим» мировидением К. Юнга [6].

Возвращаясь к предисловию, можно сказать так: точки, лишённые протяжённости, обусловлены именно наличием такой мгновенной связи между объектами, представленными точками. В предгеометрии даётся её обоснование. Но в физике она не единственная.

В книге «Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий», изданной в 1996 году, Юрий Сергеевич во введении изложил по пунктам систему понятий, удовлетворяющих тем условиям, при которых может или должна быть создана реляционная теория. Воспроизведём этот перечень.

1. Она должна дать прообраз классических пространственно-временных отношений, опирающийся на собственную (не зависящую от классических) систему представлений.

2. Фундаментальные понятия такой теории должны быть пригодны для описания квантово-механических закономерностей.

3. Основные понятия теории должны описывать как прообраз пространственно-временных отношений в микромире, так и характеристики известных физических взаимодействий элементарных частиц.

4. Теория должна отвечать на вопрос: как перейти от системы отношений в микромире к классическим пространственно-временным отношениям?

5. От теории ожидалось обоснование ряда ключевых свойств классического пространства-времени, в частности наблюдаемой 4-мерности и сигнатуры (ответ на вопрос Э. Маха: «Почему пространство трёхмерно?»).

6. Теория призвана также прояснить вопрос о природе и особенностях (классификации) скрытых размерностей в многомерных теориях Калуцы–Клейна [7. С. 10–11].

Развитие теории такого рода, пишет автор, преследует и ряд других более отдалённых целей, таких как достижение прогресса в построении теории великого объединения физических взаимодействий, решение проблемы расходимостей в теории поля, построение квантовой гравитации и т. п. [7. С. 11].

Полагаем, что было бы на пользу делу, если бы автор составил краткий обзор тех задач, которые перечислены в шести вышеуказанных пунктах с отчётом о том, какие из них и в какой мере выполнены в порядке развития теории к настоящему времени. Во всяком случае, это было бы интересно для читателей. Но есть один решающий (сrucial) момент для реляционной теории пространства-времени, входящий в перечень *более отдалённых* целей. Его стоило бы поставить на одно из первых мест. Речь идёт о перенормировках и расходимостях.

Тут следовало бы получить, по моему мнению, ответы на следующие вопросы. Что значит превращение безразмерной точечной частицы (я, естественно, не упускаю из виду различие между физической частицей и её геометрическим образом) в объект, имеющий протяжённость в пространстве и времени? Что значит связанная с этим процедура перенормировки массы и электрического заряда электрона в рамках (для начала) квантовой электродинамики? Каков теоретический статус этой процедуры: имеет ли она какое-то логико-математическое оправдание или проводится сугубо *ad hoc*? Получив ответы на эти ключевые вопросы, можно было бы добраться и до супергравитации с её струнами и бранами, поставленными на место безразмерной точки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Флоренский П.А., священник. Собр. сочинений: статьи и исследования по истории и философии, искусства и археологии. М.: Мысль, 2000. 446, [1] с.
2. Эренфест П. Относительность. Кванты. Статистика: сборник статей. М.: Наука, 1972. 359 с.
3. Владимиров Ю.С. Пространство-время. Явные и скрытые размерности. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. 206 с.

4. *Антипенко Л.Г.* К вопросу о двуспинорной интерпретации решения квантово-релятивистского уравнения Дирака, описывающего свободное движение электрона // Успехи физических наук: трибуна. URL: <https://ufn.ru/tribune/trib6p.pdf>
5. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое / пер. с нем. М.: Наука, 1990. 400 с.
6. *Jung C.G., Pauli W.* The Interpretation of Nature and the Psyche. London: Routledge & Kegan, 1955.
7. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Ч. 1: Теория систем отношений. М.: Изд-во МГУ, 1996. 262 с.

**A FEW REMARKS ON THE CONCEPT OF PREGEOMETRY  
DEVELOPED BY YU.S. VLADIMIROV AND LAID BY HIM  
THE BASIS OF IDEAS ABOUT THE PHYSICAL  
AND MATHEMATICAL STRUCTURE OF SPACE-TIME**

**L.G. Antipenko**

*Institute of Philosophy, RAS*

In the program of physical research, formulated by Yu.S. Vladimirov and close to those tasks that are called the geometrization of physics, the author presents an original view on the creative process in physics, which began with the concept of physical structures of Yu.I. Kulakov. Vladimirov used Kulakov's *meta*-physical concept to create a geometric image of the world in order to move from it to the study of the structure of space-time with subsequent filling it with physical content. The result is a *relational* theory of space-time, which is based on axiomatic called pregeometry.

In this article, this axiomatics is subjected to critical reflection, its positive and negative points are noted. Among the shortcomings, the author of the *Remarks* refers a one-sided approach to the concept of physical interaction, where any effect or influence of one physical object on another seems to be long-range in the sense that the action is transmitted without any intermediary and at infinite speed. Another point of view: long-range action should be supplemented by short-range action, because these are two necessary aspects of physical reality. The idea of complementarity of N. Bohr extends to them: *contraria sunt complementa* (opposites are complementary).

**Keywords:** pregeometry, space, time, long-range, short-range interaction, geometrization of physics, Lobachevsky geometry.

**ОТВЕТ НА ЗАМЕЧАНИЯ  
(КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ Л.Г. АНТИПЕНКО)**

**Ю.С. Владимиров**

*Физический факультет Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова,  
Институт гравитации и космологии РУДН*

В статье предлагается ответ на высказанные Л.Г. Антипенко замечания по развиваемой в нашей группе реляционной картине мира, а также по предложению Антипенко поясняются основания бинарной предгеометрии и показывается, что уже удалось осуществить в рамках данного направления исследований.

**Ключевые слова:** концепции дальнего действия и ближнего действия, реляционная и субстанциональная концепции пространства-времени, бинарная предгеометрия, квантовая механика.

Прежде всего, хотелось бы выразить благодарность Л.Г. Антипенко за поставленные вопросы и замечания по развиваемой в нашей группе реляционной картине мира, опирающейся на три неразрывно связанные друг с другом составляющие: 1) реляционную трактовку природы пространства-времени, 2) концепцию дальнего действия и 3) принцип Маха. Вопросы и замечания Антипенко для меня особенно важны в связи с тем, что в составленной мною книге «Природа пространства-времени. Антология идей» [1] среди приведенных там идей на эту тему, высказанных мыслителями прошлого и настоящего, были помещены и мысли о концепции дальнего действия Л.Г. Антипенко. В частности, там было его высказывание: «Концепции дальнего действия и ближнего действия в современной физике приобретают, образно говоря, стратегическое значение». В этом я полностью согласен с Антипенко.

Однако в наших подходах к данной проблеме имеется принципиальное различие: наша программа опирается на концепцию дальнего действия (в неразрывном единстве с двумя другими составляющими), тогда как Антипенко пытается мыслить в духе диалектического единства дальнего действия и ближнего действия. Отсюда у него возникает ряд замечаний и вопросов по нашей программе.

Отметим, что среди известных физиков был ряд лиц, отстаивавших концепцию дальнего действия. Среди них следует особо выделить Р. Фейнмана и Я.И. Френкеля. Однако их позиция выглядела недостаточно убедительной по той причине, что они игнорировали первую составляющую – реляционную трактовку природы пространства-времени, согласно которой пространство-время не является первичной сущностью (категорией) физики, а представляет

собой абстракцию от совокупности отношений (расстояний, интервалов и т. д.) между телами и событиями. Именно так трактовали пространство и время Г. Лейбниц, Р.И. Бошкович, К.Ф. Целльнер, Э. Мах и ряд других известных мыслителей (см. [2]).

Известно, что под напором мнений окружающих коллег Фейнман и Френкель вынуждены были отступить. Однако если бы они опирались на реляционное понимание природы пространства-времени, то использование ими концепции дальнего действия выглядело бы неизбежным. Но в этом случае дискуссия переместилась бы на многовековую проблему выбора между реляционным и субстанциальным пониманиями природы пространства-времени, где в XX веке большинство (причем так обстоит дело до сих пор) выступало за субстанциальное понимание пространства-времени – с эфиром, вакуумом или без них.

История естествознания свидетельствует о том, что в понимании физической картины мира испокон веков были представлены две пары противоположностей: дальнее действие или близкое действие и реляционное или субстанциальное понимание пространства-времени, причем концепция дальнего действия соответствует реляционному пониманию пространства-времени, а концепция близкого действия – субстанциальному. Таким образом, следует говорить не отдельно о противоположностях «дальнее действие – близкое действие», а об альтернативе двух пар концепций.

В XX веке, уже после создания специальной теории относительности, реляционный взгляд на пространство-время вместе с концепцией дальнего действия оказались на обочине развития физики. Это случилось, во-первых, из-за субстанциальной трактовки пространства-времени Эйнштейном и другими создателями ОТО и, во-вторых, из-за формулировки квантовой механики в рамках теории поля. Развиваемая нами реляционная картина мира призвана воскресить обсуждение физики с позиций реляционного понимания пространства-времени и концепции дальнего действия (плюс принципа Маха) и тем самым выявить возможности реляционной картины мира в разрешении назревших проблем современной фундаментальной физики.

Уже проведенный анализ показывает значительные преимущества реляционной картины мира перед субстанциальной. Она помогает ответить на ряд накопившихся вопросов современной фундаментальной теоретической физики, в чем я пытаюсь убедить коллег в своих статьях и книгах (см., например, [3–6]).

На данном направлении исследований на первое место ставится реляционное понимание природы пространства-времени, причем ключевой считается проблема вывода классических пространственно-временных представлений из некоей самостоятельной системы понятий и принципов (реляционного характера), присущих физике микромира. В последнее время эта мысль все чаще высказывается видными физиками, математиками и философами. Это подкрепляется крепнущей убежденностью современных физиков в том, что в микромире понятия классического пространства-времени теряют силу.

В статье Антипенко приведены (напомнены) задачи, на решение которых были нацелены наши исследования. Постараюсь охарактеризовать, насколько за прошедшее время нам удалось это осуществить.

1. Мы полагаем, что уже давно получен ответ на первый вопрос: что представляет собой «*собственная (не зависящая от классических) система представлений*». Мы опираемся на совокупность абстрактных понятий, никак не связанных с общепринятыми представлениями о классическом пространстве-времени. В основу кладется, во-первых, наличие некоторого множества абстрактных элементов (такowymi могут быть частицы, тела, события), между которыми имеют место некие отношения (расстояния, интервалы и т. д.), характеризующие вещественными или комплексными числами). Во-вторых, полагается, что это не произвольные отношения, а связанные неким алгебраическим законом. В-третьих, полагается, что этот закон выполняется для любой выборки из  $n$  элементов. В группе Ю.И. Кулакова и Г.Г. Михайличенко [7] на основе этих положений были записаны функционально-дифференциальные уравнения и из их решений были найдены возможные законы и виды парных отношений. В частности, оказалось, что среди них есть системы отношений, соответствующие используемым в современной физике геометриям с симметриями: Минковского, Лобачевского, Римана (с постоянной положительной кривизной) и др. Построенная на этой основе теория её авторами была названа теорией физических структур, а в нашей группе используется её более точное название – **теория систем отношений**. Именно её понятия мы считаем прообразом классических пространственно-временных представлений.

2 и 3. Имеются ответы на второй и третий пункты – о *пригодности развиваемой теории для описания закономерностей микромира и квантовой механики*. Решение этих вопросов основано на том, что в группе Кулакова–Михайличенко было построено два вида теорий систем отношений: 1) на одном множестве элементов и 2) на двух множествах элементов, причем они строятся по одним и тем же правилам. При этом доказано, что нет аналогичных содержательных теорий на трех видах множеств. Поскольку теории на одном множестве элементов соответствуют общепринятым геометриям, то обнаружение теорий систем отношений на двух множествах следует трактовать как открытие новых видов геометрий на двух множествах элементов – **бинарных геометрий**.

При этом сразу же встает вопрос о физическом смысле бинарных геометрий. В группе Кулакова–Михайличенко пробовали применять эти геометрии для реляционного пересмотра ряда классических закономерностей типа закона Ньютона, закона Ома и т. д. В нашей же группе предложено использовать бинарные геометрии для описания закономерностей физики микромира, главным образом – квантовой теории в S-матричной формулировке, где два множества элементов соответствуют начальным и конечным состояниям микросистем, а парные отношения между элементами двух типов – прообразу амплитуды вероятности переходов системы из одного в другое состояние. Этот подход также соответствует (с оговорками) фейнмановским принципам



квантования. При этом пришлось комплексифицировать теорию бинарных систем. Такую теорию было решено назвать либо **бинарной геометрофизикой**, либо **бинарной предгеометрией**.

В рамках бинарной предгеометрии удалось получить ряд важных результатов, таких как обоснование спинорной структуры элементарных частиц, их описание биспинорами. При этом ключевое значение имеют бинарные системы комплексных отношений (БСКО) минимальных рангов (размерностей) (2,2) и (3,3). Именно элементы БСКО ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами. Более того, в рамках бинарной предгеометрии построена теория атомов без обращения к уравнениям Шредингера, Клейна–Фока или Дирака. Особо подчеркнем, что группа Кулакова–Михайличенко не применяла развитый ими математический аппарат для решения поставленных в нашей группе задач.

**4 и 5.** Конечно, *ключевым моментом в развиваемой программе является переход от бинарных геометрий к общепринятым геометриям и обоснование при этом известных свойств классического пространства-времени*. Уже в группе Кулакова–Михайличенко было показано, что системы отношений на одном множестве элементов можно понимать вторичными – их можно образовать из теории бинарных систем отношений своеобразной склейкой элементов двух множеств в новое множество из одного вида элементов. То же самое достигается и в рамках бинарной геометрофизики, – из нее строится унарная 4-мерная геометрия с сигнатурой (+ – – –).

Таким образом, если положить, что основы мироздания представлены закономерностями, описываемыми бинарными системами отношений, то можно ответить на уже давно обсуждаемые вопросы: **Почему пространство трехмерно? Почему пространство-время 4-мерно? Почему в классическом пространстве-времени метрика описывается квадратичными выражениями?** И т. д.

Переход от бинарной геометрофизики к унарной геометрии соответствует давно известной процедуре образования 4-мерных векторов из 2-компонентных спиноров. Все это свидетельствует в пользу названия развиваемой теории **бинарной предгеометрией**.

6. Наконец, нам удастся ответить и на *вопрос о физическом смысле дополнительных размерностей в теориях типа Калуцы*. Ответ основан на том, что описываемые в рамках бинарной предгеометрии частицы уже по своему определению являются заряженными, а нейтральные частицы (тела) возникают уже после формирования из бинарной предгеометрии классических пространственно-временных представлений. Таким образом, более первичными оказываются не классические четыре размерности, а понятия, связанные с заряженными частицами, что и описывается с помощью дополнительного пятого измерения в теории Калуцы.

Все это подробно описано в ряде наших книг [3–8], причем наиболее обстоятельно это намечено изложить в серии из трех книг с общим названием «Реляционная картина мира». Первая книга с подназванием «Реляционная концепция геометрии и классической физики» уже принята к печати

в издательстве УРСС. Вторая книга с подназванием «От бинарной предгеометрии к геометрии» готовится к печати. Третья книга будет посвящена реляционному описанию сильных и электрослабых взаимодействий.

Кроме того, отвечу на ряд других вопросов и замечаний, содержащихся в статье Л.Г. Антипенко. Во-первых, это касается проблемы устранения расходимостей в современной квантовой теории поля. Как нам представляется, появление расходимостей в современной физике обусловлено либо интегрированием по пространственно-временному континууму, либо распространением закономерностей теории в те области, где эта теория перестает работать. Первая группа расходимостей устраняется в бинарной геометрофизике тем, что она имеет дело с дискретным набором элементов – в ней отсутствует пространственно-временной континуум. В связи с этим приведу высказывание Р. Фейнмана: «В то же время теория, согласно которой пространство непрерывно, мне кажется неверной, потому что она приводит к бесконечно большим величинам и другим трудностям» [8]. О второй причине появления расходимостей уже неоднократно говорил ряд физиков: их следует воспринимать как «звонок сверху» о том, что в этой области используемые представления перестают работать. Это относится к расходимостям как в квантовой теории поля, так и в общей теории относительности.

В аннотации статьи Л.Г. Антипенко говорится о якобы нацеленности нашей программы на геометризацию физики. Это не совсем так, поскольку под геометризацией физики принято понимать описание физических взаимодействий в рамках геометрической парадигмы, то есть в духе общей теории относительности и ее обобщений в виде 5-мерной теории Калуцы, теории Вейля или других вариантов. В данном случае речь идет об обратном, – скорее, о выводе геометрии из закономерностей физики. В связи с этим хочется напомнить высказывание нидерландского математика Д. Ван Данцига: «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. ...Недостаточно ясно, какие логические или эпистемологические преимущества у интерпретации части геометрического объекта, как, скажем, электромагнитного поля, а не наоборот» [9].

В статье Антипенко поднимается вопрос об описании спина элементарных частиц, если их воспринимать как точечные. Дело в том, что восприятие частиц точечными предполагает при этом наличие классических пространственно-временных представлений о точке, тогда как в бинарной предгеометрии речь идет об элементах бинарного множества, что не означает их точечности.

Кроме того, следует коснуться упоминаемых Л.Г. Антипенко высказываниях П.А. Флоренского. Это действительно очень любопытные высказывания, которые физикам следует иметь в виду. В уже упоминавшейся книге «Природа пространства и времени. Антология идей» предлагался раздел с высказываниями Флоренского такого рода, однако выяснилось, что имеются наследники Флоренского, которые пытаются извлекать для себя выгоду

от издательств, публикующих материалы П.А. Флоренского. По этой причине издательство вынуждено было изъять этот раздел из книги.

В заключение хочу поблагодарить Леонида Григорьевича Антипенко за высказанные вопросы и замечания, позволившие мне лишней раз охарактеризовать развиваемую нами программу построения реляционной картины мира.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Природа пространства и времени. Антология идей. М.: ЛЕНАНД, 2015.
2. *Антипенко Л.Г.* Концепции дальнего действия и ближнего действия в современной физике // Физическая наука и философия: сб. М.: Наука, 1973. С. 154.
3. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
4. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция пространства-времени и взаимодействий. Ч. 1: Теория систем отношений. М.: Изд-во Московского университета, 1996.
5. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция пространства-времени и взаимодействий. Ч. 2: Теория физических взаимодействий. М.: Изд-во Московского университета, 1998.
6. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016 (второе издание, первое издание было в 2012 г.).
7. *Кулаков Ю.И.* (С дополнением Г.Г. Михайличенко). Элементы теории физических структур. Новосибирск: Изд-во Новосибирского гос. университета, 1968.
8. *Фейнман Р.* В поисках новых законов // Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 184.
9. *Dantzig D. van.* On the relation between geometry and physics and concept of space-time // *Funfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel, 1955. Bd. 1. S. 569.*

#### ANSWER TO COMMENTS (COMMENT FOR THE ARTICLE OF L.G. ANTIPENKO)

**Yu.S. Vladimirov**

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

The article proposes an answer to those expressed in our group by L.G. Antipenko comments on the development of the relational picture of the world, as well as on the proposal of Antipenko, explain the foundations of binary pregeometry and show what has already been carried out in the framework of this research area.

**Keywords:** concepts of long-range and short-range, relational and substantial concepts of space-time, binary pregeometry, quantum mechanics.

---

---

# МЫСЛИ ИЗ ПРОШЛОГО

---

---

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2-131-143

## РЕЛЯЦИОННАЯ ПРОГРАММА ПОСТРОЕНИЯ ФИЗИКИ К.Ф. ФОН ВАЙЦЕККЕРА

А.Ю. Севальников, А.В. Родина

*Институт философии Российской академии наук*

Работа посвящена ключевым идеям К.-Ф. фон Вайцеккера. В центре внимания находится его книга «Aufbau der Physik», посвященная построению единого физического знания. Утверждая, что квантовая механика является универсальной физической теорией, Вайцеккер ищет пути ее построения. Отталкиваясь от логики временных высказываний и вводя понятие Первоальтернативы (Ur-Alternativen), тесно связанной с понятием возможности, Вайцеккер приходит к построению квантовой теории. Он показывает, что на ее основе может быть получена теория относительности, выведена структура пространства, имеющая реляционный характер.

**Ключевые слова:** единство физики, теория, опыт, время, пространство, квантовая теория, теория относительности.

Уже в самом начале книги «Aufbau der Physik», в Предисловии, Вайцеккер ставит масштабную задачу. Речь идет о единстве физики, которое в XX веке стало раскрываться в совершенно неожиданной форме. Речь идет об особом «понимании» квантовой механики. Вайцеккер исходит из того, что квантовая механика является наиболее фундаментальной физической теорией. Он не без оснований считает, что из нее может быть выведена теория относительности, а также теория взаимодействия элементарных частиц. Если такая попытка увенчается успехом, то мы «еще на шаг», по словам Вайцеккера, приблизимся к единству физики, а на самом деле фактически и достигнем такого единства. Такое понимание единства, в свою очередь, может служить предпосылкой понимания его философского смысла с неизбежно вытекающим отсюда стремлением раскрытия единства действительности.

В начале своей книги Вайцеккер выделяет имена Альберта Эйнштейна, Нильса Бора и Вернера Гейзенберга. Хотя на страницах книги в объеме почти 700 страниц возникают десятки имен физиков и философов, но именно эти три фигуры являются ключевыми для понимания замысла всей книги. Автор

отмечает: «Эйнштейн был гением века. Теория относительности – результат его труда, благодаря ему нашла свою дорогу квантовая теория. Все более молодые шли по пути, проложенному результатами его исследований. Бор был мастером в постановке вопросов в атомной теории. Он проникал в области, к которым Эйнштейн был глух; завершение квантовой теории было выполнено его учениками. Гейзенберг с помощью квантовой механики сумел сделать первый шаг по твёрдой земле. Среди поколения завершителей квантовой теории он был *primus inter pares*. В качестве равных ему, пожалуй, можно назвать Дирака, Паули, Ферми. Возникновение новой физики было результатом коллективной работы» [1. S. 15].

Лично с Эйнштейном Вайцеккер никогда не встречался, он отмечает, что его величие он понимал от десятилетия к десятилетию все лучше и лучше. В физику автор приходит в 15 лет благодаря счастливому случаю, встретившись в Копенгагене с В. Гейзенбергом. «Он привёл меня в физику, научил меня ей как профессии и пониманию её красоты и стал другом на всю жизнь» [1. S. 16]. Нильс Бор в 19 лет открывает ему философское измерение физики. «Тем самым он дал мне то, что я искал в физике. На его примере я научился понимать, какое воздействие Сократ должен был оказывать на своих учеников» [1. S. 16].

Желанием понять квантовую механику Вайцеккер загорелся в апреле 1927 года, сразу после того, как Гейзенберг рассказал ему о принципе неопределенности, работа, которая тогда еще не была опубликована. По его же признанию, еще в 1954 году он не понимал квантовой механики. Он осознает, что понимание КМ должно быть связано с радикальным выходом за рамки классического мышления. В это же самое время он понимает, что такой выход должен осуществляться уже в рамках логики, и только в 1963 году, по его словам же, он сообразил, что речь должна идти о логике времени. Центральная же роль времени стала ясна ему еще в 1939 году, когда он работал над Вторым законом термодинамики. Путь к логическому обоснованию КМ был очень долгим. Только в 1971 году был опубликован промежуточный результат. Такой длинный путь объяснялся тремя обстоятельствами. Первый – это сама трудность самого предмета исследования. Второе, по словам автора, было связано с «узкими границами» его математических способностей. И третье, немаловажное, обстоятельство было связано с тем, что из его коллег практически никто не интересовался такой постановкой вопроса. По его же словам, «путь этих размышлений лежал в стороне от благополучного маршрута предметного исследования в физике. Даже Гейзенберг, который позволял мне постоянно сообщать ему о результатах и проблемах моей работы, говорил мне: «Ты на верном пути. Но я не могу тебе помочь. Я не могу мыслить настолько абстрактно» [1. S. 17].

Онтологический базис для такой работы давала философия. Вайцеккер – пример редкого человека в современном мире, который успешно совмещал профессиональную деятельность как физика-теоретика, так и философа. На страницах его работ мы видим полное погружение в работы и философские идеи Платона, Аристотеля, Декарта, Канта, Фреге, Хайдеггера, ряда других

философов. Именно здесь он и черпает основание для своего «Построения физики». Вайцзеккер озвучивает один из своих основных методов – метод «прохождения по кругу». На каждом новом этапе он возвращается к исходной тематике, но уже на более высоком и более абстрактном уровне. Если посмотреть на ту задачу, которую пытается решить Вайцзеккер, то вывод здесь один. Отталкиваясь от абсолютного непознаваемого парменидовского Единого, он пытается выстроить целостную картину физического мира. Это та же философская задача, которая стояла перед Платоном, Аристотелем и Кантом. Он пытается вывести структуру физического мира исходя из единых философских и физических предпосылок. Автор признается, что работа еще не закончена. Несмотря на масштабность, даже грандиозность работы, в целом это только проект, который еще ждет своего завершения.

Основная тема книги автора – понимание единства природы через единство физики. Историческим образом единства физики является последовательность или структура замкнутых теорий. Под замкнутой теорией, как и у Гейзенберга, понимается такая теория, которая не может быть улучшена при помощи небольших изменений. По мнению автора, наиболее всеохватывающей замкнутой теорией является квантовая теория. Такая теория строится в математической форме, применяемые при этом математические понятия получают физическое значение (семантику) за счёт применения того способа, каким обиходный язык описывает наши отношения с природой. Определённые фундаментальные высказывания теории характеризуются как законы природы. Автор задается вопросом – как возможна всеобщая, универсальная теория, которая находит свое подтверждение в опыте? В своем выводе он согласен с Кантом, что «закон вообще будет действовать в отношении определённого опыта, если в нём высказываются предпосылки всякого возможного опыта. Законы природы можно считать объяснёнными в том случае, если нам удастся свести их к предпосылкам опыта.

Опыт означает, что, исходя из прошлого, мы узнаём о будущем. Время в его модусах настоящего, прошлого и будущего есть тем самым предпосылка опыта. Мы пытаемся построить всю физику, исходя из модусов времени» [1. S. 29].

Такая грандиозная задача распадается на две части. Первое, это вывод такой универсальной, то есть квантовой теории. Квантовую механику (КМ) Вайцзеккер пытается обосновать с помощью «логики временных высказываний». Исходным пунктом для Вайцзеккера в свое время явился анализ Больцмановского обоснования второго закона механики с помощью статистической механики. Это обоснование лишь тогда оказывается непротиворечивым, когда понятие вероятности применяется в нём исключительно к будущим событиям. «Исходя из соображений непротиворечивости, можно затем впоследствии показать, что фактичность прошлого и открытость будущего (в виде существования документов прошлого, но не будущего) уже следует из необратимости событий, согласно Второму основному закону. Однако различие Сейчас прошлого и Сейчас будущего моментов времени невозможно реконструировать из их формы в соответствии с законами природы, действующими

для каждого момента времени. Как ни странно, существует сильное эмоциональное противостояние почти всех физиков этому выводу» [1. S. 31]. По Вайцеккеру, эволюция и термодинамическая необратимость оказываются необходимыми статистическими следствиями одной и той же структуры времени – именно различия осуществлённой фактичности и будущей возможности. Так, в структуру теории входят понятия возможности, вероятности и модальности.

Ключевым для Вайцеккера является здесь понятие «бинарной альтернативы», то есть общее состояние системы, которое допускает два взаимно исключающих друг друга состояния. С точки зрения логики – это «состояние «да-нет» одновременно, с точки зрения квантовой механики – это абстрактное представление простейшего двоичного принципа суперпозиции состояний. Вайцеккер вводит и различает абстрактную квантовую механику и конкретную квантовую механику. Абстрактной квантовой теорией он называет общие законы квантовой теории, например, в той математической форме, в которую её привёл Дж. ф. Нейман. Эту теорию он называет абстрактной, поскольку она имеет универсальное действие для всех произвольно взятых объектов. В ней ничего не говорится о существовании (эмпирически трёхмерного) пространства местоположений, тел или материальных точек, и об особых силах, действующих между объектами. Ввиду этой её общезначимости она рассматривается как такая теория вероятности, которая от классической теории вероятности отличается только выбором лежащей в основе решётки высказываний. На эту решётку указывает так называемая квантовая логика. От абстрактной квантовой теории он переходит к конкретной квантовой теории, теории конкретно существующих объектов.

Принципиально важным является тот факт, и это сильно коррелирует с нашим пониманием квантовой теории, что из такого рода представлений вытекает не первичность структуры пространства-времени. По словам Вайцеккера, он понял это впервые на рубеже 1953–1954-х годов, что активно обсуждалось, в частности, и с Гейзенбергом. Программа построения физики у Вайцеккера заслуживает самого пристального внимания. Философское обоснование физики является для него ключевым. Первые поиски в этом направлении у него возникают еще в 1930-е годы, а двадцать лет спустя у него появляется уже развернутая программа обоснования и построения целостного и единого здания всей физики. Предоставим слово самому автору. «Весной 1954-го года я выдвинул гипотезу, которую можно подразделить на три опирающихся друг на друга утверждения. Сейчас их можно было бы сформулировать следующим образом:

1. Ядром квантовой теории служит неклассическая логика.
2. Применение этой логики к её собственным высказываниям определяет способ так называемого вторичного или многократного квантования.
3. Применение этого способа к формально самым простым из возможных вопросов – бинарным альтернативам – даёт квантово-теоретическое объяснение трёхмерности пространства и, кроме того, релятивистской структуры пространства-времени и релятивистской теории поля» [1. S. 319].

К логике временных высказываний мы вернемся чуть позднее. Путь, который прошел сам Вайцзеккер, это некоторый «круг», его жизнь находит воплощение в его философском методе «прохождения по кругу» – на каждом новом этапе он возвращается к той же самой проблеме, только на более высоком уровне. Толчком к этим размышлениям и выводам, сформулированным выше, послужили три работы Гейзенберга 1936–1938 годов, посвященные проблеме наименьшей длины в квантовой теории. Эти работы вывели его к идее изменения геометрии в микромире: «В последующие годы я некоторое время посвятил вопросу о том, не могла ли потребовать наименьшая длина математического изменения геометрии в микромире так же, как оказались необходимыми для общей теории относительности изменение геометрии в макромире и для квантовой теории переход к некоммутативной алгебре (1951). *При этом возникла идея подчинить квантовой теории саму геометрию бесконечно малого физического пространства* (выделено нами. – А.С., А.Р.). Например, не должен ли вопрос о том, являются ли наблюдаемые две точки пространства тождественными или различными, представлять собой квантово-теоретическую альтернативу, разрешение которой можно было бы прогнозировать лишь с некоторой вероятностью» [1. S. 320].

Важно отметить то, что уже здесь рождается идея непервичности пространства и подчинения его квантово-механическим закономерностям. Это первое. Второе замечание следующее, тонкий штрих, которого касается Вайцзеккер, и он касается различимости двух точек пространства. Этот вопрос фундаментальный. И он может быть рассмотрен как с точки зрения классической механики, так и теории относительности и квантовой механики. В только что процитированном отрывке Вайцзеккер рассматривает проблему только с позиции КМ. В квантовой механике координате пространства соответствует оператор. Когда встает вопрос о различимости двух точек пространства, встает вопрос о соответствующей эмпирической процедуре, с помощью которой может быть произведено различие (или тождество) двух точек пространства. И если мы вспоминаем действенность принципа неопределенности Гейзенберга, то становится понятным сложность ответа на этот вопрос. Кроме того, существует вопрос о квантовой альтернативе, когда мы можем различить две точки пространства или нет. Здесь мы опять выходим на некоторую эмпирическую процедуру.

Если не касаться КМ, то вопрос о различимости двух точек приводит автора в конечном итоге к понятию реляционного пространства. Покажем логику рассуждений Вайцзеккера. Сначала он касается историко-философских аспектов проблемы, связанных, конечно, напрямую с физикой. Он отмечает, что изначально «исторически представлены абсолютистское и релятивистское понимание движения. К абсолютистской традиции среди прочих можно причислить Птолемея, Коперника, Кеплера, Галилея, Ньютона, к релятивистской – Кузанского, Беллармина, Лейбница, Маха. Интенция Эйнштейна была релятивистской, его результат содержал элементы абсолютистского понимания. Вопрос, прежде всего, заключается в том, что представляет собой тот словарный состав, с помощью которого выносилось решение в этом споре» [1. S. 256–257].



Начиная со времени Клавдия Птолемея спор между геоцентрической и гелиоцентрической системами, прежде всего, наивно предполагал, что уже известно, что представляют собой покой и движение; и поэтому он был наивно-внутриабсолютистским. «Из этого состояния наивности Николай Кузанский (Кузанец) вышел уже где-то в 1450 году. Он считал мир бесконечным. Тогда в самом образе мира не существовал (как это было прежде в образе хрустальных сфер и покоящегося центрального тела) критерий покоя и движения. Следовательно, движение по определению оказывается только движением тел относительно друг друга. В 1615 году кардинал Беллармин это понимал. Он позволил Галилею излагать систему Коперника как математическую гипотезу, но не как истину. «Гипотеза» означает в данном случае не «предположение», а «приписывание»; используя слово «модель», мы приближаемся к тому способу выражения, который был желателен для Беллармина. Беллармин давно уже мог размышлять над идеей относительности движения. Одни и те же движения могли по желанию описываться как геоцентрические или гелиоцентрические» [1. S. 257]. Анализируя всю проблематику спора между гео- и гелиоцентрической системами, он не затронул сердцевины релятивистской аргументации, в которой утверждается, что уже *вопрос* о том, какая из этих двух моделей правильная, является бессмысленным. Если мы рассматриваем мир как конечный шар, то можно ещё надеяться на описание движения внутри этого шара как «истинного». Победа же веры в бесконечный универсум исключила и этот аргумент. Вайцеккер отмечает, что, несмотря на то, что утвердилось понимание мира как бесконечного, это не привело к победе реляционной философии, «кинематическое описание пожелало быть конвенциональным. Динамика же переняла из модели Коперника только «разумное», то есть, прежде всего, простую форму. Что же тогда, согласно сегодняшнему мнению, является субстанцией этого образа мышления?» [1. S. 258–259].

Вайцеккер касается сначала онтологической подоплёки этого спора. Он отмечает, что речь идёт о взаимоотношении между материей и пространством, при этом необходимо различить монистическое и дуалистическое понимание этого отношения. Абсолютистская позиция Ньютона является *дуалистической*: согласно Ньютону, существует абсолютное пространство и тела в пространстве. Наоборот, тенденция реляционной парадигмы является монистической. Согласно Лейбницу и Маху, в физической манере говорить существуют только тела; их пространственные отношения оказываются тогда следствием их определяющего признака – протяжённости. Интенция Эйнштейна следовала интенции Маха; она была монистической.

«Более философски образованный, чем его противник, Лейбниц мыслил в рамках отношения субстанции и атрибута, выражаясь логически, отношения субъекта и предиката. Это тот дуализм, от которого ни физик, ни логик никогда не смогут избавиться. В логическом отношении (говоря современным языком) класс – это предикат и его следует отличать от его элементов как субъектов, которым присущ этот предикат... В физике, кроме того, можно различать сущностные предикаты и контингентные предикаты. Сущностные

предикаты характеризуют физический объект (логический субъект высказываний). Например, в классической механике материальная точка является объектом, который обладает массой, местоположением и импульсом и больше ничем в качестве атрибутов. Причём значение массы является сущностным предикатом соответствующей индивидуальной материальной точки; понятие «масса» является сущностным предикатом понятия «материальная точка». Сущностный предикат понятия является классом контингентных предикатов. Так, масса – это класс возможных значений массы. Аналогично для каждой материальной точки местоположение в качестве сущностного предиката оказывается классом его возможных значений; материальная точка – «это объект, который имеет некоторое местоположение». Точно так же в отношении импульса. Квантовая теория ещё раз разделяет атрибуты объекта на два различных основных класса: наблюдаемые и состояния» [1. S. 259].

В понимании Лейбница пространство выступает как сущностный предикат тела и к тому же как отношение (на языке Рассела: как двуместный предикат). Тела имеют относительные положения. Таким образом, неизбежный дуализм между телами и такими пространственными данными, как расстояние и направление, уже содержится в дуализме субстанции и атрибута. В результате Лейбниц приходит к выводу, что с философской точки зрения дуализм субстанций – тела и пространства – оказывается лишним. Ньютон отказывается от слова «субстанция» для пространства, но логически он трактует пространство и время как субстанции («сущности»). Если пространство, согласно Лейбницу, нужно было понимать как совокупность *отношений* между телами, то физический смысл относительности, на самом деле, должен был бы быть решающим для этого спора. У Лейбница были хорошие основания в пользу *относительности местоположения*. Он приводил следующий аргумент в переписке с Кларком, что действительный мир идентичен точно такому же миру, но сдвинутому на 10 миль вправо; для этого он ссылается на свой постулат идентичности неразличимого. Кларк отвечал на это: поскольку сэр Исаак Ньютон доказал существование абсолютного пространства, постольку эти два мира объективно различны. Лейбниц ссылался на принцип достаточного основания: почему Бог должен был создать мир, скорее, здесь, чем там. Кларк возразил, что существует достаточное основание: воля Бога. Лейбницу пришлось ответить, что Бог никогда не действует произвольно, но всегда в соответствии с разумными основаниями.

«Говоря современным языком: относительно группы преобразований евклидова пространства не существует никакого геометрического различия между двумя местоположениями. А *относительность равномерного прямолинейного движения* была известна уже Галилею. На равномерно плывущем корабле механика, в частности закон свободного падения, имеет ту же форму, что и на покоящейся земле. Ньютон пришёл к решению с помощью не философских, а математически-эмпирических аргументов. Ньютон увидел, что его закон движения в математическом отношении не допускает *относительности ускоренного движения*, и он подтвердил это эмпирически с помощью эксперимента с сосудом. В нашем столетии положение об относительности

равномерного движения приобрело свой вполне окончательный вид в специальной теории относительности Эйнштейна, и проблема ускоренного движения была им заново сформулирована в общей теории относительности» [1. S. 260–261].

Предварительное понимание для специальной теории относительности содержит, среди прочего, евклидову геометрию и механику Ньютона и их связь. Как отмечает Вайцзеккер, «физическая аксиоматика в основу евклидовой геометрии закладывает операции Гельмгольца–Динглера с твёрдыми телами. Она обосновывает шестипараметрическую евклидову группу трёхмерных вещественных вращений и переносов. Классическая механика, как выяснилось к концу XIX века при постановке вопроса с точки зрения теории групп (Л. Ланге), добавляет к евклидовой группе четырёхпараметрическое расширение, состоящее из преобразований, которые содержат время. Однопараметрическая подгруппа временных сдвигов, которая выражает однородность времени, чаще всего с лёгкостью воспринималась в качестве формулировки предположения, что всегда действуют одни и те же законы природы. В противоположность этому «непосредственно сами преобразования Галилея», которые преобразовывали инерционные системы из одной в другую, содержали особый принцип относительности, который вызывал много философских дискуссий» [1. S. 261].

Как далее отмечает Вайцзеккер, исторически эти дискуссии протекали в две фазы, которые можно различить как фазу до Эйнштейна и фазу после Эйнштейна. До Эйнштейна принцип относительности представлялся обоснованным в качестве общего принципа природы только тогда, когда классическая механика рассматривалась как фундаментальная наука о природе; эту предпосылку можно также охарактеризовать как механическую картину мира. В свете этой предпосылки относительность движения обсуждалась и подвергалась обсуждению, например, Лейбницем (в противостоянии с Кларком, то есть Ньютоном), Кантом (в «Метафизических началах естествознания») и Махом (равным образом в противостоянии Ньютоном). Однако физика XIX столетия уходила от трудностей этой проблемы, главным образом, за счёт предположения об особой покоящейся в пространстве субстанции – световом эфире. Поэтому только опыт Майкельсона, соответственно, истолкование этого опыта Эйнштейном, теперь уже с помощью группы Лоренца, сделали эту философскую проблему неизбежной. Впервые у Эйнштейна специальный принцип относительности из правила, действующего, фактически для определённых феноменов, превратился в неотъемлемую составляющую изысканного описания пространства и времени. Эйнштейн мог с полным правом признать, что тем самым интенция названных философов (прежде всего Маха и, возможно, Лейбница; с точкой зрения Канта на относительность движения он, очевидно, не был знаком) впервые получила точное физическое оформление. И всё же это оформление содержало с философской точки зрения одну проблему, на которую Эйнштейн обратил внимание сразу же после разработки специальной теории относительности. Специальный принцип относительности отрицает существование абсолютного пространства, но всё же не отменяет предположения об общей относительности движений.

Проблемность существования абсолютного пространства Вайцзеккер показывает на следующем примере: аксиому о тождественности точки, когда считается, что в пространстве на протяжении заданного отрезка времени она одна и та же, нельзя проверить. Представим, что мы последовательно несколько раз указываем на какую-нибудь точку, но не можем точно знать, что эта точка одна и та же. Группа движений (относительно нее законы движения остаются инвариантными) преобразует описание состояния покоя в данной точке в такое, где это тело движется с постоянной скоростью по прямолинейной траектории, которую эту точку проходит в определённый момент времени.

По мнению Эйнштейна, время и пространство не могут быть абсолютными, в отличие от пространства Минковского, представленного в виде четырёхмерного пространственно-временного континуума. В теоретических взглядах Эйнштейна, а именно в общей и специальной теории относительности мировая точка, по-другому – «событие», представлена как объект, вполне подлежащий идентификации. Опять же данное обстоятельство не утверждается, а воспринимается в качестве мнимо очевидного. Исходя из этого, многообразие моментов времени, как и многообразие точек в пространстве, в инерциальной системе представляется как особая, упорядоченная конвенциональная схема упорядочения в некотором неконвенциональном многообразии событий.

Для обоснования физической геометрии, как и необъективного характера абсолютных скоростей, оказывается важной объективность абсолютных ускорений в классической механике и в СТО. Преобразования Галилея, как это отчётливо видел Ньютон и показал в мысленном эксперименте с сосудом, находящемся в покоящемся и движущемся корабле, выражают не общую относительность движения, а следствие особого динамического закона – закона инерции. «Из факта, что ньютоновское уравнение движения содержит производную по времени второго порядка, проистекает следствие, что только скорости, но не ускорения, могут восприниматься как относительные. Этот совершенно нетривиальный факт сегодня охотнее всего увязывают с тем, что уравнение Ньютона является эйлеровым уравнением для евклидова инвариантного вариационного принципа. Непрояснённая эта проблема стала для Эйнштейна поводом для поиска в направлении общей теории относительности» [1. S. 265–266].

Если говорить языком Т. Куна, то прочным ядром принципа галилеевой относительности классической механики является эмпирический факт закона инерции. Если мы его постулируем как закон природы, то объективной реальностью обладают не точки в пространстве, а траектории движения. То есть с помощью тела можно объективно пометить не остающуюся идентичной во времени точку пространства, а траекторию движения по инерции. Кроме того, закон инерции можно воспринимать как следствие постулированного принципа относительности в природе.

Прочным ядром СТО является эмпирический факт отрицательного результата опыта Майкельсона. Если утверждают, что два постулата СТО

отображают законы природы, то абсолютная скорость аппарата Майкельсона не является объективной реальностью. Результат, полученный в опытах Майкельсона, – это следствие постулированных принципов. Далее Вайцеккер вновь возвращается к теме различия пространства и времени. «В противоположность часто цитируемому, но неточному выражению Минковского, следует отметить, что специальная теория относительности вообще не упраздняет различие пространства и времени. Не существующие объективно точки пространства и так же объективно не существующие моменты времени объединяются (согласно специальной теории относительности) в объективно существующие “события”, которые заполняют четырёхмерный пространственно-временной континуум. Однако из-за неопределённого характера метрики Минковского для пространственно-временного континуума невозможно времени-подобные прямые (а значит, возможные траектории движения по инерции) преобразовать в пространственно-подобные прямые и наоборот. Также невозможно положительный световой конус с помощью непрерывного преобразования перевести в отрицательный; то есть различие прошлого и будущего также оказывается инвариантным относительно преобразований Лоренца» [1. S. 266].

Если резюмировать детальный анализ Вайцеккера, то можно выделить две ключевые идеи. Пространство не носит первичного, абсолютного характера, а время же является выделенным. При этом оно имеет некоторую структуру. Выделение *прошлого*, *настоящего* и *будущего* вовсе не носит *субъективного* характера, как полагает большинство физиков, а отображает его сущностный характер. Здесь мы полностью солидарны с выводами Вайцеккера. Структура времени тесно связана с процессом становления сущего, актуализации одного из возможных состояний квантовой первоальтернативы (Uralternative), из чего, как показал Вайцеккер, можно получить структуру пространства-времени. Он пишет: «Моё сегодняшнее понимание философской проблемы физической геометрии (1974) включает ожидание, что теория первоальтернатив действительно позволит вывести математическую структуру пространственно-временного континуума из квантовой теории. Оно перевёртывает традиционное понимание, согласно которому пространственно-временная структура не зависит от квантовой теории и для неё является уже заданной. Для того чтобы вообще можно было приступить к решению этого вопроса, было необходимо понять степень общности квантовой теории. Из этого исходила “попытка понимания квантовой теории”, в результате которой и появились три упомянутые здесь работы. Конкретно осуществление этой попытки было инициировано в рамках семинара зимой 1953–1954 годов, в котором принимали участие не только Шайбе и Зюсман, но, по моим воспоминаниям, также Гейзенберг и Миттельштедт, и на котором мы обсуждали “попытку изменения квантовой теории”» [1. S. 321]. Здесь не случайно упомянуты Гейзенберг и Миттельштедт. Первые наброски на такое возможное понимание пространства можно найти в книге Гейзенберга «Порядок действительности» (“Ordnung der Wirklichkeit”), которая, к сожалению, пока не вышла на русском языке и в данный момент готовится нами к изданию.

Миттельштедт, идеи, аналогичные Вайцзеккеру, развивал независимо, также уделяя пристальное внимание логике. Совершенно независимо от них к аналогичным идеям пришел Финкельштейн. Свою статью о возможности вывода структуры пространства-времени, опираясь на квантовые идеи, относится к 1968 году [2] (работа была завершена в 1968 году, а опубликована в 1969 г.). Первая же публикация Вайцзеккера была выполнена на 10 лет раньше, в 1958 году. Все три автора – Вайцзеккер, Миттельштедт и Финкельштейн – используют логику в своих построениях. Остановимся очень кратко на логике Вайцзеккера.

Временные высказывания составляют основу данной логики. Прошлое предстает в высказываниях о свершившемся, всегда подтверждаемом с помощью указания на документы, «факты», «результаты измерения». Настоящее описывают высказывания о настоящем. Будущее – в рамках этой логики связано с высказываниями о будущем, которые реализуются в форме модальности необходимого или возможного. Систематическое построение физики требует, по мнению Вайцзеккера, прежде всего, чтобы была разработана полная логика временных высказываний, и только затем на ней уже должна основываться физическая теория. Он указывает, что невозможно построить и изложить физику в адекватных понятиях, без понимания структуры времени и ее выделенного характера. Он настаивает на том, что время в методическом отношении заложено в основе физики, поскольку она является опытной наукой. Содержание физических законов *всегда* связано со временем. Отдельное наблюдение совершают в то или иное определенное время, и корректный протокол проведения эксперимента всегда содержит указание времени его осуществления. Итак, физика – это наука, которая базируется на опыте. Но что представляет собой опыт? Опыт в обыденном смысле – это знание, которое получает субъект при непосредственном восприятии реальности.

Для эмпирической науки характерно систематическое наблюдение за объектом исследования. Мы проводим в какое-то время *наблюдение* и фиксируем его результаты. После акта наблюдения наблюдаемое уходит в прошлое. Без наблюдений невозможно сделать вывод о том или ином законе, который гласит, что за одним явлением обязательно следует другое явление. Мы берем на себя ответственность предугадывать, что случится в будущем. Затем, когда оно наступает, нам открывается, были ли верны предсказания. С развитием науки связано появление более глубоких теорий, когда на основе выявленных законов в опыте проверяется прогностика в рамках конкретного опыта.

Под временем люди обычно понимают неуловимую структуру настоящего, в котором будущее постоянно трансформируется в прошлое, которое нельзя повернуть вспять, но сохраняется в виде воспоминания и опыта. Что такое время, в какой-то мере осознает каждый из нас, так как все понимают значения слов «сейчас», «скоро», «когда-то», «делать», «опыт», «предсказание» и т. д. В физике, на первый взгляд, кажется, что решить проблему отсутствия четкой формулировки понятия «время» можно путем введения времени как *параметра*. На самом деле, это не так. Дело в том, что уравнения физики не дают возможности определить, какой именно момент времени

принимается за момент настоящего. Количественные соотношения, выраженные в законах физики, не отражают качественных различий между неизменными фактами прошлого и потенциальными событиями будущего. По этой причине большинство физиков придерживаются мнения о том, что понятия настоящего, будущего и прошлого необходимо убрать из «объективного» описания природы как «лишь субъективные».

«Квантовая логика», о которой говорит Вайцзеккер, опирается на квантовую теорию, та, в свою очередь, неотделима от опыта, а итоги опытов, если мы их выражаем в рамках той или иной науки, предполагают наличие логического компонента. Таким образом, «квантовая логика» основывается на логике, тесно связанной с логикой временных высказываний. Такая логика является неклассической логикой. Темпоральная логика Вайцзеккера не лишена некоторых серьезных недостатков, некоторые правила вывода в книге, используемые Вайцзеккером, могут быть оспорены, присутствуют общие недочеты, хотя маститый физик-теоретик явно имеет высококвалифицированное понимание временной логики. Он знаком с трудами А.Н. Прайора, с его именем связано возникновение темпоральной логики в начале 1950-х годов, также он неоднократно цитирует Лоренцена. Вайцзеккер как раз застал то время, когда начала оформляться темпоральная логика. Однако мы не будем концентрироваться на недостатках его логики, а только на самом методическом подходе автора. Логика у Вайцзеккера становится, прежде всего, фундаментом его систематического построения физики. Он закладывает логику в основу физики как науки о времени, создает своеобразный синтез временной логики и физического познания.

Временная структура, согласно Вайцзеккеру, является предварительным условием опыта любого вида. Рассматривая структуру времени, Вайцзеккер говорит о существенном различии прошлого, настоящего и будущего. Временная логика выстраивает формализованные высказывания о будущем. В темпоральной логике на первый план выходит момент проверки высказывания в отличие от классической логики. Временная структура, по Вайцзеккеру, является предварительным условием опыта любого вида. В конкретный момент высказывание может быть истинным или ложным, но не одновременно. В нетемпоральных логиках высказывание со временем не изменяется, во временных – важен, напротив, момент проверки самого высказывания. Временная логика выстраивает формализованные высказывания о будущем. Будущее же тесно связано с возможностью и вероятностью. Неопределенные состояния оператора, по сути – бинарные альтернативы, интерпретируются как вероятностные. Вероятность квантифицирует значение, придает результату численное, количественное выражение. Квантовая логика выводится из квантовой механики, наделяя операторы 0 или 1 логическими понятиями «да» или «нет». Отталкиваясь от простейшей бинарной альтернативы, то есть по сути изначально неопределенного состояния, переходящего в определенное, наблюдаемое состояние, Вайцзеккер разворачивает масштабную программу построения физики. Он показывает возможность построения не только пространства-времени, но и теории элементарных частиц. Заметим, что такая

программа во многом напоминает выводы бинарной геометрофизики Ю.С. Владимирова.

Еще раз подчеркнем, что эта работа Вайцзеккера носит во многом программный характер. Сам Вайцзеккер признавал, что он не успевает завершить намеченную работу. Исходя не только из такой незавершенности, но и касаясь многих принципиальных положений этой работы, можно задать автору и ряд критических вопросов. В данный момент мы не будем касаться критики данной работы, хотя вопросов, по мере знакомства с книгой автора, возникает немалое количество. Отметим, что развиваемый подход оказывается во многом созвучным и нашему подходу, когда мы разделяем возможное и актуальное, и актуализация возможности тесно связана с ходом времени. Вайцзеккер использует несколько иную терминологию, но, по существу, говорит то же самое. Во многом наши подходы оказываются взимодополнительными. И интересно, что Вайцзеккер, когда рассуждает об онтологии, ставит вопрос, как он признается, не имеющий ответа, каким образом вероятность превращается в актуальное. Мы же в своих работах останавливались не раз именно на этом аспекте и его этого касаться не будем.

В заключение отметим, что это первая работа, посвященная трудам К.Ф. фон Вайцзеккера. В дальнейшем мы планируем более детально остановиться на его масштабной программе построения современной физики, которая на данный момент является, наверное, одной из ключевых проблем современной физики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Carl Friedrich von Weizsäcker.* Aufbau der Physik. München, Carl Hanser Verlag, 1985. ISBN 3-446-14142-1.
2. *David Finkelstein.* Space-Time Code // Physical Review. 1969. 184 (5). P. 1261–1271.

## K.F. VON WEIZSÄCKER'S RELATIONAL PROGRAMME TO BUILD PHYSICS

**A.Yu. Sevalnikov, A.V. Rodina**

*Institute of Philosophy, RAS*

This paper is devoted to the key ideas of K. F. von Weizsäcker. His book “Aufbau der Physik”, which is dedicated to building a unified physical theory, is in the focus. Confirming that quantum mechanics is a universal physical theory, Weizsäcker is looking for ways to construct it. Based on the logic of temporary statements, introducing the concept of the Uralternative, Weizsäcker comes to the construction of quantum theory. He shows that on its basis the theory of relativity can be obtained, the structure of space with a relational character can be deduced.

**Keywords:** unity of physics, theory, experience, time, space, quantum theory.



## ОТ ГЕОРГА КАНТОРА К ЭРНСТУ МАХУ<sup>1</sup>

С.А. Векшенов

*Российская академия образования*

В рецензии, в контексте идей Э.Маха затрагивается одна из ключевых проблем современного естествознания: соотношение «редукционизма» и «холизма». Если идея редукционизма получила беспрецедентное развитие в рамках теории множеств и программы Бурбаки, то «принцип Маха», равно как и другие идеи философа, находятся только на «взлете». Тем не менее, есть явное осознание, того, что за этими идеями - будущее и рецензируемая книга в этом контексте представляется чрезвычайно важной.

**Ключевые слова:** Мах, Кантор, редукционизм, холизм, симметрии, комплексные числа.

Научная мысль XX века весьма изыскана. Проследить за всеми ее поворотами вряд ли возможно. Однако можно обозначить некие идейные полюса, образующие своеобразную «разность потенциалов», которая определяет общее течение мысли – от одного полюса к другому. Каждый из таких полюсов, как правило, имеет своего выразителя, который с максимальной точностью и полнотой выражает сущность парадигмы, обосновавшейся на данном полюсе. Как нам представляется, одним из таких выразителей был Георг Кантор, другим – Эрнст Мах.

Чтобы понять общий смысл и направления течения мысли «от Кантора к Маху» (а именно так и обстоит дело), обратимся к неисчерпаемому источнику научной парадигматики: диалогам Фауста и Мефистофеля из великой поэме И.В. Гёте.

Читаем:

Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben,  
Sucht erst den Geist heraus zu treiben,  
Dann hat er die Teile in seiner Hand,  
Fehlt, leider! nur das geistige Band.

Живой предмет желая изучить,  
Чтоб ясное о нем познание получить,  
Ученый прежде душу изгоняет,  
Затем предмет на части расчленяет,  
И видит их – но жаль,  
Духовная их связь тем временем исчезла, унеслась

*Пер. Н. Холодковского*

---

<sup>1</sup> Рецензия на русский перевод книги Э. Маха «Познание и заблуждение» (М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 456 с.).

Разъединение предмета на части – классический ход редукционизма, который максимально реализовался в теории множеств. Вспомним знаменитое определение множества: *«Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung M von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten in unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente von M genannt werden) zu einem ganzen»* (Под множеством мы понимаем любое соединение M определенных различных объектов нашего умозрения или нашей мысли (которые будем называть элементами M) в единое целое). Каждый объект в идеале должен мыслиться как множество элементов, удовлетворяющих определенным свойствам. Наступает ли при этом «ясность в понимании предмета» – вопрос спорный. Однако очевидно, что ведущие физические концепции, включая теорию относительности (но не квантовую теорию), идейно опираются именно на теорию множеств. Однако такая установка далеко не всегда и всех устраивала. Против нее возражали А. Бергсон, Г. Вейль и многие др. Аргументы были те же, что и у Гёте: связи между отдельными элементами «исчезают», «уносятся».

Мах, хорошо осознавая эту проблему, придал ей вид основополагающего принципа, который, при определенном угле зрения, можно рассматривать как полновесную альтернативу теоретико-множественным принципам. К сожалению, этот факт далеко не всегда осознается как таковой. Работы Маха часто воспринимаются в разрезе психологии, трактовки материальных объектов как «комплекса ощущений», желания избежать абстракций и ограничиться только наблюдаемыми фактами.

Фундаментальный труд Маха «Познание и заблуждение» свидетельствует об обратном. В частности, Мах подчеркивает следующее: «Руководящая роль абстракции в научном исследовании очевидна. Совершенно невозможно обратить внимание на все подробности какого-нибудь явления, да это и не имело бы никакого здравого смысла. Мы обращаем внимание именно на те обстоятельства, которые для нас имеют интерес, и на те, от которых первые, по-видимому, зависят. Таким образом, первая задача исследователя – выделить мысленно при помощи сравнения различных случаев обстоятельства, зависящие друг от друга, а все то, от чего исследуемое, по-видимому, не зависит, отбросить, как нечто для преследуемой цели побочное или безразличное. И действительно, важнейшие открытия получаются этим процессом абстракции» (с. 152).

Таким образом, Мах придерживался классической модельной схемы, при этом он полагал, что изолированные объекты (элементы в смысле Кантора) являются только первым приближением реальности. Психологические эффекты, с точки зрения Маха, говорят не только о психологии как таковой, но высвечивают абстрактные структуры, которые лежат в основе наших представлений о мире. При этом Мах ясно понимал, что «одни и те же психические функции, протекающие по одним и тем же правилам, приводят один раз к познанию, а другой раз – к заблуждению» (с. 141).

Чтобы пройти эту «точку бифуркации», Мах выстроил логику, которая позволила ему связать чувственное восприятие с абстрактными структурами

и в конечном итоге сформулировать «принцип Маха». Суть этой логики можно изложить в следующих тезисах:

✓ «физическое и психическое содержат общие элементы и, следовательно, между ними вовсе нет той резкой противоположности, которую обыкновенно принимают» (с. 40);

✓ «переход от самых определенных чувственных представлений через обыденное мышление к наиболее абстрактному научному мышлению вполне непрерывен» (с. 54);

✓ «в наших произвольных действиях выступает очень сложный, весьма мало поддающийся анализу и обзору отрезок мировых событий, пространственно и временно весьма широкая и богатая мировая связь» (с. 57).

Соединение этих тезисов, по сути, и дает принцип Маха – взаимосвязь всех материальных объектов Вселенной. В своей рафинированной, абстрактной, форме, которую можно усмотреть в идейных установках рецензируемой книги, его можно сформулировать следующим образом:

1. Первичной реальностью являются физические тела и взаимодействия между ними.

2. Количество тел может быть неограниченно, а взаимодействия передаются непосредственно от тела к телу.

С точки зрения модельных представлений принцип Маха представляет собой более адекватную модель реальности, чем та, которую можно извлечь из теоретико-множественной концепции Кантора, поскольку мыслить полностью изолированный объект решительно невозможно. Говоря современным языком, подход Кантора можно назвать «локальным», в то время как принцип Маха говорит о «нелокальности».

Проблема заключается в том, что в рамках теории множеств сформировался очень устойчивый стереотип работы с исследуемым объектом: рассматривается множество схожих с ним объектов, которое «подверстывается» под какую-либо хорошо изученную абстрактную структуру. Все остальное эта структура сделает за вас. Такой способ дает хорошие результаты, однако он явно не является универсальным.

Методология исследования, основанная на принципе Маха, существенно менее разработана. Это во многом связано с тем, что смысл самого принципа достаточно подвижен, что затрудняет его формализацию (хотя в иных случаях это можно воспринимать как достоинство). Тем не менее, если принять этот принцип в приведенной выше формулировке, можно попытаться развить содержательную теорию.

Сложность реализации состоит как раз в отсутствии идеи редукции, когда приходится иметь дело с потенциально неограниченным числом связей. Естественная идея заключается в том, чтобы наложить на эти связи определенные симметрии. Можно предположить, что, как и в случае группы, полученная «большая» структура распадется на ряд «малых» структур, которые можно последовательно рассматривать (то есть с других позиций вернуться к принципу редукционизма). Оказалось, это действительно можно сделать. Совместными усилиями Ю.И. Кулакова и Г.Г. Михайличенко было показано,

что введенные Кулаковым «фундаментальные симметрии» на бинарных совокупностях действительно конкретизируются, что дает возможность начать с изучения простейших структур и последовательно переходить на более высокие уровни. Заметим, что конструкции Кулакова–Михайличенко возникли совершенно из других соображений, в которых, однако, можно найти идеи, созвучные идеям Маха.

Ключевым моментом развития данного направления является «привязка» структур к числам (в соответствии с принципом царя Соломона, который «все расположил мерою, числом и весом»), на этот принцип неоднократно ссылался Кантор). В рамках геометрии это сделал еще Р. Декарт, а в рамках множеств – сам Кантор. Выбор чисел определяет возникающие эффекты. Действительные числа позволяют осуществить названную выше конкретизацию фундаментальных симметрий. Переход к комплексным числам дает нечто большее – спиноры и другие физические структуры, объединенные в Бинарную систему комплексных отношений (БСКО), созданную Ю.С. Владимировым. Одним из принципиальных следствий этой теории является выделение минимального набора «ингредиентов», необходимых для развития физической теории, включая физику микромира. К таковым относятся: симметрия и комплексные числа. Что касается пространства-времени, то оно выступает только носителем симметрий и, строго, говоря, не входит в обязательный набор. В свое время это продемонстрировал А. Пуанкаре, выведя преобразования Лоренца исключительно из теоретико-групповых соображений. Заметим, что взгляды Пуанкаре на природу пространства во многом перекликались с философией Э. Маха.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что идеи Маха продолжают оставаться значимыми на фоне уже обозначенных кризисов как в физике, так и в математике. В этом контексте рецензируемая книга представляет не только исторический интерес, но и свод мыслей, которые еще предстоит продумать и реализовать.

## FROM GEORG CANTOR TO ERNST MACH<sup>2</sup>

S.A. Vekshenov

*Russian Academy of Education*

In the review, in the context of the ideas of E. Mach, one of the key problems of modern natural science is touched upon: the correlation of “reductionism” and “holism”. If the idea of reductionism was unprecedentedly developed in the framework of the theory of sets and the Bourbaki program, then the Mach principle, as well as other ideas of the philosopher, are only on the rise. Nevertheless, there is a clear realization that the future lies behind these ideas and the book under review in this context seems extremely important.

**Keywords:** Mach, Cantor, reductionism, holism, symmetries, complex numbers.

---

<sup>2</sup> Review of the russian translation of the book by E. Mach “Cognition and Delusion” (Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2003. 456 p.)

## ПРИНЦИП МАХА И ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

А.П. Никитин<sup>1</sup>

В статье рассматриваются «многоликий» принцип Маха (ПМ) и принцип относительности (ПО), которые органически связаны в силу единства природы, приводится краткий исторический обзор первоисточников этих принципов. Эрнст Мах сформулировал свой принцип, критикуя механику Ньютона, в своей книге [1] в 1896 году. А. Эйнштейн, впервые применив термин «принцип Маха» в 1918 году, написал, что общая теория относительности (ОТО) базируется на трех основных положениях, одним из которых был ПМ [2. С. 613]. В настоящее время ПМ используется в качестве одного из трёх основных положений реляционной теории Ю.С. Владимирова [3]. В статье рассказывается также о мысленном эксперименте А. Эйнштейна из статьи «Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электродинамической индукции?» [2. С. 223] и о многочисленных экспериментах, основанных на различных физических принципах, с целью проверки ПМ.

**Ключевые слова:** принцип Маха, принцип относительности, принцип эквивалентности, инерция, реляционная теория.

Факты вовсе не обязаны соответствовать нашим мыслям.

*Э. Мах. Познание и заблуждение*  
[4. С. 431]

### Введение

Принцип Маха (ПМ) – принцип, согласно которому инертные свойства материальных тел, то есть свойство тел оставаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения при отсутствии сил, определяются всей материей Вселенной. ПМ – это в каком-то смысле символ глубины нашего понимания и знания самых фундаментальных законов нашего мира. Согласно ПМ инертные свойства материального физического тела определяются всеми остальными материальными физическими телами Вселенной, то есть источником инерции является ускорение  $a$  не относительно абсолютного пространства, как у Ньютона, а относительно системы отсчёта, связанной «с небом неподвижных звезд», масса которых является источником инерции. В механике Ньютона и специальной теории относительности (СТО), напротив, считается, что инертные свойства тел, например масса, не зависят от наличия или отсутствия других тел. В общей теории относительности (ОТО) от окружающей материи, которая соответствующим образом изменяет

---

<sup>1</sup> E-mail: [anikitinaaa@mail.ru](mailto:anikitinaaa@mail.ru)

метрические свойства пространства-времени, зависят и свойства локально инерциальных систем отсчёта, относительно которых и определяются инертные свойства тел, что в современной физике считается реализацией ПМ.

Дж. Уилер в своей статье «Принцип Маха как граничное условие для уравнений Эйнштейна» удивляется: «Но каким образом звезды, находящиеся от нас на расстоянии  $10^9$ – $10^{10}$  световых лет, могут реагировать на ускорение пробной частицы, происходящее в данный момент и здесь, так, чтобы они успевали в тот же самый момент времени оказать обратное действие на пробную частицу?» [5. С. 471].

Действительно, каким образом материя Вселенной влияет, и влияет ли, на каждое физическое тело, например на протон или электрон? До настоящего времени нет ответа на эти вопросы.

В ходе данного исследования обнаружилась прямо-таки органическая взаимосвязь ПМ, ПО, ПЭ, отделить которые друг от друга не представляется возможным.

## 1. Принцип Маха в ОТО

*«Физическое время и пространство суть особые зависимости физических элементов друг от друга...»* [6. С. 432].

В 1918 году А. Эйнштейн в статье «Принципиальное содержание общей теории относительности», впервые применив термин «принцип Маха», заявил, что общая теория относительности (ОТО) «покоится на трех основных положениях, которые ни в какой степени не зависят друг от друга»:

а) *Принцип относительности*: законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях; <...>

б) *Принцип эквивалентности*: инерция и тяжесть тождественны; ...симметричный “фундаментальный тензор” ( $g_{\mu\nu}$ ) определяет метрические свойства пространства, движение тел по инерции в нем, а также и действие гравитации. Описываемое фундаментальным тензором состояние пространства мы будем обозначать как “*G*-поле”

в) *Принцип Маха*: *G*-поле полностью определено массами тел. Масса и энергия, согласно следствиям специальной теории относительности, представляют собой одно и то же» [1. Т. 1. С. 613].

ПО, объединённый с ПЭ, при распространении на ускоренные (неинерциальные) системы отсчёта, привели Эйнштейна к идее геометризации пространства-времени и созданию ОТО – современной теории тяготения. Но, к сожалению, на этом пути Эйнштейну не удалось «включить» в ОТО ПМ, и позже Эйнштейн отказался от ПМ:

«По мнению Маха, в действительно рациональной теории инерция, подобно другим ньютоновским силам, должна происходить от взаимодействия масс. Это мнение я долго считал в принципе правильным. Но оно неявным образом предполагает, что теория, на которой все основано, должна принадлежать к тому же общему типу, что и ньютонова механика: основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия между ними. Между

тем нетрудно видеть, что такая попытка решения не вяжется с духом теории поля» [1. Т. 4. С. 259].

Я.Б. Зельдович о ПМ: «Этот принцип сыграл большую эвристическую роль в создании Эйнштейном ОТО. Но после создания теории относительности выяснилось, что принципа Маха в ней не содержится... С этой точки зрения, каждое подтверждение теории относительности есть удар по принципу Маха» [7].

«...Система, связанная с реликтовым излучением, с общей массой далёкого вещества, действительно физически преимущественна, и она инерциальна в каждой точке. Может быть, это как-то можно трактовать в духе принципа Маха? Мы думаем, что этого делать нельзя. Прямолинейное применение принципа Маха в такой редакции ведёт к следующему. Раз выделена преимущественная система, то даже движение по инерции по отношению к ней (а необязательно с ускорением или вращением) должно вести к отличию в новой системе физических законов от законов в системе преимущественной. Но этого нет...» [8].

## 2. Принцип Маха

*«Изолированные факты существуют только благодаря ограниченности наших чувств и наших умственных средств» [4. С. 236].*

Эрнст Мах сформулировал свой принцип, критикуя механику Ньютона, в своей книге «Механика» [1] в 1896 году следующим образом: «Для меня вообще существует *только* относительное движение, и я не могу здесь допустить какую-нибудь разницу между движением вращательным и поступательным. Если тело вращается относительно *неба неподвижных звезд*, то развиваются центробежные силы, а если оно вращается относительно какого-нибудь *другого* тела, а не относительно неба неподвижных звезд, то таких центробежных сил нет. Я ничего не имею против того, чтобы первое вращение называли *абсолютным*, если только не забывают, что это означает ничто иное, как *относительное* вращение относительно *неба неподвижных звезд*.

Можем ли мы удержать неподвижным сосуд с водой Ньютона, заставить вращаться небо неподвижных звезд и тогда *доказать* отсутствие центробежных сил?

Опыт этот неосуществим... ибо *оба* случая чувственно не могут быть отличены друг от друга. Я считаю поэтому *оба* случая за *один и тот же случай* и различие Ньютона за иллюзию». «Я не принимал, что *только* отдаленные, а не также близкие массы принимают участие в определении скорости тела; я говорю только о влиянии, *независимом* от расстояния» [1. С. 202–203].

Идея, которую более чётко сформулировал Мах, зрела уже давно. Ещё Аристотель в своём сочинении «О небе» пришёл к выводу: «Небо... содержит в себе причину своего движения...» [9. С. 309]. И. Ньютон, опираясь на свой эксперимент с вращающимся ведром, считал: «Действующими причинами, из-за которых абсолютные и относительные движения различны между собою, являются центробежные силы, направленные от оси движения. При движении в круге только относительном эти силы не существуют» [10. С. 33].

По Ньютону: абсолютное пространство – этоместилище для материальных тел и возникновение центробежных сил относительно абсолютного пространства не зависит от наличия масс в этом пространстве, то есть центробежные силы будут возникать и в пустом пространстве.

Английский философ Д. Беркли, критикуя абсолютное пространство Ньютона и, предвосхищая ПО и ПМ, писал:

«6. ...Бессмысленно считать тяжесть или силу принципом движения... <...>

34. ...Причина существования тел является также причиной их движения... <...>

58. ...Мы не должны определять истинное место тела как часть абсолютного пространства, которую оно занимает, а истинное, или абсолютное, движение – как перемену истинного, или абсолютного места. Ибо всякое место относительно, так же как и всякое движение. ...Если мы допустим, что другие тела уничтожены и, например, существует один лишь земной шар, тогда никакого движения нельзя будет себе представить.

59. Далее, представим, существование двух шаров и ничего телесного ещё, кроме них. Затем представим силы, приложенные каким-либо способом; и, что бы мы не понимали под приложением сил, круговое движение двух шаров вокруг общего центра не может быть постигнуто воображением. Теперь предположим, что сотворено небо с неподвижными звездами; и сразу же, через представление приближения шаров к разным частям этого неба, движение станет постижимым» [11].

Идея Маха «красной нитью» проходит почти через все работы А. Эйнштейна периода разработки ОТО, но в статье «Эрнст Мах» по случаю ухода из жизни Э. Маха в 1916 году, оценивая его выдающиеся заслуги перед наукой, Эйнштейн наиболее полно описывает вклад Маха в физику, сравнивая с позицией Ньютона по вопросам пространства, времени и механики. [2. Т. IV. С. 30–31].

### 3. Принцип Маха в реляционной теории Ю.С. Владимирова

Если причислить и ощущения пространства и времени к элементам, то все постоянства связей исчерпываются взаимной зависимостью элементов.

*Э. Мах. Познание и заблуждение*  
[4. С. 273–274]

Ю.С. Владимиров в статье «Реляционная концепция Лейбница–Маха» [3] пишет: «Реляционные идеи оказались особенно востребованными в самом начале XX века в период создания специальной теории относительности, а затем послужили важным стимулом для Эйнштейна при создании общей теории относительности. Он-то и предложил возвести в ранг принципа Маха необходимую ему часть реляционных взглядов Маха. Однако следует



подчеркнуть, что возведенное им в ранг принципа составляло лишь часть идей, отстаиваемых Махом. ... В настоящее время следует четко сформулировать суть реляционной концепции (парадигмы, подхода) в виде трех неразрывно связанных друг с другом составляющих (аспектов):

1) реляционного подхода к природе пространства-времени;  
 2) описания физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия (взамен концепции ближнего действия);

3) признания обусловленности локальных свойств материальных объектов глобальными свойствами всего окружающего мира.

Эйнштейн же возвел в ранг принципа Маха лишь третью составляющую, причем в усеченном виде, имея в виду обоснование лишь инерции физических тел».

«Согласно реляционному подходу, пространство и время не являются самостоятельными сущностями, как это постулировалось И. Ньютоном, а представляют собой абстракцию от отношений между материальными объектами и событиями с их участием» [3. С. 73–74].

Ю.С. Владимиров в [3] пишет: «Взамен ньютоновой трактовки Мах предлагал... реляционное понимание природы пространства и времени: "... во временной зависимости выражаются простейшие непосредственные физические отношения. <...> В пространственных отношениях находит свое выражение посредственная физическая зависимость" [4. С. 417]. <...> И наконец, к четвертому препятствию следует отнести отсутствие понимания: какой вид физических взаимодействий является ответственным за реализацию принципа Маха, особенно его третьей составляющей» [3. С. 69–85].

#### 4. Принцип относительности

Из истории науки известно, что гипотеза вращения Земли вокруг своей оси привела к рождению идеи относительности, когда почему-то мы, находясь на её поверхности, никак не наблюдаем этого вращения, а все другие небесные тела кажутся нам движущимися относительно Земли. Галилей в своей книге «Диалоги о двух системах мира» сформулировал этот принцип для классической механики: «Для предметов, захваченных равномерным движением, это последнее как бы не существует и проявляет своё действие на вещах, не принимающих в нём участия». И. Ньютон в своих «Математических началах натуральной философии» [10. Т. I. Следствие V] рассматривает движение тел в абсолютном пространстве: «Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключённых в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли пространство, или движется равномерно и прямолинейно без вращения».

Через три века после Галилея, который сформулировал ПО только для механических явлений, в 1895 году А. Пуанкаре в статье «К теории Лармора» формулирует ПО для всех явлений:

«Невозможно обнаружить абсолютное движение материи, или, точнее, относительное движение весомой материи и эфира. Все, что можно сделать, —

это выявить движение весомой материи относительно весомой материи». [12. С. 7]. В статье «Измерение времени» (1898 г.) А. Пуанкаре выдвигает гипотезу постоянства скорости света и условного характера понятия одновременности двух событий: «...принял скорость света постоянной и, в частности, одинаковой во всех направлениях. Это есть постулат» [12. С. 19].

В 1898–1904 годах А. Пуанкаре в своих работах [12] «Измерение времени», «Оптические явления в движущихся телах», «О принципе относительности пространства и движения», «Настоящее и будущее математической физики», задолго до Эйнштейна, сформулировал основные положения принципа относительности:

«1. Абсолютного пространства не существует, мы знаем только относительные движения.

2. Не существует абсолютного времени. <...>

3. Мы не способны к непосредственному восприятию не только равенства двух промежутков времени, но и не можем быть уверенными в одновременности двух событий, происходящих в различных местах.

4. Наконец, сама наша евклидова геометрия – всего лишь своего рода условный язык.

Таким образом, абсолютное пространство, абсолютное время, даже сама геометрия не имеют характера вещей, обуславливающих собой механику» [12. С. 23].

А. Пуанкаре в статье «О динамике электрона» (1905 г.) называет ПО «постулатом относительности Лоренца», а далее А. Эйнштейн в статье «К электродинамике движущихся тел» (1905 г.) переводит ПО из гипотезы в ранг фундаментального закона, о чём впоследствии Х.А. Лоренц написал в 1912 году: «Заслуга Эйнштейна состоит в том, что он первый высказал принцип относительности в виде всеобщего строго и точно действующего закона» [12. С. 23]. В статье «Теория относительности» в 1915 году А. Эйнштейн пишет: «...физические явления зависят только от движений тел относительно друг друга, то есть что с физической точки зрения абсолютного движения не существует» [2. Т. 1. С. 412].

«Постулат о равноправии всех таких систем  $K$  и  $K'$ , в которых не существует состояний движения, предпочтительных по сравнению с другими, мы будем называть “специальным принципом относительности”. <...>

Теория Лоренца вызывает недоверие именно потому, что она, по-видимому, противоречит принципу относительности» [2. Т. 1. С. 413].

В Гибсоновской лекции, прочитанной в Университете Глазго в 1933 году, Эйнштейн сказал: «...если понятие скорости может иметь только относительный смысл, то почему ускорение, несмотря на это, должно оставаться абсолютным понятием?» [2. Т. 2. С. 403].

ОТО уравнило все системы координат, и инерциальные, и неинерциальные, но только с кинематической точки зрения. С энергетической точки зрения, если скорость и ускорение относительны, то относительным должен быть и энергогравитационный потенциал, равный квадрату скорости, и, обобщая, так же и энергия движения не может оставаться абсолютным понятием.

«...В однородном гравитационном поле все движения происходят точно так же, как в равномерно ускоренной системе координат в отсутствие поля тяготения» [2. Т. 2. С. 404].

«...Разумную теорию гравитации можно построить лишь в результате обобщения принципа относительности» [2. Т. 2. С. 405].

Предлагаем читателю самому ознакомиться с важным, на наш взгляд, для понимания возникновения ОТО, у истоков которой стоял Э. Мах, отрывком из статьи Эйнштейна «Основы общей теории относительности» [2. Т. 1. С. 455–456].

Критикуя абсолютное движение в абсолютном пространстве в теории Ньютона Мах писал: «Вряд ли есть необходимость заметить здесь, что и в приведенных здесь рассуждениях Ньютон изменяет своему намерению исследовать только *фактическое*. Об абсолютном пространстве и абсолютном движении никто ничего сказать не может, это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут. Все наши основные принципы механики представляют собою... данные опыта об относительных положениях и движениях тел» [1].

В статье «Эфир и теория относительности» (1920 г.) А. Эйнштейн рассматривает ПМ в соотношении с «эфиром» и общей теорией относительности:

«Правда, Мах пытался избежать необходимости принимать за реально существующее нечто недоступное наблюдению... Но инерция в случае ускорения относительно далеких масс предполагает прямое действие на расстоянии».

«Естественно, что большим шагом вперед было бы объединение в одну общую картину гравитационного и электромагнитного полей. Тогда была бы достойно завершена эпоха теоретической физики, начатая Фарадеем и Максвеллом» [2. С. 689].

ПМ предполагает дальноедействие, но, находясь в тупике, возникает парадоксальная мысль: искать причину инерции не в далёких звёздах, а непосредственно здесь и сейчас. Эта мысль, исходя из нашего опыта, кажется совершенно фантастической, потому что рядом с телом нет ничего материального, чем мы привыкли объяснять любое движение, а идея материального эфира отвергнута экспериментами Майкельсона – Морли и теорией относительности Эйнштейна ввиду принципиального отсутствия в нашем мире абсолютной системы отсчёта.

## 5. Эксперименты по проверке принципа Маха

Почему мы считаем, что физическое тело заканчивается там, где мы его уже не можем наблюдать?

*Эрнст Мах*

А. Эйнштейн в статье «Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электродинамической индукции?», опубликованной 1912 году, фактически ставит мысленный эксперимент для проверки ПМ:

«Пусть рассматривается система тяготеющих масс, состоящая из сферической оболочки  $K$  с массой  $M$ , равномерно распределенной по поверхности шара, и из расположенной в центре этой оболочки материальной точки  $P$  с массой  $m$  (рис. 1). Будет ли действовать на жестко закрепленную материальную точку  $P$  сила, если оболочке  $K$  сообщить ускорение  $\Gamma$ ?» [2. С. 223].

Далее Эйнштейн пишет, что «следующие рассуждения заставляют считать такое силовое воздействие действительно существующим и позволяют определить в первом приближении его величину» [2. С. 223].

Эта статья интересна во многих отношениях:

– во-первых, Эйнштейн теоретически доказывает возможность дальнего действия, что можно проверить экспериментально – достаточно в вакууме раскрутить сферическую оболочку  $K$  с ускорением по определению, как тело  $P$  с массой  $m$  тоже должно начать крутиться в том же направлении,

– во-вторых, «следовательно, инертная масса  $m'$  с учетом влияния оболочки  $K$  равна

$$m' = m + kmM/Rc_0^2, \quad (1)$$

где в обозначениях Эйнштейна “ $k$  – гравитационная постоянная,  $R$  – радиус оболочки  $K$ ,  $c_0$  – скорость света в гравитационном поле с данным потенциалом,  $M$  – инертная масса оболочки  $K$  в отсутствие  $P$ ,  $m$  – инертная масса точки  $P$  в отсутствие  $K$ ”.

Этот результат очень интересен. Он показывает, что присутствие оболочки  $K$ , обладающей инертной массой, увеличивает инертную массу находящейся внутри нее материальной точки  $P$ . Это наводит на мысль о том, что инерция материальной точки *полностью* обусловлена воздействием всех остальных масс посредством некоторого рода взаимодействия с ними» [2. С. 225]. Здесь Эйнштейн в сноске признаёт: «*Это полностью согласуется с точкой зрения, выдвинутой Э. Махом в его остроумных исследованиях по этому вопросу*» [2. С. 225].

О своём мысленном эксперименте в письме в 1913 году Эйнштейн писал Маху: «...инерция проявляется как своего рода взаимодействие тел, вполне в духе Вашей критики ньютоновского эксперимента с вращающимся сосудом» [2].

К этому вопросу Эйнштейн возвращается в статье «Формальные основы общей теории относительности» 1914 года [2. С. 326–384]. В этот период создания ОТО о ПМ Эйнштейн вспоминает почти в каждой своей статье, и такое впечатление, что он хочет «встроить» этот принцип в ОТО, но это ему никак не удаётся.

В современных обозначениях формула (1) выглядит следующим образом:

$$m' = m + GmM/Rc^2, \quad (2)$$

где  $G$  – гравитационная постоянная,  $c$  – скорость света в вакууме как функция  $x, y, z$ .

Замечая, что  $GM/R = \Delta\varphi$  – гравитационный потенциал, равный разности энергopotенциалов, создаваемый оболочкой  $K$  с массой  $M$  на расстоянии  $R$ , то есть в точке  $P$ , а  $GmM/R = m\Delta\varphi = E_G$  – гравитационная энергия, получим

$$m' = m + \Delta\varphi m/c^2 = m + E_G/c^2.$$

Мы знаем из опыта, что гравитационный потенциал в данном месте пространства «обнаруживается» для всех движущихся тел (например, для Луны вокруг Земли или Земли вокруг Солнца) равным квадрату их скорости, то есть

$$GM/R = \Delta\varphi = v^2,$$

и, соответственно, гравитационно-кинетическая энергия этого движущегося тела

$$E_G = m\Delta\varphi = mv^2.$$

Тогда инертная масса равна

$$\begin{aligned} m' &= m + GmM/Rc^2 = m + \Delta\varphi m/c^2 = m + mv^2/c^2 = \\ &= m(1 + v^2/c^2) = E_0/c^2 + E_G/c^2, \end{aligned}$$

где  $(1 + v^2/c^2) = \gamma^2$  – квадрат фактора Лоренца), откуда полная энергия замкнутой системы равна

$$E = E_0 + E_G = mc^2(1 + v^2/c^2) = E_0(1 + v^2/c^2) = constant. \quad (3)$$

В теории относительности мерой инерции тела является полная энергия тела (системы тел):

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2 = m^2c^4 + m^2v^2c^2,$$

где  $p = mv$  – импульс тела, частицы  
или

$$E^2 = m^2c^4(1 + v^2/c^2) = E_0^2(1 + v^2/c^2) = constant, \quad (4)$$

идентичная формуле (3)

Следовательно, для изолированной системы, какой можно считать, например, Вселенную, Солнечную систему, машину, атом, при постоянной полной энергии системы  $E$ , постоянной скорости света при постоянном гравитационном потенциале Вселенной на данный период времени, при изменении *внутри системы* относительной скорости тела  $v$ , и, соответственно, энергогравитационного потенциала  $v^2 = \Delta\varphi$  в этом месте пространства-поля, при соблюдении закона сохранения энергии, должна меняться «внутренняя» энергия тела  $E_0 = mc^2$ , что возможно только при изменении массы тела  $m$  (иногда в современной терминологии «масса покоя»  $m_0$ ). Это возможно только в том случае, когда часть массы переходит в энергию замкнутой системы  $E$  при увеличении скорости, увеличивая тем самым потенциал в этом месте «пространства», и при «торможении», наоборот, – энергия системы переходит в массу. Следовательно, необходимо сделать общий вывод: движение материальных тел осуществляется за счёт «расходования» энергии их

масс. Например, у достаточно замкнутой Солнечной системы при движении вокруг центра Галактики с переменной скоростью должна изменяться инертная масса системы, включая и инертные массы планет и всех тел, из-за изменения гравитационного потенциала, а так называемая масса покоя, равная  $E = Mc^2$ , должна увеличиваться из-за стока материи к Солнцу и планетам.

Обобщая, можно сделать вывод, что для того, чтобы механически «двигаться» внутри системы, необходимо «сжигать» массу, превращая её в энергию, и неважно, снаряд это с пушкой, или автомобиль с двигателем, или бегущий человек. Спрашивается, откуда берётся энергия для ускорения и набора скорости, например, падающего камня? Или для падения воды в гидроэлектростанциях? Ответ, основывающийся на наших исследованиях, должен быть однозначен: в кинетическую энергию свободно падающего тела превращается масса этого тела. Тогда возникает следующий вопрос: куда уходит энергия, полученная при «уменьшении» массы? Ответ может быть только один: переходит в энергию поля, повышая его потенциал и тем самым обеспечивая «механическое» движение материального тела в «пространстве».

В. Хьюз в статье «Принцип Маха и эксперименты по анизотропии массы» писал: «Мах высказал точку зрения, именуемую теперь принципом Маха, согласно которой... сила инерции, действующая на тело, есть результат гравитационного воздействия на это тело удаленной материи и инертная масса тела определяется всей материей во Вселенной. С этой точки зрения, естественно поставить вопрос, не приведет ли анизотропное распределение материи во Вселенной к тому, что инертная масса сама окажется зависящей от направления, то есть анизотропной» [5. С. 202].

Если ПМ верен, то, согласно современным физическим представлениям, какой бы однородной Вселенная ни была в больших масштабах, для нас находящихся на Земле, должна наблюдаться изотропия масс в направлении скопления масс, – например, центра нашей Галактики.

В статье «Сущность теории относительности», опубликованной в 1921 году, Эйнштейн подробно останавливается на идеях Маха и рассматривает теоретические и экспериментальные возможности проверки принципа Маха [2. Т. 2. С. 75–77].

С целью проверки ПМ были выполнены многочисленные эксперименты, основанные на различных физических принципах, например, Дж. Коккони и Э. Солпитер [13; 14], Иллинойсская группа [15], В. Хьюз [16], Р. Древер [17], по выявлению анизотропии массы в направлении центра Галактики, но все они не выявили её с точностью до  $\Delta m/m < 10^{-22} - 10^{-23}$ , что даёт основание современной физике сделать вывод, что анизотропии масс, вытекающей из ПМ, не существует и, соответственно, объяснение инерции масс невозможно с помощью ПМ как результат гравитационного влияния удаленных масс Вселенной.

После выхода статьи А. Эйнштейна «Принципиальное содержание общей теории относительности» вскоре выяснилось, что общековариантные уравнения гравитационного поля Эйнштейна «не удовлетворяют постулату «в», так как они допускают решение», что «...из уравнений (1) следует, что

может быть  $G$ -поле без какой бы то ни было материи, вопреки постулату Маха» [2. С. 614]. Де Ситтер (De Sitter) нашёл решение уравнений тяготения Эйнштейна без материи, не исключаяющее наличие «инерции по отношению к пространству», что прямо противоречит ПМ, согласно которому наличие инертной массы у тела является следствием гравитационного взаимодействия его со всей материей Вселенной. В своей вышеуказанной статье Эйнштейн писал: «Иначе обстоит дело с “принципом Маха” “в”; необходимость придерживаться его отнюдь не разделяется другими авторами, но я и сам считаю, что выполнение его не обязательно. По принципу Маха, согласно уравнениям гравитационного поля, не может существовать никакого  $G$ -поля без материи. Очевидно, что постулат “в” тесно связан с вопросом пространственно-временной структуры мира как целого, так как в порождении  $G$ -поля принимают участие все массы».

О ПМ в этой статье Эйнштейн уже пишет, что «выполнение его необязательно» [2. С. 614]. Далее Эйнштейн приходит к выводу, что «...нужно... мысленно сконструировать мир, отвечающий принципу Маха...» [2. С. 615].

### Заключение

Принцип Маха, когда инертные свойства тел в первоначальной формулировке определяются всей материей Вселенной, можно встроить в физическую теорию таким образом, что инертные свойства материального физического тела будут определяться движением единой материи в материально-энергетическом поле [18] при выполнении принципа относительности и закона сохранения энергии, а «источником», причиной инерции является напряжённость-ускорение этого поля [19].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мах Э. Механика: историко-критический очерк её развития. Ижевск: редакция журнала «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.
2. Эйнштейн А. СНТ. М.: Наука, 1965, 1966.
3. Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница–Маха // Метафизика. 2016. № 3 (21). С. 69–85.
4. Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. С. 417.
5. Гравитация и относительность / под ред. Х. Цзю и В. Гоффмана. М.: Мир, 1965.
6. Мах Э. Познание и заблуждение / пер. Г. Котляра. М., 1909. С. 432.
7. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Релятивистская астрофизика. М.: Наука, 1967.
8. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Структура и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975
9. Аристотель. Сочинения: в 4 т. М.: Мысль, 1981.
10. Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989.
11. Беркли Д. Трактат «О движении» («De motu») // Беркли Джордж. Сочинения. М.: Наука, 1978. С. 152–247.
12. Принцип относительности. М.: Атомиздат, 1973.
13. Cocconi G., Salpeter E.E. // Nuovo Cimento. 1958. 10. 646.

14. *Cocconi G., Salpeter E.E.* // Phys. Rev. Lett. 1960. 4. 176.
15. *Sherwin C.W., Frauenfelder H., Garwin E.L.* // Phys. Rev. Lett. 1960. 4. 399.
16. *Hughes V.W., Robinson H.G., Beltran-Lopes V.* // Phys. Rev. Lett. 1960. 4. 342.
17. *Drever R.W.P.* // Phil. Mag. 1961. 6. 683.
18. *Никитин А.П.* О фундаментальной связи постоянных Планка и Хаббла // Метафизика. № 4 (26). С. 153–160. URL: <http://lib.rudn.ru/35>
19. *Никитин А.П.* Космофизика. Cosmophysics (RUS). URL: <http://vixra.org/pdf/>

## MACH PRINCIPLE AND PRINCIPLE OF RELATIVITY

A.P. Nikitin<sup>2</sup>

The article considers the “many-faced” Mach principle and the principle of relativity, which are organically related due to the unity of nature, and provides a brief historical overview of the primary sources of these principles. Ernst Mach formulated his principle by criticizing Newtonian mechanics in his book [1] in 1896. A. Einstein, first using the term “Mach principle” in 1918, wrote that the general theory of relativity is based on three main points, one of which was the Mach principle [2. P. 613]. Currently, Mach principle is used as one of the three main provisions of the relational theory of Yu.S. Vladimirov [3]. The article also describes A. Einstein’s thought experiment from the article “Is there a gravitational effect similar to electrodynamic induction?” [2. P. 223] and about numerous experiments based on various physical principles, with the aim of checking Mach principle.

**Keywords:** Mach principle, principle of relativity, principle of equivalence, inertia, relational theory.

---

<sup>2</sup> E-mail: [anikitinaaa@mail.ru](mailto:anikitinaaa@mail.ru)



---

---

## НАШИ АВТОРЫ

---

---

**АНТИПЕНКО Леонид Григорьевич** – кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института философии РАН.

*Российская Федерация, 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1  
12, build 1 Goncharnaya St, 109240, Moscow, Russian Federation*

**АРИСТОВ Владимир Владимирович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором Вычислительного центра имени А.А. Дородницына РАН.

*Российская Федерация, 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 40  
40 Vavilov St, 119333, Moscow, Russian Federation*

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

*Российская Федерация, 119121, Москва, Погодинская улица, д. 8  
8 Pogodinskaya St, 119121, Moscow, Russian Federation*

**ВЛАДИМИРОВ Юрий Сергеевич** – доктор физико-математических наук, профессор физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессор Института гравитации и космологии РУДН, академик РАЕН.

*Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6  
6 Miklukho-Maklaya St, 117198, Moscow, Russian Federation*

**ЖИЛКИН Андрей Георгиевич** – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН.

*Российская Федерация, 119017, Москва, ул. Пятницкая, д. 48  
48 Pyatnitskaya St, 119017, Moscow, Russian Federation*

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

*Российская Федерация, 117218, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, кор. 1  
36, cor. 1 Nakhimovsky Prospekt, 117218, Moscow, Russian Federation*

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

*Российская Федерация, 117218, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, кор. 1  
36, cor. 1 Nakhimovsky Prospekt, 117218, Moscow, Russian Federation*

**НИКИТИН Александр Павлович** – физик-теоретик.

**ПАНЧЕЛЮГА Виктор Анатольевич** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН.

*Российская Федерация, 142290, Московская обл., г. Пущино, Институтская улица, д. 3  
3 Institutskaya St, Pushchino, 142290, Moscow Region, Russian Federation*

**РОДИНА Александра Вячеславовна** – стажер-исследователь Института философии РАН.

*Российская Федерация, 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1  
12, build 1 Goncharnaya St, 109240, Moscow, Russian Federation*

**СЕВАЛЬНИКОВ Андрей Юрьевич** – доктор философских наук, профессор Института философии РАН, профессор кафедры логики Московского государственного лингвистического университета.

*Российская Федерация, 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1  
12, build 1 Goncharnaya St, 109240, Moscow, Russian Federation*

**СИДОРОВА-БИРЮКОВА Анна Алексеевна** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

*Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2  
1, build 2 Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russian Federation*

**СОЛОВЬЁВ Антон Васильевич** – кандидат физико-математических наук, доцент физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

*Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2  
1, build 2 Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russian Federation*

**СУСЛОВА Мария Иосифовна** – член Российского философского общества и Московского общества испытателей природы.

*Российская Федерация, 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1  
12, build 1 Goncharnaya St, 109240, Moscow, Russian Federation*

## 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. Сер.: Международные отношения. 2008. № 4. С. 52–62.
5. Хабермас Ю. Политические работы. М.: Праксис, 2005.

С увеличением проводимости<sup>1</sup> 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.

<sup>1</sup> 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

*Для заметок*

---

*Для заметок*

---