



# МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

## В этом номере:

- Метафизические основания математики
- Соотношение физики и математики
- Физика и математика в историческом процессе

**2018, № 4 (30)**

# МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2018, № 4 (30)

Основан в 2011 г.

Выходит 4 раза в год

- **МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ  
ОСНОВАНИЯ  
МАТЕМАТИКИ**
- **СООТНОШЕНИЕ  
ФИЗИКИ  
И МАТЕМАТИКИ**
- **ФИЗИКА  
И МАТЕМАТИКА  
В ИСТОРИЧЕСКОМ  
ПРОЦЕССЕ**

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

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

*Материалы журнала размещаются* на платформе РИНЦ Российской научной электронной библиотеки

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

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

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

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

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

Подписано в печать 13.11.2018 г.  
Дата выхода в свет 29.12.2018 г.

Формат 70×108/16.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,95.  
Тираж 500 экз. Заказ 2105.  
Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе РУДН 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3  
Цена свободная

# METAFIZIKA

SCIENTIFIC JOURNAL

(Metaphysics)

No. 4 (30), 2018

**Founder:**  
Peoples' Friendship University of Russia

Established in 2011  
Appears 4 times a year

## Editor-in-Chief:

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

## Editorial Board:

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

ISSN 2224-7580

# **МЕТАФИЗИКА** НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**2018, № 4 (30)**

**Учредитель:**  
**Российский университет дружбы народов**

Основан в 2011 г.  
Выходит 4 раза в год

**Главный редактор –**

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

**Редакционная коллегия:**

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

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

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

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

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

преподаватель Санкт-Петербургской православной духовной академии

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

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

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

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

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

ISSN 2224–7580

# CONTENTS

<b>EDITORIAL NOTE</b> .....	6
<b>METAPHYSICAL FOUNDATIONS OF MATHEMATICS</b>	
<i>Vladimirov Yu.S.</i> Metaphysical foundations of mathematics .....	8
<i>Bakhtiyarov K.I.</i> Physical mathematics as the solution of the antithesis physicist and mathematician .....	22
<i>Katasonov V.N.</i> Physics to burn metaphysics.....	29
<i>Zakharov V.D.</i> Mathematics and physical reality	43
<b>THE RATIO OF PHYSICS AND MATHEMATICS</b>	
<i>Aristov V.V.</i> Connection between physics and mathematics according to relational statistical approach.....	49
<i>Koganov A.V.</i> Mathematical models in theoretical physics and their reference base....	61
<i>Rybakov Yu.P.</i> Interrelationship between physics and mathematics as the source of nature cognition.....	71
<i>Krugly A.L.</i> To the question of the place of mathematics in the information universe.....	75
<b>PHYSICS AND MATHEMATICS IN THE HISTORICAL PROCESS</b>	
<i>Vizgin V.P.</i> Noetherian structure of the physical theories: historical and philosophical scientific aspects (to the centenary of Noether's theorem on the interconnection between symmetry principles and conservation laws).....	81
<i>Nugayev R.M.</i> Special relativity genesis: an intertheoretic context.....	113
<b>CONTENTS: 21–30 ISSUES OF THE METAFIZIKA MAGAZINE</b> .....	129
<b>AUTHORS AND TOPICS: 1–30 ISSUES OF THE METAFIZIKA MAGAZINE</b> .....	139
<b>OUR AUTHORS</b> .....	146

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Метафизические основания математики .....	8
<i>Бахтияров К.И.</i> ФИЗМАТ как решение антитезы Физик – Математик .....	22
<i>Катасонов В.Н.</i> Физика рождает метафизику .....	29
<i>Захаров В.Д.</i> Математика и физическая реальность .....	43
<b>СООТНОШЕНИЕ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ</b>	
<i>Аристов В.В.</i> Взаимоотношение физики и математики согласно реляционно-статистическому подходу.....	49
<i>Коганов А.В.</i> Математические модели в теоретической физике и их эталонная база.....	61
<i>Рыбаков Ю.П.</i> Взаимосвязь физики и математики как источник познания природы.....	71
<i>Круглый А.Л.</i> К вопросу о месте математики в информационной Вселенной.....	75
<b>ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ</b>	
<i>Визгин В.П.</i> Нетерова структура физических теорий: исторические и философско-научные аспекты (К 100-летию теоремы Нетер о связи принципов симметрии с законами сохранения).....	81
<i>Нугаев Р.М.</i> Генезис специальной теории относительности: интертеоретический контекст.....	113
<b>СОДЕРЖАНИЕ 21–30 ВЫПУСКОВ ЖУРНАЛА «МЕТАФИЗИКА»</b> .....	129
<b>АВТОРЫ И ТЕМАТИКА 1–30 ВЫПУСКОВ ЖУРНАЛА «МЕТАФИЗИКА»</b> .....	139
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	146

## ОТ РЕДАКЦИИ

Очередной выпуск нашего журнала посвящен обсуждению вопроса о соотношении математики и физики. Этот вопрос уже давно обсуждается научной общественностью. В частности, широко известна статья на эту тему академика В.И. Арнольда: «Математика и физика: родитель и дитя или сестры», написанная в порядке дискуссии с представителями французской математической школы Бурбаки. На эту тему высказывались П.А.М. Дирак, С. Вайнберг, В. Гейзенберг, Я.И. Френкель и многие другие известные физики и математики. Отметим также, что близкой тематике ранее были посвящены два выпуска нашего журнала: № 4 (10) за 2013 год (Метафизика и информатика) и № 3 (17) за 2015 год (Метафизика и метаматематика).

В этом году отечественные физики-теоретики провели круглый стол на эту тему в РУДН на базе Института гравитации и космологии. На нем выступил ряд физиков, членов Российского гравитационного общества. В данном номере журнала публикуются статьи по материалам этого круглого стола.

Публикуемые материалы составляют три раздела. В первом разделе «Метафизические основания математики» обсуждены основания математики в контексте ее неразрывной связи с физикой. В последнее время большинство российских физиков-теоретиков склоняются к точке зрения, что физика и математика составляют единое метафизическое целое.

Во втором разделе журнала «Соотношение физики и математики» продолжается обсуждение ряда вопросов взаимоотношения физики и математики, раскрывающихся со стороны реляционного подхода к мирозданию, со стороны теории информации, построения математических моделей физики и т.д.

В третьем разделе «Физика и математика в историческом процессе» рассмотрено, как менялось соотношение ролей физики и математики в процессе развития естествознания от далекого прошлого до настоящего времени. Кроме того, в этом разделе помещена статья Вл.П. Визгина, приуроченная к 100-летию теоремы Нетер, сыгравшей важную роль в развитии физики двадцатого столетия: в установлении законов сохранения, в калибровочной теории взаимодействий и т.д.

Данный номер журнала является тридцатым с момента создания журнала в 2011 году, то есть, можно сказать, является юбилейным. В связи

с этим в нем приведено содержание предыдущих 10 номеров журнала. Напомним, что в двадцатом номере журнала аналогичным образом были представлены оглавления предыдущих 20 номеров журнала. Кроме того, в этом выпуске приведен список авторов всех выпусков нашего журнала с указанием номеров, где помещены их статьи.



# МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

## МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Ю.С. Владимиров

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

В рамках обсуждения метафизических оснований математики рассмотрены, во-первых, имеющиеся взгляды на соотношение математики и физики, во-вторых, приведены доводы в пользу понимания физики и математики как своеобразного единого целого, в-третьих, показаны трудности в выяснении оснований математики как самостоятельной дисциплины и, в-четвертых, предложена метафизическая трактовка оснований математики как составной части физики.

**Ключевые слова:** принципы метафизики, принцип тринитарности, основания физики, основания математики, теория множеств, вещественные и комплексные числа, метаматематика.

### Введение

В настоящее время исследования в области фундаментальной теоретической физики вплотную сомкнулись с вопросами, традиционно относящимися к сфере метафизики. Это, прежде всего, относится к обсуждению проблем оснований физики и геометрии. На эту тему ведутся острые дискуссии, собираются специальные конференции. В процессе дискуссий на эту тему удалось наметить ряд метафизических принципов. Среди них ключевую роль играют следующие принципы [1].

1. **Принцип выбора исходных оснований** состоит в выборе одного из двух подходов к реальности: редукционистского или холистического. Первый основан на первичности так или иначе выделенных категорий (элементов, частей), составляющих физическую реальность (целое), а второй состоит в постулировании первичности именно целого, тогда как выделенные из него категории (части) считаются вторичными.

**2. Принцип тринитарности, принимающий характер принципа троичности в редукционистском подходе или характер триединства в холистическом подходе.** Этот принцип проявился уже в разделении мировой культуры на науку, философию и религию. В физике он сказался в трех видах ключевых категорий (пространства-времени, частиц и полей переносчиков взаимодействий), в трех пространственных измерениях, в трех видах поколений частиц в электрослабых взаимодействиях, в трех хроматических зарядах в хромодинамике и т.д. Особо следует выделить три дуалистические парадигмы в фундаментальной теоретической физике: теоретико-полевою (доминирующую), геометрическую и реляционную, в рамках которых проводились исследования физической реальности в XX веке.

**3. Принцип дополненности,** играющий особую роль при редукционистском подходе. В частности, согласно этому принципу, три вышеназванные физические парадигмы не противоречат, а дополняют друг друга. Только учитывая достижения в рамках всех трех парадигм, можно получить наиболее полное представление о физической реальности.

**4. Принцип процессуальности,** состоящий в проявлениях динамического характера (процессуальности) всей физической картины мира. Этот принцип реализуется в центральной роли уравнений движения в физике, в сущности квантовой теории, описывающей переходы между состояниями микросистем. Этот принцип положен в основу развиваемой в нашей группе бинарной предгеометрии.

Имеется ряд других метафизических принципов, например, принцип целостности, принцип фрактальности и т.д.

Анализ показывает, что в основаниях фундаментальной физики явно проявляются названные принципы, однако при этом неизбежно встает сопутствующий физике не менее важный вопрос об основаниях математики, поскольку построение любой физической теории немислимо без использования соответствующего математического аппарата. Более того, все помнят высказывание Вигнера о «непостижимой эффективности математики». Неоднократно высказывалась точка зрения, что за всякой красивой математической конструкцией (теорией) обязательно кроются какие-то физические проявления.

## **1. Метафизический принцип тринитарности в математике**

Некоторое время автор придерживался мнения, что названные выше ключевые метафизические принципы можно вывести из анализа состояния современной математики. В частности, такая точка зрения подкреплялась явным проявлением в современной математике метафизического принципа тринитарности. Этот факт отображен в ряде подходов к основаниям математики.

Так, в монографии С.К. Клини «Введение в метаматематику» [2] математика представлена опирающейся на систему из трех категорий. Первую

категорию образуют *формальные символы* (принадлежности, равенства, сложения и т.д.), вторую категорию составляют *формальные выражения* (конечные последовательности формальных символов), а третью – *конечные последовательности формальных выражений*.

Как нам представляется, более содержательной является позиция французской математической школы Бурбаки, которые явно выделили в основаниях математики три типа математических структур (три вида отношений), названные порождающими структурами (*les structures-meres*).

1. «То отношение, которое фигурирует в групповых структурах, называют «законом композиции»; это такое отношение между тремя элементами, которое определяет однозначно третий элемент как функцию двух первых. Когда отношения в определении структуры являются «законами композиции», соответствующая структура называется *алгебраической структурой*» [3. С. 252].

2. «Другой важный тип представляют собой структуры, определяющие *отношения порядка*; на этот раз это – отношение между двумя элементами  $x$ ,  $y$ , которое чаще всего мы выражаем словами –  $x$  меньше или равно  $y$ . <...> Здесь больше не предполагается, что отношение однозначно определяет один из элементов  $x$ ,  $y$  как функцию другого» [Там же].

3. К третьему типу структур отнесены *топологические структуры* (или топология): «...в них находят абстрактную математическую формулировку интуитивные понятия окрестности, предела и непрерывности, к которым нас приводит наше представление о пространстве» [Там же. С. 253].

Отметим, что математики школы Бурбаки предпочли не связывать наличие трех структур с метафизикой, написав: «Мы бы зашли слишком далеко, если бы от нас потребовали проследить те превратности судьбы, которым подвергалась унитарная концепция математики от пифагорейцев до наших дней. Кроме того, это – работа, к которой больше подготовлен философ, чем математик, так как общей чертой всех попыток объединить в единое целое математические дисциплины – все равно идет ли речь о Платоне, о Декарте или Лейбнице, об арифметизации или логистике XIX века – является то, что они делались в связи с какой-либо более или менее претенциозной философской системой, причем исходным пунктом для них всегда служили априорные воззрения на отношения между математикой и двойной действительностью внешнего мира и мира мысли» [3. С. 246].

На первый взгляд, казалось, что все разделы математики можно было бы представить через три возможные комбинации пар этих структур и далее выйти на метафизический принцип дополнительности, как это делается с тремя дуалистическими парадигмами в фундаментальной физике. Однако в математике ситуация оказалась значительно сложнее.

Для выяснения оснований математики оказалось чрезвычайно важным ответить на вопрос о соотношении физики и математики. В частности, этот вопрос был поднят в статье академика В.И. Арнольда [4]:

## 2. Математика и физика: родитель и дитя или сестры?

Мнения по этому вопросу разделились. Наиболее интересными оказались четыре предлагавшихся ответа.

1. Так, в книге С.К. Клини «Введение в метаматематику» математика отрывается от физики и вообще от какого-либо материального носителя. Так, Клини пишет: «Математика должна изучать формальную систему как систему символов и т. п., которые рассматриваются совершенно объективно. Это означает попросту, что символы и т.п. не должны использоваться для обозначения чего-либо отличного от них самих. Метаматематика смотрит на них, а не через них и не на то, что за ними; таким образом, они являются предметами без интерпретации или значения» [2. С. 62].

Во французской математической школе Бурбаки также склонны считать математику самостоятельной дисциплиной, оторванной от физики.

2. Ряд наших коллег считает более первичной математику. В частности, этой точки зрения придерживается член-корреспондент РАН Волович. Близкие взгляды в последнее время высказывает Ю.И. Кулаков [5], считающий, что вскрытый им математический аппарат теории физических структур способен объяснить все уже открытые физические закономерности и даже те, которые еще предстоит открыть. Нужно лишь достаточно далеко развить эту теорию и далее лишь суметь физически проинтерпретировать понятия, вскрытые этой математикой.

Профессор А.П. Ефремов также фактически высказывается в пользу первичности математики. Он пишет: «Вообще говоря, “хорошую”, состоятельную теорию можно рассматривать как своеобразный, но достаточно цельный математический раздел. Иными словами, поиск подходящего описания физических вещей и явлений сегодня осуществляется в математической среде. И хоть этот поиск пока остается чисто эвристическим процессом – и на стадии выбора подходящей математической области, и в технологии «подгонки» формул под нужный результат, – тем не менее, можно с определенностью сказать, что средой формирования современных представлений о физических законах является особая «естественная наука» – математика» [6]. В другой своей статье он пишет: «Однако нет никакого сомнения в том, что успех дальнейших процессов познания будет всецело зависеть от того, достанет ли у человечества воли, настойчивости и таланта, чтобы проникнуть в те скрытые пока математические глубины, где имманентно существуют записи всех законов видимого и невидимого, но безусловно реального физического мира» [7].

3. Другая точка зрения – о первичности именно физики была высказана академиком В.И. Арнольдом в упомянутой выше статье [4], написанной в порядке дискуссии с представителями французской группы Бурбаки. В своей статье он отмечал: «Математика – это часть теоретической физики, где эксперименты дешевы». <...> «Первоначально математика создавалась ради реальных практических задач». <...> «Вопрос о соотношении двух наук мно-

го обсуждался. Гильберт, например, явно заявил, что геометрия – это часть физики, поскольку нет никакой разницы между тем, как получает свои достижения геометр и как физик». <...> «Перечислять все замечательные высказывания (Паскаля, Декарта, Ньютона, Гюйгенса, Лейбница) по этому поводу было бы слишком долго...». Из статьи следует, что он считал физику матерью, а математику – дитем.

Еще более определенной позиции в этом плане придерживался физик Я.И. Френкель: «Математика может дать нам в переработанном виде лишь то, что мы сами в нее вложили. Для того чтобы получить новые физические результаты, необходимо – сознательно или бессознательно – вложить в “математическую мясорубку” новые физические идеи, хотя бы в необработанном виде <...> Физические проблемы могут быть решены только физическими средствами. Среди младшего, а подчас и старшего поколения физиков-теоретиков, занимающихся вопросами квантовой теории, возникла целая армия «аппаратчиков» – людей, утративших способность или склонность думать о сущности физических явлений. Нездоровое увлечение формально-математическим аппаратом, формалистический подход к вопросам физической теории приносит ей больше вреда, чем пользы, приучает физиков довольствоваться дешевыми математическими трофеями и забывать о подлинной сущности рассматриваемых проблем» [8. С. 19].

Аналогично высказывался В. Гейзенберг: «Математика – это форма, в которой мы выражаем наше понимание природы, но не содержание. Когда в современной науке переоценивают формальный элемент, совершают ошибку, и при том очень важную...» [9. С. 69].

Приведем также высказывание С. Вайнберга: «Математика сама по себе никогда ничего не объясняет – это лишь средство, с помощью которого мы используем совокупность одних фактов для объяснения других, и язык, на котором мы выражаем наши объяснения» [10. С. 48].

Можно привести ряд других высказываний в пользу первичности именно физики.

4. С приведенными высказываниями в значительной степени следует согласиться, однако с существенной оговоркой: они относятся к состояниям развития физики и математики в момент высказывания позиций. Это означает, что в одни моменты времени более плодотворными оказываются физические идеи, а в другие – математические. Есть достаточно оснований утверждать, что в этом вопросе мы имеем дело со своеобразным проявлением редукционизма – с разделением единой физической сущности на две части: физику и математику.

Уже тот факт, что вскрытые математикой закономерности проявляются в физике, причем в различных ее разделах, говорит о физической, точнее даже метафизической, единой природе этих закономерностей. Это ярко выражено в статье П.А.М. Дирака «Отношение между физикой и математикой». В этой статье Дирак после обсуждения применения математики на разных этапах развития физики – ньютоновой механики, создания сначала

специальной, затем общей теории относительности, в квантовой физике – пришел к выводу: «Чистая математика и физика становятся все теснее, хотя их методы и остаются различными. Можно сказать, что математик играет в игру, в которой он сам изобретает правила, в то время как физик играет в игру, правила которой предлагает Природа, однако с течением времени становится все более очевидным, что правила, которые математик находит интересными, совпадают с теми, которые избрала Природа. Трудно предсказать, каков будет результат всего этого. Возможно, оба предмета в конце концов сольются, и каждая область чистой математики будет иметь физические приложения, причем их важность в физике станет пропорциональна их интересности в математике» [11. С. 159–160].

Следует внести коррективы в слова, что математик «сам изобретает правила» игры. Видимо, здесь речь должна идти о том, что математик своим мышлением, которое также подчиняется законам Природы, выходит иным путем на открытие математических правил, затем оказывающихся соответствующими открытиям физиков.

### **3. Проблема оснований математики как самостоятельной дисциплины**

Если встать на точку зрения о самостоятельном характере математики, независимой от физики, то возникает ряд трудностей в понимании ее оснований. Это подчеркивалось рядом известных математиков.

Так, Герман Вейль писал: «Вопрос об основаниях математики и о том, что представляет собой в конечном счете математика, остается открытым. Мы не знаем какого-то направления, которое позволит в конце концов найти окончательный ответ на этот вопрос, и можно ли вообще ожидать, что подобный “окончательный” ответ будет когда-нибудь получен и признан всеми математиками» [12. С. 51].

О проблемах выявления оснований математики, оторванной от физики и опирающейся на канторовскую теорию множеств, писал математик П. Вольпенка: «...она (канторовская теория множеств) накладывает на математику ограничения, которые не так легко преодолеть. Все структуры, изученные в математике, априори жестко связаны, и роль математика есть просто роль наблюдателя, их описывающего. <...> Это ставит под вопрос роль математики как научного и полезного метода. Математика может быть низведена к простой игре, происходящей в некотором специфическом искусственном мире. Это не опасность для математики в будущем, а непосредственный кризис современной математики» [13].

Отметим, что все это может относиться к взгляду на математику как на самостоятельную дисциплину, не связанную с физикой и не учитывающую метафизические принципы в полном объеме.

Ю.И. Кулаков также считает существующие представления об основаниях математики несостоятельными и призывает к их пересмотру на основе достижений физики. Так, в своей статье «Математические начала естество-

знания (концерт для двух фортепиано с оркестром)» он написал: «В середине XX века была предпринята попытка разделить математику и физику. Последствия оказались катастрофическими (см., в частности, [4]). Математика и теоретическая физика находятся в состоянии глубокого кризиса. Математику нужно строить заново с другого конца, по образу и подобию физики, не с теории множеств и не с аксиом Пеано и аксиом ZFC (Цермело–Френкеля), а с минимального числа абстрактных символов – эйдосов. Языки математики и физики незначительно отличаются друг от друга. Можно найти общий для них алфавит и общую грамматику, что дает возможность описывать физическую реальность на языке абстрактных символов. К счастью, алфавит такого универсального языка очень прост» [14. С. 85].

Судя по обычно излагаемым представлениям о структуре математики, в ней не формируются парадигмы, в рамках которых стремятся охватить весь предмет математики, то есть сейчас трудно говорить о принципе дополнительности подобных парадигм. Вместо этого обычно говорится об отдельных разделах математики, основанных на различных комбинациях структур, сформулированных школой Бурбаки.

Математический мир в целом предлагается строить на основе концепции иерархии названных структур, идя от простого ядра из порождающих структур к сложному. Как пишут Бурбаки, «За пределами этого первоначального ядра появляются структуры, которые можно было бы назвать *сложными* (multiples) и в которые входят одновременно одна или несколько порождающих структур, но не просто совмещенные друг с другом (что не дало бы ничего нового), а органически *скомбинированные* при помощи одной или нескольких связывающих их аксиом» [3. С. 255].

Школой Бурбаки называются отдельные разделы математики с указанием порождающих их структур; например, топологическая алгебра и алгебраическая топология возникают из соединения топологической и алгебраической структур. «Соединение структуры порядка и алгебраической структуры точно также изобилует результатами, приводя, с одной стороны, к теории делимости идеалов, а с другой стороны – к теории интегрирования и к спектральной теории операторов, где точно так же топология играет свою роль. <...> Именно таким образом получают теории классической математики: анализ функций действительной и комплексной переменной, дифференциальную геометрию, алгебраическую геометрию, теорию чисел. Но они теряют свою былую автономность и являются теперь перекрестками, на которых сталкиваются и взаимодействуют многочисленные математические структуры, имеющие более общий характер» [3. С. 256].

Если в физике в основания теоретико-полевой и геометрической парадигм вкладывалось классическое пространство-время, то в основания математики до самого последнего времени стремились положить теорию множеств Кантора. Это обусловило в математике аналогичные трудности, что и с категорией пространства-времени в физике. Об этом писал чешский математик П. Вopenка: «Канторовская теория множеств ответственна за это

ущербное развитие математики... она накладывает на математику ограничения, которые не так легко преодолеть» [13. С. 14].

Существенным моментом всей теории множеств является ее статичность, родственная представлениям Платона о неизменных свойствах мира высшей реальности. Таковая же статичность заключена в классическом пространстве-времени. Эволюция физических систем, помещенных в пространство-время, описывается дополнительным приемом последовательного рассмотрения их состояний на пространственных сечениях, ортогональных линиям времени. Как в свое время заметил Э. Шредингер, публичный успех теории относительности связан со своеобразным способом «приручения» времени, сведением его свойств к пространственным.

В математике понятие процесса можно усмотреть в трактовке бесконечности как возможности повторения операций.

#### 4. Основания математики как раздела физики

Сделаем несколько существенных замечаний о трех видах структур, выделенных в школе Бурбаки.

Во-первых, существенным для развития реляционного подхода в физике является тот факт, что эти структуры являются видами отношений. Напомним, что отношение является ключевым понятием во всем реляционном подходе. Как автору представляется, именно в рамках реляционного подхода возможно решение ключевой задачи XXI века – вывода классических пространственно-временных представлений из понятий и закономерностей микромира.

Во-вторых, три выделенные структуры реализуют три вида простейших отношений: между двумя элементами, между тремя элементами и отношения множеств элементов к любому избранному элементу в рамках бинарного реляционного подхода.

В-третьих, все эти три вида отношений реализуются в теории бинарных систем отношений. Так, заданные в ней два множества элементов находятся в отношении порядка: одно является предшествующим, а второе последующим. Кроме того, можно говорить о проявлении алгебраической структуры в виде связи трех сущностей: (исходное состояние) плюс (конкретное отношение между элементами) равно (конечному состоянию). А третий (топологический) вид отношений можно связать с проявлениями принципа Маха – со всеобщей связью всех элементов системы.

Можно попытаться установить некую (приблизительную) аналогию между тремя математическими структурами и тремя физическими категориями триалистической (квазиньютоновой) парадигмы. Структуру отношений следует соотнести с категорией частиц, поскольку она задается между частицами. Алгебраическую структуру можно соотнести с физической категорией полей переносчиков взаимодействий, поскольку, излучая или поглощая излучение (или под воздействием поля), частицы переходят из одного состо-



нения в другое. А топологическую структуру естественно соотнести с физической категорией пространства-времени.

Исходя из этого соотношения категорий и структур, можно устанавливать (приближенное) соответствие отдельных разделов математики и дуалистических физических парадигм, однако с той разницей, что в физических парадигмах к объединенным парам двух из трех категорий обязательно прибавляется третья категория, тогда как в отдельных разделах математики (во всяком случае, школой Бурбаки) третья категория не называется.

## 5. Метафизический характер первых трех чисел

Очевидно, что понятие вещественных чисел возникло из повседневного опыта человека, однако в данный момент можно поставить вопрос о метафизических истоках понятия натурального числа и вообще вещественных чисел. В связи с этим уместно произвести краткий экскурс в историю.

Известно, какое большое значение Пифагор и его школа придавали числам. Числа и числовые отношения рассматривались ими как ключ к пониманию мироздания и его закономерностей. В качестве божественного и естественнонаучного Первоначала понималась единица, рассматривавшаяся как начало чисел и как представитель мирового единого и непостижимого.

Пифагорейцы считали, что все то, в чем не обнаруживается «природа» чисел, не может быть предметом познания. В философии Пифагора единица и двойка не считались числами, – они воспринимались как образы двух противоположностей: единого и беспредельного. Первым числом считалась тройка.

Аналогичное отношение к роли числа можно найти и в других культурах. Так, древнекитайские мудрецы считали числа одной из важнейших характеристик бытия, элементами некоего космического кода, с помощью которого структурируется и описывается наш мир. Они полагали, что числа делают вещи познаваемыми, однако вне вещей они не существуют. В Древнем Китае считали, что наибольшим смыслом обладают первые три числа натурального ряда: «Дао порождает единое, единое порождает двоицу, двоица порождает троицу, а троица порождает все множество вещей».

Аналогичная идея в виде догмата Святой Троицы (триединства Первоначала) положена и в основу христианского учения: «Троица единосущная и нераздельная! Отец, Сын и Святой дух! Один равен трем!».

Современная наука и философия подтверждают ключевой (метафизический) характер трех первых чисел натурального ряда. Продемонстрируем это.

### 1. Единица (единое)

1. Вслед за учениями древности можно считать, что единица является олицетворением единой обобщенной категории искомой парадигмы (теории), к которой стремится современная фундаментальная физика.

2. Теория классического пространства-времени, на фоне которого строится современная физика, опирается на одно множество точек-событий.

3. Единица – размерность физического времени.

### **2. Два (двоица)**

1. В первом из названных выше принципов метафизики значатся два вида исходных оснований: редукционизм и холизм.

2. В основания древнего китайского философско-религиозного учения положены две сущности: инь и ян, которые олицетворяли множества противоположностей окружающего мироздания. В частности, нечетные числа считались янскими, а четные – иньскими.

3. Бинарная предгеометрия, развиваемая в группе автора на базе бинарных систем комплексных отношений (БСКО), строится на двух множествах элементов.

4. В общепринятой математике используются две пары операций: сложение-вычитание и умножение-деление.

5. В основе метрических отношений геометрии, в том числе и в значительной части предгеометрии, лежат именно парные отношения между элементами одного или разных множеств.

6. Комплексные числа, на основе которых строится бинарная предгеометрия, представляются через пары вещественных чисел.

7. Бинарная система комплексных отношений БСКО минимального ранга (2,2) является подсистемой всех БСКО более высоких рангов.

8. В рамках БСКО ранга (3,3) элементы, составляющие элементарные частицы, описываются двухкомпонентными спинорами.

9. В электродинамике и теории электрослабых взаимодействий массивные частицы описываются парами компонент: левыми и правыми.

10. В рамках бинарной предгеометрии естественным образом обосновывается существование именно двух типов представлений: координатного и импульсного.

11. В общепринятой физике уравнения движения частиц и полей описываются дифференциальными уравнениями второго порядка.

Имеется ряд других свойств физического мироздания, характеризующихся числом два.

### **3. Три (троица)**

1. Вторым из названных выше метафизических принципов значится принцип тринитарности, который в редукционистском подходе соответствует принципу троичности, а в холистическом подходе – принципу триединства.

2. В основе ряда древних философско-религиозных учений, в том числе и христианства, лежит метафизический принцип триединства.

3. В древнем китайском учении даосизме развиваются представления об окружающей реальности на основе триграмм [15].

4. Выдающиеся русские философы В.С. Соловьев, С.Н. Булгаков и другие настаивали на триедином характере философии.

5. В работах В.В. Миронова отмечалось, что метафизика имеет три составные части: онтологию, гносеологию и аксиологию.

6. Согласно Аристотелю, движение определяется тремя факторами: двумя состояниями в возможности и действительности, определяющей переход. Все эти начала положены в основу бинарной предгеометрии.

7. Ключевую роль в бинарной предгеометрии имеет БСКО минимального невырожденного ранга (3,3).

8. В основаниях классической физики лежат три ключевые категории: пространство-время, тела и поля переносчиков взаимодействий, что отражено в трехчленной записи второго закона Ньютона ( $ma = F$ ).

9. Как уже было отмечено, в XX веке развивались три дуалистические физические парадигмы: теоретико-полевая, геометрическая и реляционная.

10. Физическое пространство трехмерно.

11. Время имеет три стадии: прошлое, настоящее и будущее.

12. В космологии рассматриваются три вида космологических решений уравнений Эйнштейна с пространственными сечениями, описываемыми геометрией Евклида, Лобачевского и Римана (пространства с постоянной положительной кривизной).

13. В микромире имеют место три вида физических взаимодействий: электромагнитное, слабое и сильное.

14. В электрослабых взаимодействиях различаются три поколения элементарных частиц.

15. Элементарные частицы (барионы), участвующие в сильных взаимодействиях, состоят из трех кварков. В хромодинамике рассматриваются три вида зарядов.

16. Согласно работам Бурбаки, геометрия основана на трех видах структур: порядка, метрических (алгебраических) и топологических.

17. Как показал Схоутен, имеются три вида обобщений геометрии Римана, описываемых неметричностью, тензором кручения и третьим схоутеном (разностью коэффициентов связности для ко- и контравариантных тензоров).

18. В общей теории относительности системы отсчета характеризуются тремя физико-геометрическими тензорами: вектором ускорения, тензором угловой скорости вращения и тензором скоростей деформаций.

Этот список проявлений тринитарности можно существенно продолжить.

Можно назвать множество примеров порождения других начальных чисел натурального ряда посредством различных комбинаций этих чисел метафизического характера. Так, размерность пространства-времени образована комбинацией  $3+1=4$ , размерность многомерных моделей – наложением чисел явных и скрытых размерностей, ранги бинарных систем отношений определяются удвоением чисел элементов в каждом из двух множеств и т.д. Более подробно этот вопрос рассмотрен в нашей книге [17. С. 226–232].

А как быть с дальнейшими числами натурального ряда?

## 6. Метафизические истоки натуральных чисел

В свое время Кронекер провозгласил: «Бог создал целые числа, а все остальное – плод человеческого разума».

Однако в основание канторовской теории множеств заложено понятие вещественного числа со всеми его атрибутами, в частности с понятием «больше-меньше». В связи с этим уместно напомнить, что развитие математики последовательно шло по звеньям следующей цепочки:

**(Целые числа) → (рациональные числа) → (вещественные числа) →  
→ (комплексные числа) → (кватернионы) → (октавы)**

Переход от одного звена к другому всякий раз сопровождался ожесточенными дискуссиями. В настоящее время в физике созрели условия для обращения этой цепочки вспять – от рассмотрения чисел с меньшим количеством свойств (например, от комплексных чисел) к числам с более богатыми свойствами (к вещественным числам).

Напомним, что ныне стал актуальным вывод понятий классического пространства-времени и классической физики, описываемых вещественными числами, из понятий и закономерностей физики микромира. А они строятся на базе комплексных чисел. Так, Р. Пенроуз в своих работах говорит о «магии комплексных чисел»: «Особая магия этих чисел проявляется не только в математике, но и сама природа использует эту магию в устройстве Вселенной на самых глубоких уровнях. <...> Однако с чисто математической точки зрения вещественные числа ничуть не “естественнее” комплексных. Учитывая несколько магический математический статус комплексных чисел, вполне можно занять противоположную позицию и считать их более “естественными” (или, если угодно, “данными Богом”), нежели вещественные числа» [16. С. 855]. Это явно противоречит высказыванию Кронекера!

Вот тут-то следует вспомнить бинарную предгеометрию, основанную, во-первых, на комплексных числах и, во-вторых, на метафизических принципах триединства и процессуальности. Добавление к предгеометрии отображений принципа Маха (метафизики электромагнитного излучения всего окружающего мира) позволяет выйти на уравнение Лагерра, а в качестве его собственных значений и возникает ряд натуральных чисел. В конце концов они позволяют приступить к формированию понятий классического пространства-времени и всего прочего.

В связи с этим уместно привести слова из заключительной части ранее уже упоминавшейся статьи Дирака: «Значит, есть возможность, что древняя мечта философов связать всю Природу со свойствами целых чисел будет когда-нибудь осуществлена. Чтобы сделать это, физика должна пройти долгий путь, устанавливая в деталях, как это соответствие должно выглядеть. Одно указание на этот путь развития кажется довольно очевидным, а именно, что изучение целых чисел в современной математике неразрывным обра-

зом связано с теорией функций комплексной переменной, которая, как мы уже видели, с большой вероятностью должна стать основой будущей физики. Разработка этой идеи приведет к связи между атомной физикой и космологией» [11. С. 164].

Таким образом, можно утверждать, что в основании математики, как выделенного из физики подраздела, лежат те же самые метафизические принципы, что и в основании всей физики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория базовых знаний, 2009.
2. *Клини С.К.* Введение в метаматематику. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1957.
3. *Бурбаки Н.* Очерки по истории математики. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962.
4. *Арнольд В.И.* Математика и физика: родитель и дитя или сестры // *Успехи физических наук.* – 1999. – Т. 169. – № 12. – С. 1311–1323.
5. *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур. – М.: Доминико, 2004.
6. *Ефремов А.П.* Вселенная в себе и пути познания // *Метафизика.* – 2011. – № 1 (1). – С. 111–112.
7. *Ефремов А.П.* Платон. Кант и Хайдеггер о дуальности Вселенной с позиций знания XXI века // *Метафизика.* – 2012. – № 1 (3). – С. 14.
8. *Френкель Я.И.* Сборник «Вопросы теоретической физики». – СПб.: ПИЯФ, 1994.
9. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989.
10. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. – М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008.
11. *Дирак П.А.М.* Отношение между математикой и физикой // *Метафизика.* – 2015. – № 3 (17). – С. 157–164.
12. *Вейль Г.* Пространство, время, материя. – М.: ЛЕНАНД/URSS, 2015.
13. *Вопенка П.* Актуально бесконечные множества // *Метафизика.* – № 3 (17). – С. 165–173.
14. *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур как основание математики и физики // *Метафизика.* – 2018. – № 1 (27). – С. 49–53.
15. *Еремеев В.Е.* Символы и числа «Книги перемен». – М.: АСМ, 2002.
16. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007.
17. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 3: Реляционные основания искомой парадигмы. – М.: ЛЕНАНД, 2018.

## METAPHYSICAL FOUNDATIONS OF MATHEMATICS

*Yu.S. Vladimirov*

*Faculty of Physics, Lomonosov State University,  
Institute of Gravitation and Cosmology  
of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)*

Within the framework of the discussion of metaphysical foundations of mathematics, firstly, the existing views on the relationship between mathematics and physics were considered, secondly, arguments in favor of understanding physics and mathematics as a kind of unified whole were given, thirdly, difficulties in clarifying the foundations of mathematics as an independent discipline are shown and, fourthly, the metaphysical interpretation of the bases of mathematics as an integral part of physics is offered.

**Keywords:** principles of metaphysics, the principle of trinitarian, foundations of physics, foundations of mathematics, set theory, real and complex numbers, metamathematics.

---

---

## ФИЗМАТ КАК РЕШЕНИЕ АНТИТЕЗЫ ФИЗИК – МАТЕМАТИК

К.И. Бахтияров

Построена модель сознания, реализующая матрицу Румера. Введение верхнего цифрового регистра позволяет построить ВЫСШУЮ БИНАРНУЮ ЛОГИКУ, наглядно демонстрирующую фрактальность. Решение антитезы Физик – Математик достигается путем рефлексии, порождая физическую математику и математическую физику. Гексаграммы «Книги перемен» являются предвидением неаристотелевой метафизики с её метабинарностью – бинарностью бинарности. Введение двух цифровых регистров позволяет построить неаристотелеву метафизику, в которой переход от общего к частному реализует родо-видовые связи, позволяя описать три логические ступени метафизики: *бинарность, тринитарность, фрактальность*.

**Ключевые слова:** возникновение, уничтожение, бинарность, тринитарность, фрактальность, нижний и верхний регистры, доминанты, тензорное произведение.

Квантовая механика занимает уровень между математикой и физикой, для которого я не знаю хорошего названия.

*С. Ааронсон. Квантовые вычисления со времен Демокрита*

### Введение: высшая бинарная логика

Принцип генезиса был впервые отчетливо сформулирован в трактате Аристотеля «О возникновении и уничтожении», который занимает особое место среди его трудов. **Главное постичь парадигму бинарности.** Постепенно преодолеваются трудности понимания таблиц Аристотеля, описывающих четверицу *первопроцессов* и первоэлементов. Математическая формализация потребовала введения универсального бинарного кода процессов: возникновение 01 – становление бытия из небытия, уничтожение 10 – становление небытия из бытия. Имеем две доминанты: 11 бытие и 00 небытие и два перехода между ними: 01 и 10.

Бинарность позволяет построить аристотелеву метафизику, которую описывает триада верхнего регистра ( $A^C B$ ), где  $A$  – начало,  $B$  – конец, индекс  $C$  – модуль их разности *из конца начало* (для описания процессуальности), который обозначает модальности:  $^1 =$  возможность,  $^0 =$  необходимость. Подсказки, как в *жмурках*: **тепло – холод** – можно использовать для наглядного представления *первопроцессов*:  $0^1 1$  возникновение –  $1^1 0$  уничтожение. Образно говоря: « $A^C B$  сидели на трубе.  $A$  упало,  $B$  пропало.  $C$  осталось на трубе».

Базовыми значениями логики неопределенности являются комплементарные пары:  $11 \perp 10$  – выделенная пара (редуцируемая к 1),  $00 \perp 01$  – антивыделенная пара (редуцируемая к 0).

В этой логике имеем четыре логических кванта: 00, 01 – поворот на  $d = \pi/2 = 90^\circ$ , 11 – поворот на  $2d = \pi = 180^\circ$ , 10 – поворот на  $3d = 3\pi/2 = 270^\circ$ . Цикл формирует вращение в гентаблице, и нет необходимости привносить вращение вручную извне, ибо оно ему имманентно присуще.

Введем три неклассических отрицания:  $\perp$  ортогональное,  $\sim$  циклическое и  $\neg$  полное.

$x$	$\perp x$	$\sim x$	$\neg x$
00	01	01	11
01	00	11	10
11	10	10	00
10	11	00	01

$V$	<u>00</u>	<u>01</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
<u>00</u>	<u>00</u>	<u>01</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
<u>01</u>	<u>01</u>	<u>01</u>	<u>11</u>	<u>11</u>
<u>10</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
<u>11</u>	<u>11</u>	<u>11</u>	<u>11</u>	<u>11</u>

Логика неопределенности – это новая эра в научной парадигме. Заметим, что половинчатое значение  $\frac{1}{2}$  неадекватно для ситуации неопределенности [5. С. 151]. Нет никакого реального состояния, в котором кот Шредингера будет одновременно живым и мертвым. «**Стереоблеск**» суперпозиции 01 и 10 адекватен для смешанного состояния в квантовой логике. Парадокс *кота Шредингера* вводится для наглядного представления ситуации неопределенности. Стереопара черного и белого дает не серость, а **мерцающий блеск**, когда одна крайность мгновенно сменяется собственной противоположностью (Ч. Уитстон). Это объясняет парадокс **кота Шредингера**, который вводится для наглядного представления ситуации неопределенности.



М. Файер в книге «Абсолютный минимум. Как квантовая теория объясняет мир» отмечает: «Корректное утверждение состоит не в том, что все коты полумертвые, а в том, что каждый из них находится в состоянии, в котором он одновременно абсолютно мертв и полностью здоров... Сам акт осмотра, нацеленный на то, чтобы увидеть, жив ли кот, предопределяет, жив



ли он или мертв... Две компоненты волновой функции (действительная и мнимая) не интерферируют друг с другом ни конструктивно, ни деструктивно, поскольку и в математическом смысле, и по сути они перпендикулярны друг другу» [4. С. 17, 73]. Имеем столбцы генматрицы, **комплементарные по происхождению**. Это  $01 \perp 00 \rightarrow 0$  и  $10 \perp 11 \rightarrow 1$ , редуцируемые к 0 и 1 соответственно.

Для построения неаристотелевой метафизики необходима метабинарность – бинарность бинарности, для чего вводим триаду нижнего регистра. Итак, метапары (**a** **b** \ **A** **C****B**) имеют два регистра: нижний регистр **a** **b** и верхний **A** **C****B**.

**Первоэлементы Подвиды типа 1<sup>10</sup> Вода**

$M1 = 0^11$ Воздух – $M0 = 1^10$ Вода $L1 = 1^01$ ОГОНЬ – $L0 = 0^00$ ЗЕМЛЯ	$0_11$ 1 <sup>10</sup> пар – $1_10$ 1 <sup>10</sup> вода $1_01$ 1 <sup>10</sup> кипяток – $0_00$ 1 <sup>10</sup> лед
--	---

Бинарность бинарности служит для представления четырех фазовых состояний каждого из четырех первоэлементов. Различные состояния (фазы) воды фрактальны четырем состояниям вещества, что требует для своего описания высшей бинарной логики. Таково, например, подобие твердых состояний камня  $0^00$  и льда  $0_00$  1<sup>10</sup>. Знамением нашего времени являются представители **диалектических учений**: **01** Логический **Диалектик** – **10** Диалектический **Логик**.

Микроуровень: $0_11 = A_i$ Статичный Иррационал – $1_10 = O_r$ Динамичный Рационал; Макроуровень: $0^11 = SF$ Сенсорный Этик – $1^10 = NT$ Интуитивный Логик.
--

Логический Диалектик  $01$  Гегель не есть логик, а Диалектический Логик  $10$  Марк не есть диалектик. Действительно, ведь Муж = женатый мужчина не есть женщина.

**Психовиды Подвиды типа 1<sup>10</sup> Ученые**

$0^11$ ♦ Медиа – $1^10$ ♣ Ученые $1^01$ ♥АРТИСТЫ – $0^00$ ♠ ВЛАСТЬ	$0_11$ 1 <sup>10</sup> исслед.ДонКихот – $1_10$ 1 <sup>10</sup> предприн. Джек Лондон $1_11$ 1 <sup>10</sup> критик Бальзак – $0_10$ 1 <sup>10</sup> аналитик Робеспьер
---	--

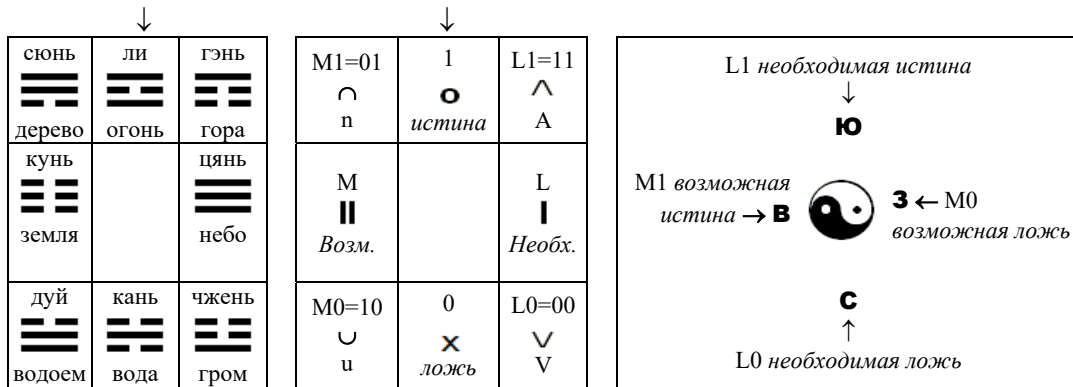
Квантовая логика позволяет построить *метабинарную* модель сознания. Приведем коды Майерс – Бриггс и мои бинарные коды для известных личностей: ESFA  $0_11$   $0^11$  Горбачев, INFO  $1_01$   $1^01$  Брежнев, ENTO  $1_10$   $1^10$ , Рузвельт, ISTA  $0_00$   $0^00$  Сталин. Представить иной живой мир, иную генетику нам не под силу. Благодаря психогенетике мы начинаем понимать логику законов Природы. Согласно Р. Пенроузу, необходимо исследовать природу разума, поскольку информатика не является разделом физики. Таблица дизъюнкции для 16 парных комбинаций первоэлементов может быть построена, используя покомпонентный принцип. Например, **01 10 V 10 01 = 11 11**.

### 1. Физмат

Квантовая теория – это красивая теория, которая обеспечивает хороший старт. Компьютерщики с подозрением относятся к Математической Физике, несущей на себе явный отпечаток Физики. МЕТАФИЗИКА позволяет подняться над плоскостью частных наук. Решение антитезы Физик – Математик достигается путем рефлексии в паре **ФИЗМАТ** (физическая математика) – **МАТФИЗ** (математическая физика), порождая физическую математику и математическую физику как бинарный эффект «*стереоблеска*». Блестящее креативное решение – это подлинная МЕТАФИЗИКА.

Будем рассматривать триграммы как *образы* знаков. Максимумы и минимумы энергии образуют первоэлементы как четыре символа метанауки: истину символизируют максимумы **A** аденин и **n** гуанин, а ложь – минимумы **V** цитозин и **u** урацил.

У. Эко дал яркий образ: по штату солдаты отдельно от командиров образуют логическую матрицу, а в бой идут по генетической матрице совместно.



«Донышкам» соответствуют вогнутые минимумы: ☷ = ∪ и ☶ = ∨, которые обозначим буквами **u** и **V**. Аналогично «крышкам» соответствуют выпуклые максимумы: ☰ = ∩ и ☱ = ∧, которые обозначим буквами **n** и **A**. Комплементарные пары образуют двойную спираль. Имеем два столбца: **I** ☱ L *необходимость*, **II** ☰ M *возможность* и две строки: **o** ☲ 1 *истина*, **x** ☵ 0 *ложь*. Экстраверсия и интроверсия различаются легче всего, но они являются не значениями истинности, а модальностями, при упорядочивании по которым возможна путаница. Математика и логика являются основой человеческой мысли. «Говорят, что физики испытывают со всем этим сложности» [1. С. 69].

ТВ	T		ТС
B	n	A	C
	u	V	
XB	X		XC



Логическая матрица

ЮВ	Ю	ЮЗ	
B	n	A	З
	V	u	
СВ	C		СЗ



Генетическая матрица

Логическая и генетическая матрицы для сторон света отличаются расположением элементов. В логической матрице имеем теплое (Т) – холодное (Х) и сухое (С) – влажное (В). Соединяясь попарно, они порождают четыре стихии: воздух (ТВ), огонь (ТС), вода (ХВ), земля (ХС).

Для получения ориентации по странам света и осуществления природных циклов необходима генетическая матрица. Тогда получается естественный цикл:  $V \rightarrow n \rightarrow A \rightarrow u \rightarrow V$ , описывающий суточный и годовой цикл.

Для построения неаристотелевой метафизики необходима бинарность бинарности с генетической матрицей, порождающей матрицу аминокислот.

↓			
nn	<u><b>An</b></u>	<u><b>nA</b></u>	<u><b>AA</b></u>
Vn	<u><b>un</b></u>	<u><b>VA</b></u>	<u><b>uA</b></u>
nV	AV	nu	<u><b>Au</b></u>
VV	uV	Vu	<u><b>uu</b></u>

↓			
gly	<u><b>STOP,-ser</b></u>	<u><b>glu/asp</b></u>	<u><b>lys/asn</b></u>
arg	<u><b>trp/cys</b></u>	<u><b>gln/his</b></u>	<u><b>-STOP/tyr</b></u>
ala	thr	val	<u><b>met/ile</b></u>
pro	ser	leu	<u><b>-leu/phe</b></u>

**Жирными** буквами выделены диаграммы, порождающие *более одной аминокислоты*, а тонкими буквами – коды, порождающие *единственную аминокислоту* в ячейке. Прикидка  $8 + 2 \times 8 = 24$  за минусом трех повторов дает 20 аминокислот плюс СТОП-сигнал [2. С. 9].

## 2. Математика – физика

Связь реляционной парадигмы (применительно ко Второму закону Ньютона) с бинарной парадигмой метафизики, представлена ниже:

$$\begin{array}{ccc}
 & \downarrow & \downarrow \\
 & F_0 & F_1 \\
 & & m_1 \\
 m_0 a_{00} = F_0, & m_1 a_{10} = F_0, & m_0 a_{00} - m_1 a_{10} = 0 \quad . a_{11} \\
 m_0 a_{01} = F_1, & m_1 a_{11} = F_1, & m_0 a_{01} - m_1 a_{11} = 0 \quad . a_{10} \\
 m_0 a_{00} a_{11} - m_1 a_{10} a_{11} = 0, & m_0 (a_{00} a_{11} - a_{01} a_{10}) = 0 & \left| \begin{array}{cc} a_{00} & a_{01} \\ a_{10} & a_{11} \end{array} \right| = 0 \quad [3] \\
 m_0 a_{01} a_{10} - m_1 a_{11} a_{10} = 0, & a_{00} a_{11} - a_{01} a_{10} = 0 &
 \end{array}$$

Реляционная парадигма основана на равенстве произведений диаметральных противоположностей.

Матрица, соответствующая детерминанту, подчиняется аристотелевой метафизике (в бинарном коде).

## Заключение

Надо использовать преимущества кодовой системы. Бинарность позволяет построить аристотелеву метафизику. Неаристотелевы *метанары* имеют две триады, образуя число 6, которое включает в себя *двоичность и троичность, характерную*, по мнению профессора Ю.С. Владимирова, для *метафизики* [3. С. 414]. Триграммы древнекитайской «Книги перемен» образуют гексаграммы (шестерки). Это является предвидением неаристотелевой метафизики с её метабинарностью – бинарностью бинарности. Введение двух цифровых регистров позволяет построить неаристотелеву метафизику, в которой переход от общего к частному реализует родо-видовые связи. Изменения в нижнем регистре влекут изменения в верхнем регистре. Малая переменная порождает большую переменную.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ааронсон С. Квантовые вычисления со времен Демокрита. – М.: АНФ. 1918.
2. Бахтияров К.И. Принципы универсального языка. Проблема Универсальной характеристики Лейбница / Principles of Universal Language. The problem of the Leibniz's Universal characteristic. – М.: URSS, 2016.
3. Владимирова Ю.С. Метафизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002.
4. Файер М. Абсолютный минимум. Как квантовая теория объясняет мир. – М.: СПб.: Питер, 2017.
5. Reichenbach H. Philosophic Foundation of Quantum Mechanics. – Berkley and Los Angeles, 1946.

Приложение

		ПСИХОТИПЫ			
		стат./дин.		сенс./инт.	
		Ai	Oi	SF	NF
ирр.					
рац.					
	эммо				
	логс				
		микро		макро	
		01 01	11 01	01 11	11 11
		00 01	10 01	00 11	10 11
		01 00	11 00	01 10	11 10
		00 00	10 00	00 10	10 10
		наполеон	ДЮМА	гексли	ЕСЕНИН
		ДРАЙЗЕР	гюго	ДОСТОЕВСКИЙ	гамлет
		жуков	ГАБЕН	дон кихот	БАЛЬЗАК
		МАКСИМ	штирли	РОБЕСПЬЕР	джек
		<b>01</b> Логический <i>Диалектик</i>		<b>10</b> Диалектический <b>Логик</b>	
		0 <sub>1</sub> 1=Ai	Статичный	1 <sub>1</sub> 0=O <sub>1</sub>	Динамичный
		0 <sup>1</sup> 1=SF	Сенсорный	1 <sup>1</sup> 0=NT	Интуитивный
		<i>Диалектик</i>		<b>Логик</b>	

Приведем буквенные коды Майерс – Бриггс и мои цифровые коды для известных личностей:

Квадры:	γ	α	Δ	β			
ESFA	0 <sub>1</sub> 1 0 <sup>1</sup> 1 Горбачев	ISFO	1 <sub>0</sub> 1 0 <sup>1</sup> 1 Табаков	ENFA	0 <sub>1</sub> 1 1 <sup>0</sup> 1 Кс.Собчак	INFO	1 <sub>0</sub> 1 1 <sup>0</sup> 1 Брежнев
ISFA	0 <sub>0</sub> 0 0 <sup>1</sup> 1 Ельцин	ESFO	1 <sub>1</sub> 0 0 <sup>1</sup> 1 Троцкий	INFA	0 <sub>0</sub> 0 1 <sup>0</sup> 1 Лихачев	ENFO	1 <sub>1</sub> 0 1 <sup>0</sup> 1 Путин
ESTA	0 <sub>1</sub> 1 0 <sup>0</sup> 0 Хрущов	ISTO	1 <sub>0</sub> 1 0 <sup>0</sup> 0 Медведев	ENTA	0 <sub>1</sub> 1 1 <sup>1</sup> 0 Обама	INTO	1 <sub>0</sub> 1 1 <sup>1</sup> 0 Горбачева
ISTA	0 <sub>0</sub> 0 0 <sup>0</sup> 0 Сталин	ESTO	1 <sub>1</sub> 0 0 <sup>0</sup> 0 Тихонов	INTA	0 <sub>0</sub> 0 1 <sup>1</sup> 0 Сахаров	ENTO	1 <sub>1</sub> 0 1 <sup>1</sup> 0 Рузвельт
	β	Δ	α	γ			

## **PHYSICAL MATHEMATICS AS THE SOLUTION OF THE ANTITHESIS PHYSICIST AND MATHEMATICIAN**

**K.I. Bakhtiyarov**

*V.P. Goryachkin Moscow State Agro-Engineering University*

The model of consciousness realizing the matrix of Rumer. The introduction of the upper digital register allows you to build HIGHER BINARY LOGIC that clearly demonstrates fractality. The solution to the antithesis Physicist and Mathematician is achieved by reflection, creating physical mathematics and mathematical. Hexagrams of the I Ching are the prediction of aristotelous metaphysics with its metabinarity – binarity of binarity. The introduction of two digital registers makes it possible to construct a non-Aristotelian metaphysics, in which the transition from General to private realizes generic connections, allowing to describe three logical stages of metaphysics: binary, trinity and fractality.

---

## ФИЗИКА РОЖДАЕТ МЕТАФИЗИКУ

**В.Н. Катасонов**

В статье обсуждаются несколько тем физической науки, поднимающих вопрос о ее метафизических предпосылках. Это тезис о математическом языке физики, валидности закона перехода количество в качество, естественности периодической таблицы Д.И. Менделеева, а также тезис о тождестве элементарных частиц.

**Ключевые слова.** Физика и метафизика, математика и физика, количество, качество, периодическая система элементов Менделеева, атомизм, тождество.

Сегодняшнее физическое знание претендует на развитие без какой бы то ни было связи с философией, тем более с метафизикой. Физическая наука претендует на обладание объективным знанием, не зависящим от личных предпочтений, убеждений и верований. Однако действительная история науки показывает постоянную и существенную зависимость положительной науки от доопытных представлений, от *верований*, порой явно, порой латентно присутствующих в основаниях научных теорий, программ, школ. И эта зависимость физики от метафизики, которую столь ясно понимали в античности и средневековье, неизбежна. Невозможно исследовать природу, задавать ей вопросы без некоторого *поля ожиданий ответов*. Как минимум, без какого-то сознательно выделенного языка, который сам воплощает в себе это поле ожиданий... Но эти подразумеваемые ожидания и составляют, собственно, метафизику, то доопытное знание, на фундаменте которого мы сознательно или нет строим здание науки. Это хорошо понимали уже в античности, разделив предпосылки «Начал Евклида» на *аксиомы* и *постулаты*.

Всякое углубление обсуждения оснований естествознания выводит нас на опознание этих метафизических предпосылок. Несколько подобных вопросов затрагиваются и в этой статье.

### 1. Математическая физика или применение математики в физике?

Знаменитую фразу Галилея «Философия написана в величественной книге (я имею в виду Вселенную), которая постоянно открыта нашему взору, но понять ее может лишь тот, кто сначала научится постигать ее язык и толковать знаки, которыми она написана. Написана же она на языке математики, и знаки ее – треугольники, круги и другие геометрические фигуры, без которых человек не смог бы понять в ней ни единого слова; без них он был бы обречен блуждать в потемках по лабиринту» [1. С. 41], мы встречаем почти везде, где речь заходит о генезисе современного естествознания. Фраза эта стала уже как бы характеристической для современной науки, последняя

действительно пишется на языке математики, нередко очень нетривиальной. Некоторые философы и историки науки делали отсюда вывод, что, де, наука Нового времени действительно нашла единственно адекватную форму физики, природоведения – математический язык. Так, стала традиционной точка зрения известного историка науки А. Койре, что XVII век заменяет мир приблизительности античности и средневековья миром *точности* (l'Univers de la précision), или, как предпочел выразиться переводчик на русский язык, универсумом *прецизионности* [2]. Но мир, конечно, остался тем же самым, весь вопрос лишь в том, каков должен быть язык его описания в науке. То, что законы физики непременно записываются в виде математических уравнений, стало уже как бы само собой разумеющейся истиной, и только историки науки помнят еще, что Галилей произнес эту фразу, именно *доказывая*, что законы физики *могут* выражаться математически. А доказывать это приходилось именно потому, что вся предшествующая научная традиция – физика Античности и Средневековья, связанная с именем Аристотеля, подход которой к исследованию движения и оспаривал Галилей, – была как раз *нематематической*.

### 1.1. Наука Античности и Галилей

Аристотелевская физика была качественной: понять движение в этой науке означало найти в конкретном исследуемом случае, как определяются четыре аристотелевские причины – формальная, материальная, целевая и действующая. Из этих четырех в нашей физике осталась, по существу, только одна – действующая причина. Аристотелевская физика была хорошо продуманной, стоящей на крепком фундаменте метафизики логической схемой, совершенство которой невозможно не заметить каждому, кто затратит усилия на ее понимание. Аристотель отрицал возможность использования математики в естествознании потому, что математические объекты, по его пониманию, суть результат *абстракции* (от лат. abstractio – отвлечение), то есть умственного выделения отдельных черт исследуемых предметов из целого реальной физической вещи. А в естествознании речь должна была идти о самой физической, материальной вещи, поэтому и язык этой науки, согласно Стагириту, должен был быть адекватен самой реальности и не сводиться к математике. Но не только аристотелевская концепция математики не позволяла ему строить математическую физику. Вместе с большинством античных философов и ученых Аристотель разделял господствующее убеждение в том, что применять математику к исследованию природных процессов невозможно. Ведь в материальном мире все изменчиво, все находится в движении, *πάντα ῥεῖ* – «все течет», «в одну и ту же реку нельзя войти дважды» (см., например: [3. С. 177]), так как же можно измерять эту движущую стихию, материальный мир, если он все время изменяется?.. Конечно, в Античности существовала древняя пифагорейская традиция, от которой до нас дошло высказывание, что «все есть число». Эта традиция повлияла,

в частности, на Платона, который в «Тимее» также попытался дать математическую конструкцию традиционных пяти элементов античного космоса. Конечно, был и гениальный Архимед, который сформулировал правило рычага и открыл, согласно преданию, закон, носящий с тех пор его имя. И тем не менее, большинство греческих ученых придерживались мнения, что математическая физика – это круглый квадрат (или, скорее, квадратный круг<sup>1</sup>). Ведь составленные из четырех элементов – земли, воды, воздуха и огня – вещи *подлунного мира* не могут образовать ни гладкой плоскости, ни совершенного шара, как же к ним применять положения математики? Вот в надлунном мире, где все состоит из пятого элемента, эфира, применять математику можно: эфир может принимать точные геометрические формы, в частности, небесные сферы, окружающие Землю, состоят из эфира, поэтому возможна математическая астрономия. Замечательные примеры последней, от Евдокса до Птолемея, являются великими достижениями античной науки. Математическая же физика подлунного мира невозможна.

Греки отказывались строить математическую физику по принципиальным соображениям. Они знают, что, имея единицу длины, можно поставить в соответствие некоторым отрезкам число, их длину, если в этих отрезках укладывается конечное число единиц длины. Если же отрезок не измеряется целым количеством единичных отрезков, то можно разделить единицу длины на более мелкие равные («аликвотные») отрезки и попытаться измерить исследуемый отрезок этими более мелкими «единицами». Если единица длины и измеряемый отрезок соизмеримы, то всегда такое подразделение можно найти и длину отрезка можно выразить через эти «части единицы» (то есть через рациональное число).

Так называемый *алгоритм Евклида* позволяет в этом случае найти общую меру отрезков. Но именно грекам мы обязаны открытием иррациональности, иррациональных отношений. Если взять диагональ квадрата с единичной стороной, то она будет несоизмерима с этой единицей: никакая аликвотная часть стороны квадрата не уложится целое число раз в диагонали. Открытие несоизмеримости потрясло греческую научную и философскую мысль. Ею был нанесен смертельный удар пифагорейским надеждам, что «всё есть число». Оказывается, не все можно измерить! Не все можно измерить даже в геометрии, что уж говорить о физике, мире материальном! Отголоски этого открытия чувствуются во многих областях греческой культуры<sup>2</sup>. «Аполлоновской» ясности точных числовых соотношений оказалось

---

<sup>1</sup> В частности, площадь квадрата легко находится, а площадь круга представляет собой классическую неразрешимую задачу «квадратуры круга».

<sup>2</sup> Платоновский дуализм также связан с этим. Математическая несоизмеримость служила иллюстрацией того, что Платоновский Демиург не до конца смог подчинить своеволие материи (ἀνάγκη, «ананке» – необходимость) при творении мира. В «Тимее» Платон, описывая сотворение материальных элементов, пишет: «Что же касается их количественных отношений, их движений и вообще их потенций, нам следует полагать, что Бог привел все это в правильную соразмерность, упорядочивая все тщательно и пропорционально, *насколько*



недостаточно для познания мира. В нем были открыты зияющие бездны: алгоритм Евклида, применяемый к несоизмеримым отрезкам, продолжается в иррациональную бесконечность.

Галилей был одним из тех, кто брал на себя тяжелейшую задачу доказать, что применять математику в физике возможно<sup>3</sup>. Он занимался этим во многих своих произведениях, и, тем не менее, ему так и не удалось это сделать!<sup>4</sup> Что же получается? Галилео Галилей, прекрасный изобретатель, великолепный диалектик в исходном смысле этого греческого слова, строит новую математическую физику, затрачивает столько усилий на доказательство ее фундаментального тезиса о применимости математики в исследовании материальной природы, и тем не менее, ему так и не удается поставить новую науку на прочный фундамент? Кто же все-таки прав, греки или новая физика: можно ли применять математику в естествознании, точнее, можно ли выражать на языке математики поведение материальной природы, «физическую истину»?

### 1.2. Э. Гуссерль о методе математической физики

Всю эту проблематику, связанную с математизацией физики, прекрасно чувствовал Э. Гуссерль, который в своей последней незаконченной книге, начинающейся с обзора кризиса новоевропейской науки в двадцатом столетии, тщательно разбирает вопрос о «галилеевской науке», математическом естествознании. Главное, что подчеркивает Гуссерль, применение математики в физике есть не какое-то банальное и, мол, самоочевидное, *измерение* физических величин; это применение есть некий специальный *метод*, используемый в физике. Претендуя на создание новой универсальной науки, феноменологии, со своим новым методом, философ всячески показывает специфичность и партикулярность подхода математической физики. Как и у любого метода, у последнего есть какое-то свое оправдание и свои границы. «В актуальном измерении, проводимом в отношении созерцаемых опытных данностей, конечно же, обретаются лишь эмпирически-неточные величины и соответствующие им числа. Но измерительное искусство в себе есть в то же время искусство продвигать «точность» измерения в направлении все большего совершенства. Оно есть искусство не как готовый метод изготовления чего бы то ни было, оно есть *также и метод вновь и вновь улучшать свой метод* благодаря изобретению все новых средств искусства (к примеру, его инструментов)» [6. С. 63–64]. Парадоксальным образом оправдание метода математической физики, где измерение стоит на первом плане, основыв-

---

*это допускала позволившая себя переубедить природа необходимости* (Курсив наш. – В.К.)» [3. С. 56].

<sup>3</sup> См. например, высказывания Гераклита в книге: Фрагменты ранних греческих философов. Ч. I. – М., 1989.

<sup>4</sup> Подробный анализ одного из «доказательств» Галилея см. в статье «Ахиллесова пята новоевропейской науки» [4].

вается, своеобразным образом, на... его неточности, на процессе все более далекого продвижения его границ ко все более и более взыскуемой и обретаемой точности измерений. «Согласно нашему замечанию... – пишет автор «Кризиса европейских наук», – Галилеева идея представляет собой *гипотезу*, и притом крайне *примечательную*; актуальное естествознание, столетиями подтверждавшее эту гипотезу, оказывается не менее замечательным подтверждением. Примечательным, *ибо, несмотря на подтверждение, гипотеза и в дальнейшем всегда остается гипотезой*; подтверждение (единственно для нее мыслимое) есть *бесконечный ход подтверждений*. Собственное существо естествознания, априорный способ его бытия, состоит в том, чтобы *до бесконечности быть гипотезой и до бесконечности – подтверждением*» [6. С. 65]. Ни на одном шаге исторического развития математической физики мы не имеем снятия этого, так сказать, «эпистемологического напряжения»: все теории остаются укорененными в фундаментальной гипотезе математизируемости природы. Причем, и в принципе, снять это напряжение в существующей в истории науке невозможно: «...В тотальной идее физики присутствует это *«ininfinitum»* как постоянная форма той своеобразной индуктивности, которую впервые ввела в исторический мир геометрия. В бесконечном прогрессе корректных теорий и в отдельных из них, собранных под титулом «естествознания той или иной эпохи», мы имеем прогресс гипотез, которые во всем суть гипотезы *и* подтверждения. В прогрессе подразумевается растущее совершенствование; говоря в целом, в отношении всего естествознания, это означает, что последнее все ближе подходит к самому себе, к своему «окончательному» истинному смыслу, что оно дает все лучшее «представление» о том, что такое «истинная природа». Но истинная природа заключена в бесконечном не так, как, скажем, чистая прямая; в качестве бесконечно далекого «полюса» она есть еще и *бесконечность теорий* и мыслима только как подтверждение, то есть соотнесена с бесконечным историческим процессом аппроксимации» [6. С. 65–66].

Вопрос об оправданности применения этого метода, настаивает Гуссерль, о сопряжении геометрических и числовых пространств с «физической» реальностью остается «висеть в воздухе». И тогда во что же превращается наша наука? Решает ли она столь претенциозно провозглашаемую задачу познания? «Не уподобляется ли наука и ее метод некой приносящей, по всей видимости, большую пользу и в этом отношении надежной машине, правильно пользоваться которой может научиться каждый, ни в малой мере не понимая, в чем состоит внутренняя возможность и необходимость достигаемых с ее помощью результатов?» [6. С. 79] Галилей в этом смысле является для Гуссерля и «гением открытия и гением сокрытия». Он открывает для нас «математическую природу», подчиненную универсальным причинным закономерностям, и zaczyna бесконечный процесс движения по этому пути. Но в то же время все эти новые открытия математической физики и нечто скрывают, а именно фундаментальную истину о «непостижимой эффективности математики в естественных науках» [6. С. 79]. Как видно из

приведенных цитат, Гуссерль отнюдь не был противником современной науки. Тем не менее, он настаивал, что ее метод является отступлением от фундаментальнейших открытий античного умозрения с его принципиальным различием собственно науки  $\epsilon\lambda\iota\sigma\tau\acute{\eta}\mu\eta$  от  $\tau\acute{\epsilon}\chi\eta\eta$ .

### 1.3. Актуальная бесконечность

Но с XVII века физика начинает говорить на языке математики. Что же, пионеры этой новой науки, Галилей, Декарт, Лейбниц, Ньютон не знали этих аргументов против математического естествознания, открытых еще в античности? Нет, они все уже знают, почти все главные труды античной науки и философии уже введены в научный оборот времени, переведены на латынь, а частично и на новые языки. Они прекрасно осведомлены о факте несоизмеримости, о бесконечности, в которую идет алгоритм Евклида при попытке найти общую меру у несоизмеримых отрезков и, тем не менее... тем не менее, они рассуждают так, как будто любую величину можно измерить. Этот парадокс объясняется тем, что отношение к бесконечности претерпело существенное изменение к семнадцатому столетию. Актуальная бесконечность уже не выступает как иррациональная бездна, в которой невозможна никакая наука. Философские и научные спекуляции о бесконечности уже освящены богословской традицией: христианский Бог актуально бесконечен, а человек, согласно христианской доктрине, сотворен по образу Божьему. Уже существует система кардинала Николая из Кузы, в которой актуально бесконечно малое начало является общей мерой любых величин... В рамках этой же идеологии возникает и дифференциальное и интегральное исчисление<sup>5</sup>. Лейбниц называет его «метафизикой геометров»<sup>6</sup>. Главное, что здесь происходит, это рост убеждения, что **все можно измерить**. Любой отрезок можно числовым образом соотносить с выбранной единицей длины. Не только соизмеримый отрезок, но и несоизмеримый. В последнем случае его величина будет *иррациональным числом*. И хотя строгой концепции иррациональных чисел придется ждать еще до последней четверти XIX века, тем не менее уже семнадцатое столетие оперирует с величинами (геометрическими) как с числами. Концепция иррационального числа как бы «носится в воздухе».

<sup>5</sup> Подробнее см. в моих статьях, посвященных проблеме бесконечности, и в книге: «Боровшийся с бесконечным. Философско-религиозные аспекты генезиса теории множеств Г. Кантора» (1994) [8].

<sup>6</sup> Конкретно Лейбниц пишет: «...судьба даровала нашему веку прежде всего то, что после стольких долгих лет забвения вновь воссиял светоч математики, как я его называю. Ведь были открыты и развиты Архимедовы способы исчерпывания через неделимые и бесконечные, что можно было бы назвать *метафизикой геометров*, и что, если я не ошибаюсь, было неизвестно большинству древних, за исключением Архимеда (Курсив наш. – В.К.)» [9. С. 452]. Новая математика, возникающая в XVII столетии, – аналитическая геометрия, математический анализ, теория вероятностей, проективная геометрия, – в активном процессе ее же использования в новой физике во многом проникнута новыми метафизическими предпосылками, фундамирующими не просто новую науку, но и *новую цивилизацию* [10; 11].

Но что это значит конкретнее? Иррациональное число есть бесконечная непериодическая дробь. Знать всю бесконечную совокупность ее знаков мы не можем. Хотя в некоторых случаях мы можем знать сколь угодно много знаков этой последовательности, но никогда – все. Иррациональные числа в этом смысле выступают некими символами бесконечного процесса и никогда не даны актуально. Математика, конечно, оперирует с ними как с данностями, но сама природа этих чисел сразу же приводит к дихотомии на математику теоретическую, в которой, например, доказывалось существование этих чисел, и на практическую, вычислительную, в которой к ним можно только бесконечно приближаться...

Необходимо отметить, что строгое построение теории действительных чисел существенно использует представление об актуально бесконечных множествах. Теория множеств, с самого своего возникновения в трудах Г. Кантора, вынуждена была опираться на аксиомы, валидность которых признается далеко не всеми учеными (например, сама аксиома существования актуально бесконечного множества; аксиома выбора; так называемая *консистентность* множества натуральных чисел). Внутри теории множеств были выдвинуты проблемы, которые так и не удалось решить (континуум – гипотеза), а после известных работ Геделя и Коэна выяснилась логическая неполнота этой теории. Все это свидетельствует о том, что в актуальной бесконечности человеческий разум встречается с объектом, для которого вопрос о соразмерности его этому разуму остается открытым и решение которого в высшей степени сомнительно...

#### 1.4. Измерения в физике

Но нас сейчас интересует не логико-математическая сторона проблемы измерения, а ее, так сказать, практическое значение, а именно значение для *науки физики*. По видимости, Галилей был прав. С помощью понятия действительного числа всё можно измерить. У любой величины, вообще говоря, существует ее числовой эквивалент. Но это только вообще говоря... Что происходит в измерениях любого эксперимента, в любом измерении физической величины вообще? При измерении мы пользуемся разными приборами, в простейшем случае линейкой с делениями. Но мы никогда не можем точно измерить, скажем, длину изучаемого объекта. Или его «край» попадает между делениями линейки, или даже если он, по видимости, и находится напротив какого-то деления линейки, мы никогда не можем с уверенностью сказать, что точно определили искомую длину. Ведь у самого деления линейки, у самой риски есть также некоторая толщина и тем самым мы как бы возвращаемся к проблемам исходного этапа измерения. Так же и у каждого прибора, используемого при измерении, от линейки до сверхточного микроскопа, есть свой *предел точности*, меньше которого он уже не различает длины. Что же получается? Строго говоря, мы никогда не можем точно измерить физическую величину, в физике мы всегда имеем только *оценку* этой

величины, с той или иной погрешностью, но никогда ее точное значение. Причем если бы мы даже и преодолели эти «материальные препятствия», то впереди все равно громоздится непреходимый горный хребет логических препятствий. А именно если мы будем измерять иррациональную величину, то есть отрезок несоизмеримый с единицей длины, то мы в результате должны получить иррациональное число, или, по-другому, бесконечную непериодическую дробь. Но ведь мы не можем знать бесконечное количество ее знаков! Значит, опять, зная только конечное число этих знаков после запятой, мы будем иметь только приближение к точному значению, только оценку искомой величины. «Сбросить помеху материи», о которой говорил Галилей в своих доказательствах, не удастся. **Математика применяется в физике только как метод оценки, а не как метод точных вычислений. Математическая физика не есть точная наука.**

У этой темы есть традиционный богословский рефрен. Нередко в связи с проблемой математизации физики вспоминают Библию, где в Книге Премудрости Соломона сказано: «...Ты все расположил мерою, числом и весом» (Прем. Сол. XI, 21). Отсюда делается вывод, что, мол, само Откровение указывает нам на естественность числового языка в физике<sup>7</sup>. Однако о каком числе идет речь в цитированном библейском фрагменте? Древность знает только натуральное число: 1, 2, 3... Можно ли под этим *числом* понимать современную (с конца XIX века) конструкцию действительного числа, представляющую собой некоторое построение, использующее актуальную бесконечность?.. Во всяком случае, это есть серьезная герменевтическая проблема. Если мы легкомысленно включаем в это *число* и современные действительные числа, то мы поступаем так же, как и Г. Кантор, который на традиционное богословское использование этого библейского текста для *отрицания актуальной бесконечности* (!!!) в сотворенном мире отвечал: «...но ведь там же не сказано *конечным числом*, а логическую конструкцию бесконечных чисел я построил!» (подр. см.: [8. С.116–117.]) Так или иначе, в приведенном библейском отрывке речь идет о точности, с которой сотворен мир. Наш мир, мир после грехопадения, тождествен ли он исходно сотворенному или нет, также является серьезнейшим богословским вопросом, — во всяком случае, не дает нам примеров этой точности: все так называемые «измерения» в физике суть только *оценки* величин, вопрос о точности которых «висит в воздухе» многочисленных допущений и постулатов... Volens polens мы вспоминаем здесь высказывание известного математика XIX века, противника использования актуальной бесконечности в науке Л. Кронекера,

<sup>7</sup> Так, А. Койре в цитированной выше статье пишет: «Любопытно: две тысячи лет назад Пифагор объявил, что число является сутью вещей, а, согласно Библии, Бог основал мир на «числе, весе, мере». Все это повторяли, но никто этому не верил. По крайней мере до Галилея никто не воспринял этого всерьез» [2].

который на съезде математиков в Берлине в 1886 году так отстаивал свою позицию: «Бог создал целые числа, все остальное – творение человека»<sup>8</sup>.

После четырех столетий развития математической физики вопрос о применении математики в естествознании все еще остается в подвешенном состоянии.

## 2. Закон перехода количества в качество

Новоевропейский переход к математическому языку в физике сыграл существенную роль в выдвигании категории количества на первый план (по отношению к категории качества). Заметим, что использование математики в физике поздней схоластики было в основном основано на геометрии, ибо геометрические объекты, отрезки, плоскости, объемы были парадигмами непрерывных величин. Декарт также свел физику к геометрии, следуя все той же интуиции: геометрическое значит измеримое, величина и число. Хотя в семнадцатом столетии еще нет понятия иррациональных чисел и, следовательно, длину отнюдь не любого отрезка можно выразить в виде числа, тем не менее, здесь действуют так, как будто бы это можно было сделать. И хотя сделать это было совсем непросто, но тенденция продолжается и в следующем, и XIX веке. Наконец, во второй половине XIX века строят арифметическую конструкцию числовой прямой – «арифметизируют геометрию» (К. Вейерштрасс, Р. Дедекин, Г. Кантор). Настоячивое стремление свести качество в своей элементарнейшей форме пространственности к количеству увенчалось успехом: теперь и это непрерывное качество может быть выражено через число (хотя и с использованием актуальной бесконечности).

Гегель в своей диалектике в принципе признавал соотносительность категорий качества и количества, но, тем не менее, он постоянно подчеркивал *научное* значение именно количества. Переход количественных изменений в качественные и обратно К. Маркс и Ф. Энгельс позаимствовали у Гегеля, и после их трудов «закон перехода количества в качество» приобрел характер философского предрассудка. Дело представляется иногда так, что в процессе имеют место сначала только количественные изменения, а потом только качественные, причем вторые суть следствие первых. Однако тем самым качественно-количественные отношения заменяются причинно-следственными, где количественные изменения есть причина, а качественные – следствие. Справедливо отмечает отечественный философ: «Поскольку отношения качества и количества взаимны, постольку всякое количественное изменение необходимо сопровождается качественным, а всякое качественное изменение – количественным. Не может быть такого положения, чтобы количественное изменение совершалось в *чистом* виде, а каче-

---

<sup>8</sup> Цит. по кн.: *Клини С. К.* Введение в метаматематику (1957) [12. С. 25]. Хотелось отметить, что в Библии сказано «мерою, числом и весом». На первом месте стоит *мера*. Но мера – понятие не количественное, а качественное или, во всяком случае, включающее в себя качество.

ство при этом оставалось не причем. (И Гегель, и Маркс, и Энгельс неоднократно говорили о чисто количественных изменениях. Это, конечно, непоследовательность. Они же сами все время подчеркивали неразрывность качества и количества. А в этом представлении о чисто количественном изменении, которое якобы совершается независимо от качественных изменений, они допустили просчет). Если мы считаем, что реальные качество и количество как *стороны* предмета *неотделимы* друг от друга, то почему этот же взгляд мы не распространяем на качественные и количественные *изменения*, почему мы не рассматриваем их как неотделимые друг от друга стороны единого реального процесса изменения. Почему мы разделяем их во времени и одно считаем причиной, а другое следствием? Разве это отвечает действительной диалектике качества и количества? Почему мы к единой качественно-количественной определенности предмета применяем одну мерку (не допускаем и мысли о возможности существования чистой количественной определенности до и независимо от качественной определенности), а к количественным и качественным изменениям другую мерку? Разве это логично?» [12. С. 107]. На самом деле, при изменении мы постоянно имеем дело со взаимным количественным и качественным изменением. Нет ни отдельного только количественного изменения, ни отдельного только качественного. Всегда это общий взаимный процесс.

Возьмём классический пример нагревания воды до 100 градусов при нормальном давлении. Говорят, что при нагревании происходят только количественные изменения, которые при достижении 100 градусов скачком переходят в качественные. Так же считал и Гегель. Но в его время физика еще не могла знать те серьезные качественные изменения, которые происходят с водой. «Теперь мы знаем, что повышение температуры воды при ее нагревании – лишь одна сторона процесса. Другой стороной является то, что при нагревании происходят незаметные для органов чувств качественные изменения воды: ее молекулы поглощают тепловые фотоны и переходят в возбужденное состояние, которое в свою очередь приводит к испусканию, излучению фотонов. Нагревание неразрывно связано с поглощением и испусканием фотонов. А это качественный процесс. Таким образом, нагревание является стороной единого количественно-качественного изменения воды» [12. С.108–109.].

Популярность закона перехода количественных изменений в качественные была связана с фундаментальной тенденцией новоевропейской науки – математизацией естествознания. Всякое качество должно было быть сведено к количеству («Всякое качество – еще не познанное количество»). В этом сказывался особый характер новоевропейской рациональности, стремящийся свести познание к рассудочным операциям. Познание качеств требует целостной, «холистической» активности разума, для познания же количества достаточно рассудка... Эту тенденцию можно сравнить с так называемым *кинематографическим эффектом* понимания движения в новой физике, которую критиковал в свое время А. Бергсон [13]. В интерпре-

тации времени и движения наука Нового времени игнорирует специфику непрерывности, сводя последнюю к дискретности. Аналогично в понятии действительного числа и во всей «арифметизации континуума» новоевропейская наука пытается свести непрерывность к дискретным конструкциям на основе теории множеств.

### 3. Вопрос о таблице элементов Д.И. Менделеева

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева лежит в фундаменте современных представлений о строении вещества. Эта теория, кроме того, справедливо является и особенным фактом гордости для русской науки. Тем не менее, время от времени появляются сообщения о попытках пересмотреть систему элементов или хотя бы поправить ее. Так, американские химики обращают внимание на то, что сегодня мы гораздо точнее и строже понимаем категорию *атомный вес* элемента. «Ученые предлагают не просто дополнять существующую таблицу, но использовать полностью новую систему. Авторы проекта недовольны тем, что менделеевская классификация не предусматривает различий в атомных весах одних и тех же элементов. Дело в том, что Менделеев практически не учитывал изотопных состояний веществ, в его времена это было не очень важно, так как существовавшие тогда методы измерения этой разницы фактически не улавливали. Теперь ситуация существенно поменялась. Так, например, стандартный атомный вес бора равен 10,811 (который и учитывался 150 лет назад великим русским ученым), однако на самом деле он варьирует от 10,806 до 10,821, в зависимости от того, где элемент находится», – пишет CNews [15].

Можно высказать и другое критическое соображение, обусловленное характером дополнения системы Менделеева новыми элементами с большими атомными весами. Дело в том, что эти элементы получают искусственным путем на ускорителях и требуют огромных затрат энергии. Время жизни этих элементов составляют миллионные доли секунды, и все сведения об их свойствах получены косвенным путем. В связи с этим возникает вопрос: насколько *естественна* периодическая система элементов? Что мы получаем в результате синтеза этих элементов, открываем ли действительно существующие элементы природы или просто конструируем новые, *создавая новую природу, следуя некоторому алгоритму?*.. И в связи с этим другой фундаментальный философский вопрос: есть ли познание природы открытие того, что есть, или всегда и неизбежно творение нового мира, актуализация виртуальных возможностей, существующих в данном?..

Последний вопрос неизбежно связывается с общей проблемой онтологического статуса нашей технологической цивилизации. Эта цивилизация создает новые искусственные материалы, кардинально меняет экологическую среду, создает специфическую информационную среду, претендует на перестройку самой антропологической природы человека (трансгуманизм). Чем является это бурное прогрессивное движение? Есть ли это *улучшение*



«положения человека в космосе» или же дегенерация человека и всей природной среды, связанной с ним? Лейбниц считал, что мир, созданный Богом, есть лучший из возможных миров, с чем не может не согласиться любой верующий в благого и совершенного Бога человек. То есть среди всех возможных миров актуальный мир есть самый совершенный. Однако как мыслить это совершенство? Лейбниц понимал под совершенством максимальное разнообразие при максимально возможном порядке [15. С. 422–423, № 53–59]. Что предполагаем мы, к какому идеалу стремимся, когда с помощью сегодняшних технологий стараемся улучшить условия жизни человека?.. Когда *следуя алгоритму, заложенному в таблице Менделеева*, синтезируем новые элементы?.. С необходимостью эпистемологические вопросы приводят нас к обсуждению метафизических принципов...

#### 4. Принцип тождества неразличимых и тождественность электронов

Происхождение следующего вопроса также восходит к Лейбницу. Философ обратил внимание на то, что все вещи в мире нетождественны, уникальны. «Не бывает никаких двух неразличимых друг от друга отдельных вещей. Один из моих друзей, остроумный дворянин, беседуя со мной в присутствии Ее Высочества Принцессы Софии в Герренгаузенском парке, высказал мнение, что, быть может, он найдет два совершенно подобных листа. Принцесса оспаривала это, и он долгое время тщетно искал их. Две капли воды или молока, рассматриваемые через микроскоп, оказываются различными. Это является доводом против атомов, которые так же, как и пустота, оспариваются принципами истинной метафизики» [16. С. 450, № 4]. В макромире нет тождественных по свойствам вещей. Но современная физика утверждает, что в микромире ситуация иная: все элементарные частицы тождественны: все электроны обладают одними и теми же свойствами (стандартные масса, заряд, спин), все протоны – тождественны, нейтроны также и т.д. И тогда встает вопрос: если мы, отправляясь от макроуровня, *двигаемся* в направлении уменьшения размеров, то где, как и почему качественное разнообразие мира вдруг сменяется однообразием микромира? По Лейбницу, это было бы нарушением *закона непрерывности* и *закона изономии*. Согласно последнему: все всегда происходит так, как здесь и теперь<sup>9</sup>.

Поэтому для Лейбница подобные соображения являются «доводом против атомов». Против атомов в новоевропейском смысле, то есть тождественных материальных частиц. Заметим, что античные атомисты, *Левкипп из Элеи* и *Демокрит из Абдеры* считали атомы бесконечно различающимися по форме и величине. Современная же физика считает все эти элементарные частицы тождественными. Причем иногда говорят: «Нет, вы неправы, частицы нетождественны, они отличаются своим положением в простран-

<sup>9</sup> См.: *Лейбниц Г.-В.* Переписка с Принцессой Софией-Шарлоттой (1982) [18]. В книге «Метафизическая математика XVII века» я называю этот архитектурный принцип Лейбница назван мною *принципом законности*.

стве». Но Лейбниц и имел в виду несуществование таких абсолютно одинаковых по своим внутренним свойствам, но имеющих различные пространственные координаты частиц. «Полагать две вещи неразличимыми – означает полагать одну и ту же вещь под двумя именами» [16]. Уже во времена Античности поняли, что индивидуальность сущего не может так просто быть отменена в микромире. Однако новоевропейская наука, поверхностно усвоив идеи античного атомизма, до сих пор держится представлений о тождественности элементарных частиц.

Эти и подобные аргументы привели Лейбница к метафизике его *Монадологии*. В ней все монады – суть не материальные, а индивидуальные духовные существа, отличные одна от другой степенью своей «пробужденности». Монады являются у Лейбница «метафизическими атомами» творения, а материальные тела, как и пространство и время, лишь феноменальными формами восприятия монад. Здесь не место излагать метафизическую систему Монадологии, нам важно лишь подчеркнуть, что принцип индивидуальности всего сущего проведен Лейбницем через всю систему его метафизики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Галилей Г. Пробирных дел мастер / пер. Ю.А. Данилова. – М.: Наука, 1987.
2. Койре А. От мира «приблизительности» к универсуму прецизионности / пер. с фр. Я. Ляткер // Очерки истории философской мысли: о влиянии философских концепций на развитие научных теорий. – М.: Прогресс, 1985. – С. 109–127.
3. Фрагменты ранних греческих философов. – Ч. I. – М., 1989. – С.177.
4. Платон. Тимей. – 56 с.
5. Катасонов В.Н. Ахиллесова пята новоевропейской науки // Метафизика. – 2013. – № 1 (7). – С. 74–84.
6. Гуссерль Э. Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология. – Ч. II, § 9. – СПб., 2004.
7. Вигнер Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Успехи физических наук. – Т. 94. – Вып. 3. – 1968. – С. 535–546.
8. Катасонов В.Н. Боровшийся с бесконечным. Философско-религиозные аспекты генезиса теории множеств Г. Кантора. – М.: Мартис, 1994.
9. Лейбниц Г.В. Сочинения: в 4 т. – Т. 3. – М., 1984. – С. 452.
10. Катасонов В.Н. Метафизическая математика XVII века. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011.
11. Катасонов В.Н. Физика, математика, метафизика нашей цивилизации // Метафизика. Век XXI. – Вып. 3. – М., 2010.
12. Клини С. К. Введение в метаматематику. – М., 1957.
13. Балашов Л.Е. Ошибки и перекосы категориального мышления. – М., 2002.
14. Бергсон А. Творческая эволюция. Гл. IV: Кинематографический механизм мышления и механистическая иллюзия. – М.-СПб., 1914.
15. URL: <https://newsland.com/user/4297685476/content/amerikanskie-khimiki-pokushaiutsiana-tablitsu-mendeleeva/4114428>
16. Лейбниц Г.-В. Монадология // Лейбниц Г.-В. Сочинения: в 4 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1982. – С. 413–429.

17. *Лейбниц Г.-В.* Переписка с Кларком // *Лейбниц Г.-В.* Сочинения: в 4 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1982. – С. 430–528.
18. *Лейбниц Г.-В.* Переписка с Принцессой Софией-Шарлоттой // *Лейбниц Г.-В.* Сочинения: в 4 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1982. – С. 371–394.

## PHYSICS TO BURN METAPHYSICS

V.N. Katasonov

*Sts. Cyril and Methodius' Church Post-Graduate and Doctoral School*

The article discusses several topics of physical science, raising the question of its metaphysical prerequisites. This is a thesis about the mathematical language of physics, the validity of the law of the transition of quantity into quality, the naturalness of D. I. Mendeleev's periodic table, the thesis of the identity of elementary particles.

**Keywords:** Physics and metaphysics, mathematics and physics, quantity, quality, Mendeleev's periodic system of elements, atomism, identity.

---

## МАТЕМАТИКА И ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

В.Д. Захаров

*Всероссийский институт научной и технической информации*

Высказывается идея о чисто номиналистическом характере математики. Показано, что математика, в соответствии с идеей А. Эйнштейна, может описывать действительность только на апофатическом пути.

**Ключевые слова:** математика, феноменология, физическая реальность, метафизика, эйдосы, апофатическое познание.

Физика стремится познавать то, что она называет реальностью, и ищет её. А что ищет математика? Она всегда развивалась пол флагом номинализма, вне реализма. Ведь она сама по себе не нуждается в естествознании и не собирается отвечать на вопрос, как устроен мир. Её интересует, *какие могут быть миры*. В этом Георг Кантор видел *свободу* математики, которую, видимо, следует понимать как свободу от реальности. Можно сказать, что математика занимается лишь *воображаемыми* мирами, а та действительность, к познанию которой стремится физика, для математики вообще не существует. Вероятно, именно в таком смысле следует интерпретировать слова А. Эйнштейна [1. С. 83]: «Если теоремы математики прилагаются к отражению реального мира, они не точны; они точны до тех пор, пока они не ссылаются на действительность».

Эти слова удивительны. Ведь тогда получается, что где-то, в каком-то мире, далёком от того, что мы называем действительностью, живёт математика – там, где её теоремы *точны*. Существует ли этот математический мир объективно или он есть принадлежность нашего внутреннего мира – того, что М. Хайдеггер обозначает термином *Dasein*?

По этому поводу существует две противоположные точки зрения, в зависимости от того, что мы понимаем под словом «действительность». Одна из них – позитивистская, которая ведёт своё начало от И. Канта, проложившего демаркационную линию между математикой и метафизикой. Согласно Канту, математические образы создаются только в области наших чувственных созерцаний, то есть в нашем *Dasein*. Именно к этой области относятся синтетические априорные суждения, на которых Кант основывает познание. Для позитивизма действительно только то, что наблюдаемо. Так, с точки зрения С. Хокинга, «теории следует оценивать лишь по их способности предсказывать наблюдаемые явления» [2]. Иными словами, утверждается, что математические истины *изобретаются* человеком как некая его умственная модель, требующаяся для объяснения результатов наблюдений.

С этой точки зрения, слова Эйнштейна о математике, не относящейся к действительности, лишаются всякого смысла.

Однако насколько верен сам взгляд Канта на математику? Развитие науки показало, что демаркационной линии между математикой и метафизикой не существует. С открытием неевклидовых геометрий выяснилось, что их аксиомы не могут быть отнесены к априорным синтетическим суждениям. Геометрия ушла из области созерцаний. В физику вошли так называемые геометрические пространства, которые Пуанкаре противопоставил «физическим пространствам» нашего чувственного опыта. Именно это дало возможность А. Эйнштейну написать [1]: «Сама по себе математика ничего не может сказать о реальных объектах, или каких-либо наглядных образах. Под точкой, прямой и т.д. в аксиоматической геометрии следует понимать только лишённые содержания понятия. То, что даёт им содержание, лежит вне математики». Эти слова означали, что под «действительностью», где теоремы математики не точны, Эйнштейн имел в виду сферу наших чувственных созерцаний.

Это позволяет сделать вывод: в области чувственных созерцаний теоремы математики не просто не точны, но и вообще к ней неприменимы, что даёт возможность обратиться к противоположной точке зрения, противостоящей позитивизму и защищаемой Р. Пенроузом [3]. При таком подходе истины в математике существуют вечно и вне человека. Человек не создаёт их своим мышлением, а лишь *открывает* их существование в некоем объективном, от человека не зависящем мире платоновских эйдосов. Это и есть реализм в его классическом противопоставлении с номинализмом. В связи с этим платоновский математический мир – тот, в котором теоремы математики точны, – это и есть та подлинная реальность, которую ищут физики.

Как может быть познана такая реальность? Ясно, что её нельзя познавать феноменологически, на позитивистском пути – на основании так называемого «предметного знания», использующего причинность в сфере явлений. Физическая причинность алгоритмизируема и может быть переведена на язык компьютеров. Пенроуз же определяет человеческое сознание метафизически, вне логики и причин – как некую невычислительную активность человеческой личности, не связанную с физической деятельностью мозга: «в процессе (сознательного) мышления участвует существенная неалгоритмическая составляющая» [3]. Она проявляется как «способность непосредственно воспринимать истины и тем самым осуществлять прямой контакт с миром математических идей Платона» [3. С. 347].

Здесь возникают принципиальные вопросы: каким образом человек осуществляет этот «прямой контакт»? Каким образом мы открываем для себя математические идеи? Пенроуз, как мы видим из его ответа критикам [2], не может дать какого-либо определённого ответа. Он говорит лишь о *непознательной* способности человека проникать в мир платоновских эйдосов, признавая в том, что это остаётся для него непостижимой *загадкой* [4. С. 39].

Допустим, однако, что Пенроуз прав и математик действительно *каким-то образом* черпает свои идеи из платоновского мира. Идеи, по Платону, вечны и неизменны, а поскольку, как считает Пенроуз, они проникают в сознание математика *непосредственно*, то они являются к нему в готовом мире, как некий чудесный дар от платоновских «небес» в виде каких-то абсолютных истин.

У древних греков истина действительно была абсолютной и выражалась математически. В соответствии с их космогонией (диалог Платона «Тимей») Демиург конструирует мир по строгому геометрическому плану на основе единой, считавшейся абсолютной геометрии.

А что же считается истиной в математике в наши дни, после кризиса её оснований начала XX века? Абсолютная истина давно покинула как учение о пространстве (с возникновением неевклидовых геометрий), так и учение о числе (с теоремой Гёделя). С обрушением фундамента математики ни одна математическая теорема не может считаться строго доказанной, так как само понятие доказательства утратило строгий (абсолютный) смысл.

С утратой строгости уже нельзя утверждать (как это делает Пенроуз), что математика имеет дело с платоновыми абсолютными. Можно только верить в их существование, но вера – это уже не знание. А. Лосев, например, считал, что ни философия, ни тем более наука не могут доказать существование универсалий (общих идей) – это вопрос веры, а верить можно только в то, что мы не знаем. Эйдосы не познаваемы мыслью: Платон тоже считал, что они не доступны человеческому познанию.

Эйдосы не доступны знанию – означает ли это, что они не существуют? Так ведь и человек недоступен своему же знанию. Означает ли это, что мы не существуем? Я хочу указать путь, по которому мог пойти Пенроуз для утверждения существования эйдосов. Это есть особый путь познания, на который ступил ещё Сократ, и я продемонстрирую его сначала на задаче познания человеческой личности.

Если нечто недоступно знанию – означает ли это, что оно никак не может быть познано? Вот Сократ говорил, что он ничего не знает, но считал своё незнание весьма полезным для себя, потому что оно позволяло ему разоблачить многие предрассудки «знающих». Спустя почти два тысячелетия Николай Кузанский разъяснил нам, какую пользу может приносить незнание, создав свою философию «учёного незнания» [5]. Само название указывает на то, что незнание может чему-то научить. Примером является так называемая «отрицательная теология». Что мы можем «знать» о Боге? Только то, чем Он не является: Бог *не есть* камень (идол), *не есть* огонь, не есть вообще природа. Разве это не приближает нас к богопознанию, хотя Бог так и остаётся для нас тайной? Такого рода «познание» стало называться *апофатическим*.

Я думаю, апофатическое познание очень применимо к постижению такого существа, как человек. Убедил меня в этом наш отечественный философ и физик В. Налимов. Его книга [6] прямо носит подзаголовок «Смысло-

вая архитектоника *личности*». В. Налимов хочет постигнуть личность через её смыслы, а эти смыслы, как он утверждает, раскрываются через незнание, ибо «незнание всегда богаче нашего знания». Сам смысл человеческого существования состоит «в расширении горизонта нашего незнания» относительно Мира и самого себя. Наше знание всегда обманывает нас относительно подлинного бытия. Сводя «познание» к разделению субъекта и объекта, оно отождествляет бытие с миром объектов знания. Объекты же знания – не бытие, и ещё Кант назвал такое отождествление бытия и мира объектов иллюзией нашего разума (Бердяев потом назовёт эту иллюзию *объективацией*). Напротив, незнание стирает границу между субъектом и объектом, между рациональным и иррациональным, приобщая нас к бытию, в котором укоренено наше Я. Модель человека, основанная на незнании, предполагает предельные вопросы, на которые нет и не может быть ответов. Прежде всего, вопросы: что есть личность? и как идентифицировать человека? Это означает, что *человек есть тайна*, и тайна должна быть признана частью естественного порядка вещей. Тайна более естественна, чем любые попытки вывести сознание как продукт «высокоорганизованной материи»: «Неестественно видеть в человеке естественное порождение природы» (Честертон [7]).

Это апофатическое знание (как незнание) раскрывает тот образ личности, который нашему сознанию представляется как *миф*. Миф повествует о нашей семантической (смысловой) реальности, и вся история человеческой культуры есть история развития мифов о личности. Только через миф познаётся реальность.

В. Налимов приводит много мифов о человеке с древнейших времён до Нового времени. Из мифов мы узнаём, что в человеческом Я исконно внедрено представление о высшем бытии – Боге. С этим связан тот миф о человеке, которого придерживались философы Фр. Шеллинг и Вл. Соловьёв. Согласно этому мифу, первоначальное человечество обладало единой верой в единого Бога и в этой слитности с единым Богом не нуждалось в познании и даже в осознании своего Я. То, что мы называем сознанием, появилось лишь вследствие утраты единого Бога. Пока человек не отпал от единого Бога, он не нуждался даже в религии и не имел храмов (это отражено в рассказе Ф. Достоевского «Сон смешного человека»). Утрата же единого Бога явилась утратой бытия, собственного Я, прежде укоренённого в Боге. Сознание появилось у человека как восприятие происшедшей с ним катастрофы – отпадения от бытия в Боге. Лишь утратив Бога, человек воззвал к Богу – появились религии. С тех пор человек тщетно ищет своё утраченное бытийное Я. Стремясь к своей индивидуальной обособленности, он утверждает в себе лишь ложное, небытийное Я, которое и называет своим сознанием.

Этот экскурс в область апофатического познания понадобился, чтобы продемонстрировать, что концепция сознания, развитая Пенроузом, – это чистой воды апофатика! В самом деле, суть человеческого сознания у него есть невычислительная способность человека проникать в мир эйдосов.

*Знать* о них нам не дано: мы даже не знаем, как они могут существовать, потому что не знаем, что такое есть существование вне времени. Эйдосы непознаваемы, а значит, непознаваемо и определяемое таким образом сознание. Следует прямо признать, что это не есть *знание* о сознании, а есть *незнание*, которое, однако, приближает нас к проникновению в тайну связи человека с эйдосами (в осознание того, что человек – тайна). В тайне заключена правда, и здесь сбывается то, о чём говорит Н. Кузанский: самим *непостижением постигается непостижимое*.

Вряд ли Пенроуз согласится признать свою концепцию апофатической: апофатика ведёт к мифу, а миф разрушает физикализм, которого Пенроуз продолжает придерживаться. Однако он не может объяснить на физическом пути общение человека с миром эйдосов. Поэтому ему приходится придумывать небывлицы вроде той, что любой ребёнок уже имеет заложенное в его сознание понятие о целых числах. Каким образом? Это никак не объясняется. Пенроуз сам признаётся, что для него это есть тайна. А мы скажем по-другому: да, это тайна, но означающая для нас познание: познание особое – апофатическое.

Математика не есть знание действительного, как бы его ни понимать – ни по Канту, как явлений чувственного опыта, ни по Пенроузу, как платоновских эйдосов. Математика есть незнание – то, которое богаче знания. Эйнштейн был прав: теоремы математики всегда будут «не точны», лучше сказать, не применимы в описании действительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Эйнштейн А.* Геометрия и опыт // Соч.: в 4 т. – Т. 2. – М.: Наука, 1966.
2. Большое, малое и человеческий разум. Спор о физическом мире идей: сборник статей. – СПб.: Амфора, 2008.
3. *Пенроуз Р.* Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. – М.: ЛКИ/URSS, 2008.
4. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. Москва – Ижевск: Институт космических исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007.
5. *Кузанский Н.* Об учёном незнании // Соч.: в 2 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1979.
6. *Налимов В.В.* Спонтанность познания. – М.: Прометей, 1989.
7. *Честертон Г.К.* Вечный человек – М.: Изд-во политической литературы, 1991.



## MATHEMATICS AND PHYSICAL REALITY

**V.D. Zakharov**

*All-Russian Institute for Scientific and Technical Information*

The idea about the neatly nominalistic nature of mathematics is suggested. It is shown that, in accordance with Einstein's thought, mathematics can describe reality only in the apophatic way.

**Keywords:** mathematics, phenomenology, physical reality, metaphysics, ideas, apophatic cognition.

---

---

# СООТНОШЕНИЕ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

---

---

## ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ СОГЛАСНО РЕЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКОМУ ПОДХОДУ

**В.В. Аристов**

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

Рассматривается ряд основных проблем, посвященных взаимосвязи физики и математики. В реляционно-статистической концепции при построении пространства-времени такая связь изучается с точки зрения отношения этих дисциплин к измерениям. В физике используются фундаментальные приборы, и прежде всего часы и линейки. Реляционный статистический подход, развиваемый в наших работах, позволяет сопоставить в единых измерительных процедурах конфигурацию масс системы и пространственные величины. Другое соотношение связывает временной интервал с осредненным движением, выраженным в пространственных терминах. Таким образом полученные безразмерные соотношения в физике позволяют поставить вопрос о связи аксиом математики с физическими постулатами. В рамках данной общей модели оказывается возможным рассмотреть в качестве предельных случаев при микро- и макроописании соотношения квантовой механики и ОТО соответственно.

**Ключевые слова:** реляционная статистическая концепция, пространство-время, аксиомы математики, законы физики.

### Введение

Обозначим вначале основные изучаемые проблемы. Они имеют длительную историческую традицию. В современном и отчетливом виде ряд из них представлен в известной работе физика Юджина Вигнера «Непостижимая эффективность математики в естественных науках» [1] и позже в статье почти под таким же названием историка науки Мориса Клайна [2].

Мы выделим те суждения, которые перекликаются с предложениями, описываемыми в нашей статье. Начать можно с нескольких цитат из статьи М. Клайна, поскольку здесь говорится об основной проблеме (которая разбивается на ряд задач) в историко-философском аспекте. Клейн описывает воззрения на изучаемый предмет философов и ученых в глубокой исторической перспективе, восходящие еще к античности и затем повторявшиеся и

видоизменявшиеся в веках: «Ученым XVI–XVIII вв. вопрос об эффективности математики казался простым и ясным. Разделяя убежденность древних греков о том, что мир устроен на математических принципах, а также средневековые представления, гласившие о том, что мир создан на математических принципах не кем иным, как Богом, они видели в математике путь к познанию истин о природе. ...Суть того, во что неколебимо верили Декарт, Кеплер, Галилей, Ньютон, Лейбниц и многие другие создатели современной математики, сводится к следующему: природе внутренне присуща некоторая скрытая гармония, которая отражается в наших умах в виде простых математических законов. ...Развитие неевклидовой геометрии показало, что математика ничего нам не говорит о природе. Именно человек фиксирует в природе простоту и порядок. Возможно, что в природе не заложено никаких математических принципов. Вернее будет сказать, что математика предлагает нам рациональный, вполне осуществимый план. ...Физики и некоторые философы полагают, что математика своими корнями глубоко уходит в физическую реальность, и рассматривают ее как инструмент познания. По мнению Планка, Маха, Больцмана и Гельмгольца, математика дает не более чем логическую структуру законов физики. ...В далеком прошлом математические закономерности выводили из твердо установленных экспериментальных истин, в частности непосредственно из интуитивного восприятия пространства. Однако квантовая механика показала, что эта макроскопическая интуиция реальности охватывает и микроскопические явления... связывая их с математикой, которая заведомо была создана не как приложение к экспериментальной науке. ...Математику можно представлять как своего рода хранилище математических структур. Некоторые аспекты эмпирической или физической реальности удивительно точно соответствуют им, словно последние “подогнаны” под них. ...Почему математика работает? Было предложено несколько ответов. Некоторые полагают (Дидро), что математики “подбирают” свои аксиомы так, чтобы следствия из них соотносились с опытом. ...Предлагается и совершенно другое объяснение “эффективности” математики. Оно восходит к Канту. ...Всеобщие и необходимые законы опыта принадлежат не самой природе, а только разуму, который вкладывает их в природу» [2].

Приведем также суждения из [1] (это обработанное выступление Юджина Вигнера в 1959 году на чествовании известного математика Рихарда Куранта). Автор пишет: «...вовсе не очевидно, что “законы природы” должны существовать; возможность их существования куда менее очевидна, чем способность человека обнаруживать такие законы. ...Законы природы – это весьма условные утверждения, имеющие поэтому отношение лишь к весьма малой части того, из чего состоит природа. Так, классическая механика – наиболее известный образец физической теории – позволяет определить вторые производные от координат всех тел (ускорения), если известны положения (координаты) и импульсы этих тел. Классическая механика не дает

никакой информации о существовании этих тел, их расположении и скоростях в начальный момент».

Здесь определяется дополнение к аналогичному вопросу, задаваемому Клайном: почему вообще в природе существуют какие-то законы? Мы можем его уточнить еще: почему вообще присутствует связь – через знак равенства в уравнениях, казалось бы, совершенно различных понятий и представлений? Здесь М. Клайн, по сути, подводит нас к основной идее, развивавшейся Анри Пуанкаре в его методе конвенционализма.

Вигнер делает важное замечание: «...физикам приходится отбирать определенные математические понятия для формулировки законов природы, ибо в физике может быть использована лишь часть известных математических понятий. ...Эти понятия не отбирались физиками произвольно из понятий, введенных математиками: во многих случаях... эти понятия были разработаны физиками независимо, и лишь впоследствии оказывалось, что математики уже давно ввели эти понятия».

Полезно вспомнить и известное высказывание Н. Бурбаки из [3] о том, что в своем аксиоматическом виде математика представляется скоплением абстрактных форм, однако некоторые аспекты реальности как будто бы в результате предопределения укладываются в некоторые из этих форм. Мы будем стараться показать, что это «предопределение» связано с длительной практикой явного или неявного развития и соотношения физики, математики, а также фундаментальных измерительных инструментов и приборов.

Поэтому необходимо дополнить статьи Вигнера рядом следующих существенных, по нашему мнению, вопросов. Что такое вообще физический закон, выраженный в математизированной форме? Эти закономерности открыты или они настолько же были созданы развитием человеческого знания, техники и математического аппарата? Что можно извлечь общего из таких отделившихся путем абстрагирования дисциплин? Мы полагаем, что математические понятия, разрастаясь вширь и вглубь как самостоятельная область знания, содержат в себе потенциально допустимые для физики соотношения. Физика способна затем востребовать их для своих целей, но может и формулировать новые математические положения, разрабатываемые затем в рамках самой математики.

Вигнер говорит и о взаимоотношении двух важнейших теорий – теории относительности и квантовой механики: «Эти две теории оперируют с различными математическими понятиями... Пока эти две теории не удалось объединить, то есть не существует такой математической формулировки теории, по отношению к которой обе эти теории являются приближенными. Все физики верят в принципиальную возможность объединения этих двух теорий... Тем не менее вполне возможно себе представить, что никакого объединения этих двух теорий найдено не будет».

В конце своей работы Ю. Вигнер пишет: «Чудесная загадка соответствия математического языка законам физики является удивительным даром, который мы не в состоянии понять и которого мы, возможно, недо-

стойны». На наш взгляд, можно найти соответствия между языками физики и математики, но для этого надо создать более общую физико-математическую концепцию.

### **Постановка проблемы соотнесения физических и математических величин**

Рассмотрев некоторые из важных проблем о связи математического и физического описания мира, можно сказать, что наш подход в чем-то безусловно пересекается с приведенными суждениями, но все же ответы на заданные вопросы ищутся и на иных путях, прежде всего связанных с конструктивным пониманием времени и пространства.

Можно поставить задачу, сравнимую с той, что решил Декарт, рассматривая алгебраизацию геометрии. Системы арифметических (алгебраических) и геометрических аксиом были сопоставлены между собой, чем было достигнуто новое единство математики. Новая задача состоит в обнаружении связи аксиом физики и математики.

В физических уравнениях сопоставлены понятия и величины различной природы, которые, по сути, измеряются различными способами. Например, сила, масса и ускорение, как во втором законе Ньютона. Здесь требуются измерения в различных комбинациях величин, связанных с массой, временем и пространством (силу по Маху можно определять и измерять в согласии с третьим законом Ньютона). В этом и состоит смысл физических соотношений, выражающих закономерности мира, но здесь скрыта и серьезная проблема. Пока не будет предложено способа сопоставления безразмерных математических соотношений с физическими уравнениями, где связываются величины, различающиеся по размерностям и требующие некоторых специальных приборов для измерения, проблема, по нашему мнению, не может быть решена. При правильной постановке такой задачи физические фундаментальные уравнения смогут быть соотнесены с математическими аксиомами и следствиями из них.

В математике нет размерных величин, то есть в отличие от физики и некоторых других наук здесь нет физических «посредников» для нахождения соответствия между различными величинами, для измерения которых требуются специальные приборы (не опасаясь каламбура, можно сказать, что компьютер не в счет). Одной из общих проблем сопоставления физики и математики поэтому видится выяснение возможности установления связи между величинами различной размерности.

Соотнесение математических аксиом и физических законов возможно, если предположить, что в основе описания лежат математические аксиомы. Они задают набор допустимых соотношений. Некоторые из них становятся физическими уравнениями, если придать измеримый смысл входящим туда величинам. В физической теории присутствуют три независимых размерности, связанные с временем, пространством и массой, что отчетливо отраже-

но в системе СГС. Она представляется наиболее простой и удобной в теоретических рассматриваниях. В системе СИ представлены 7 основных величин, но некоторые из них несомненно зависимы.

Таким образом, имеются три независимые размерности, которые в существующей физической модели принципиально измерительно несопоставимы, однако в известных законах и уравнениях оказываются связанными. Возникает вопрос, можно ли их прямо связать? В разрабатываемом нами варианте концепции реляционного статистического пространства-времени строятся модели основных приборов – часов и линеек (заметим, что другой вариант аналогичной по основным идеям реляционной статистической концепции развивается в [4]). Задаваемые здесь связи сопоставляют непосредственно в двух новых соотношениях три указанные размерности. Известные физические уравнения являются следствием этих исходных соотношений, которые, как предполагается, лежат на более глубоком уровне описания.

### **Реляционно-статистический подход к решению проблемы**

В реляционно-статистической модели пространство конструируется путем построения модели физического прибора для измерения расстояний – обобщенной масштабной линейки (см. [5; 6]). Построение неизбежно включает некоторые более общие положения, так что метрические соотношения (выражающие реляционность концепции), то есть отношения между элементами, являются только частью такого обобщенного подхода. Полагается, что физическое пространство может быть получено, представлено нами, только исходя из системы первичных элементов (атомов), с помощью которых и могут быть заданы приборы для измерения расстояния, длины.

Полезно привести слова Э. Маха о реляционных понятиях, связанных с пространственными отношениями [7]: «Вместо того чтобы относить движущееся тело  $K$  к пространству (к какой-нибудь координатной системе), будем рассматривать его отношение к *телам* мира, посредством которых только и можно *определить* систему координат».

В основе наших построений лежит конфигурация таких элементов (частиц, атомов). Элементы имеют изначальный физический смысл, предельно малое расстояние, задаваемое самим атомом, можно сопоставлять с массой. Тем самым расстояние можно измерять в целых числах, которые соотносимы с величиной массы. Вообще говоря, допустимо рассматривать систему с конфигурацией различных по массе элементов. Но если мы хотим получить сопоставление с измерительной средой реальных линеек – предельно однородной, то исходно можно полагать, что все элементы одинаковы и им приписаны одинаковые массы. Допустимо предположить, что реальное взаимное расположение элементов несимметрично, – возможны «скопления» (конфигурации, состоящих из «массивных тел»), но измерительная среда является предельно однородной.

Реальное распределение элементов, вообще говоря, может быть произвольным. Сопоставление с однородной измерительной средой, выступающей в качестве эталонной, позволяет судить о характере этого распределения. Способ определения расстояния задается операцией соотнесения количества элементов в измеряемом объекте с сопоставляемым ему набором элементов измерительной однородной дискретной среды. Это означает, что размерности длины и массы сопоставимы. Так задается первая связь, уменьшающая число независимых размерностей на единицу.

Причем при таком сопоставлении пространства и дискретной структуры материи оказывается, что квантовые представления об энергии прямо соотносятся с квантовостью, дискретностью вещества, состоящего из элементарных объектов (в модели изначально предполагается, что все состоит из бесструктурных одинаковых атомов). По сути, такие представления восходят к образам начала XX века, когда квантованность действия (и энергии) сопоставлялась с только утверждавшейся тогда моделью об атомарном строении материи. В дальнейшем эти представления мыслились более абстрагировано и практически независимо. Подчеркнем, что «нерасщепляемый» элемент (атом) реляционной статистической модели является носителем элементарной массы, но представляет собой также и элементарную единицу расстояния. Значит, дискретность материи связана, так сказать, по построению и с дискретностью конструируемого пространства, что ведет к следствиям, связанным с положениями квантовой механики.

Чтобы такие построения приняли законченный вид, необходимо ввести также связь между размерностью пространства и размерностью времени, что задается также с помощью некоторой измерительной процедуры, но уже другого рода. В основе лежит аналогичный анализ операций по измерению, в данном случае не пространства, а времени. Это реализуется в представлении о характере измерений, связанных с часами. Предполагается, что вся информация о физическом времени заложена в процедуру измерения по часам. Здесь извлекается информация метрического свойства – представления о величинах временных интервалов и сопоставлении их в различных физических ситуациях. Но для того чтобы построить действенную модель, требуется более общая теоретическая конструкция, которая позволяет судить не только о метрических, но также и о некоторых «топологических» свойствах времени. Это достигается построением модели «темпорометра». Оказывается, что легко проверяется, все измерения времени можно свести к суждениям о пространственных величинах. Во всяком случае, временной интервал всегда можно трактовать в терминах пространственных образов. Промежутку времени можно сопоставить некоторый пространственный интервал.

Приведем слова Маха, отметившего пусть и не на формально-математическом, а на качественном уровне возможность привлечения пространственных свойств всех тел мира для описания времени: «Если принять во внимание, что время, входящее в ускорение, есть не что иное, как мера расстояний (или углов поворота) мировых тел, то можно увидеть, что даже в

простейшем случае, когда мы будто бы рассматриваем взаимодействие только двух масс, *невозможно* отвлечься от остального мира» [8. С. 57].

Мы определяем момент времени как «опыт» – набор пространственных координат, заданных в одном «световом срезе» с помощью идеального фотоаппарата. Пространственное смещение, связанное с показаниями часов, носит произвольный характер. Здесь можно отметить, что движение, которое репрезентирует стрелка часов или другой прибор для показаний времени, носит выделенный характер. Движение это непрерывное, то есть непрерываемое и равномерное, что пока можно понимать интуитивно, но в дальнейшем равномерность может трактоваться и по некоторым формальным процедурам. Такие наблюдения позволяют записать определенное уравнение, где временной интервал связан с осредненным движением, выраженным через пространственные приращения всех элементов мира между двумя опытами. Осреднение случайных движений огромного числа частиц и отражает указанные свойства.

Модельный инфинитезимальный временной интервал имеет вид (см. [8. С. 58; 9]):

$$d\tau^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j \right)^2. \quad (1)$$

Теперь после получения новых связей непосредственно в процедурах измерения пространственных и временных величин основные три размерности массы, пространства и времени оказываются связанными между собой, так сказать, операционально. Тем самым уходит их принципиальная обособленность, выражаемая системой единиц с тремя независимыми эталонами и соответствующими измерительными процедурами. Фактически теперь можно иметь дело с безразмерными величинами, как в математических соотношениях. Безусловно, данные соотношения могут иметь и размерностный смысл, но тогда должны играть роль некоторые размерные множители, переводящие одну размерность в другую. Такие множители состояются из известных мировых констант.

### **Соответствие физических и математических постулатов**

Проблема связи физики и математики в таком подходе решается способом математизации физики и «офизичивания» математики. Теперь, когда мы имеем дело фактически с безразмерными величинами, можно посмотреть, как работают аксиомы математики, когда выстраиваются физические соотношения.

В сумме (1), которая выражает связь пространственных приращений и приращений времени, по сути, скрыто тождество: если разделить правую и



левую часть уравнения на временной интервал, мы получим сумму безразмерных величин, которая равна  $N$  – числу элементов в мире

$$N = \sum_{i=1}^N (au_i)^2 - N \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} au_i\right)^2,$$

где скорости

$$u_i = \frac{dr_i}{d\tau}.$$

Здесь фигурируют безразмерные величины, поскольку размерные скорости умножены на величину  $a$ , которая, как показано в [8; 9], равна обратной величине к скорости света  $c$ . Первую сумму в правой части можно представлять в виде частичных сумм согласно алгебраическим аксиомам

$$N = \sum_{i=1}^{M_1} (au_i)^2 + \sum_{i=M_1+1}^{M_2+M_1+1} (au_i)^2 + \sum_{i=M_1+M_2+2}^N (au_i)^2 - N \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} au_i\right)^2.$$

Здесь указанная сумма разбита на три положительных члена: два первых соответствуют подсуммам для взаимодействующих систем элементов (наборам частиц, образующим физические тела с числовыми массами  $M_1$  и  $M_2$ ), третий член – влиянию всего остального мира (частицы с номерами от  $M_1+M_2+2$  до  $N$ ) – данное разбиение соответствует махианскому взгляду на динамику и кинематику, который в согласии с механикой Герца стремится исключить понятие силы. Таким отдельным частям суммы можно придавать смысл кинетической энергии (если умножить все члены на единицу массы и разделить пополам). Фактически здесь используются возможности коммутативного, ассоциативного, дистрибутивного и других алгебраических законов.

Следовательно, общая сумма выражает собой некое тождество, но отдельным частям суммы (подсуммам) можно придавать физический смысл кинетической энергии, которая перераспределяется между телами, содержащими различное число частиц согласно математическим правилам, вытекающим из основных аксиом.

Фундаментальные приборы, можно сказать, проецируют структуры математического знания в физические. Связи массы, пространства и времени выбирают только некоторые из возможностей, предоставляемых математическим аппаратом аксиом и следствий из них. Такие связи и оказываются соответствующими физическими постулатами, законами (или их следствиями), важнейшими фундаментальными соотношениями и уравнениями. Причем безразмерные уравнения модели с использованием комбинаций мировых констант по принципу соответствия переходят в известные физические уравнения.

Представленные новые физические и математические соотношения дают возможность выводить некоторые другие известные физические уравнения. В частности, удастся получить аналог гравитационного потенциала, исходя из вероятностных свойств закона больших чисел и центральной пре-

дельной теоремы. Учитывая связь времени и пространства в модели часов, записывается, как было показано выше, безразмерная сумма квадратов скоростей для всех элементов мира. Она сопоставляется с другой безразмерной суммой отношений масс тел к расстояниям до них от пробного тела. Отсюда вытекает обратная пропорциональность расстоянию, отвечающая ньютонову потенциалу. Данный потенциал может быть получен с учетом следствий из теории вероятностей путем сопоставления двух глобальных сумм разных знаков, соответствующих кулоновскому потенциалу для разноименных зарядов. Отметим, что Ю.С. Владимиров также рассматривает возможность «получения гравитации из электромагнетизма».

Согласно новым уравнениям выводятся некоторые соотношения между мировыми константами, соответствующие так называемым космологическим совпадениям.

В физике предложено много эмпирических уравнений, но в принципе они могут быть сведены к фундаментальным уравнениям, которые, как указано, восходят через ряд процедур к аксиомам математики. Например, уравнение Больцмана было выведено из интуитивных соображений. Но затем было показано, что это уравнение может быть получено с использованием ряда допущений из уравнения Ньютона.

Подводя итог, можно еще раз отметить самое важное суждение о том, что некоторые физические уравнения выведены из математических тождеств, в которых используются алгебраические аксиомы, затем некоторым частям в тождественных выражениях придается физический смысл за счет возможных измерений. Причем в развиваемом реляционном статистическом подходе используются математические постулаты и аксиомы и их следствия применительно к суммам безразмерных величин, соотношение таких сумм большого количества величин с показаниями, например, часов, требует и подключения аппарата теории вероятностей.

### **Построение общей модели, содержащей в себе физический и математический аппарат квантовой механики и ОТО**

Рассмотрим вопрос, заданный в статье Вигнера о принципиальном различии математических формализмов квантовой механики и ОТО. В наших работах [10; 11] был предложен подход на основе реляционной статистической модели к объединению теорий.

Данные аппараты получаются в микро- и макропределах соответственно.

Такая возможность связана с параметризацией пространства и времени, причем речь в данном случае идет о  $N$  параметрах – числе элементов в мире. Более широкое, по сравнению с традиционным, реляционно-статистическое описание позволяет рассмотреть различные варианты основных систем, отвечающих указанным пределам. Пространство и время предстают понятиями, которым можно придавать различные гипотетические

свойства путем описания реляционной связи со свойствами меняющихся распределений, конфигураций элементов, что и выражает связь масса-пространство-время.

Рассмотренная общая дискретная геометрия, построенная на графе, обладает важными свойствами. На масштабах, достаточно больших по сравнению с минимальным расстоянием и с взаимным равномерным распределением элементов (вершин графа), геометрия сводится к евклидовой. Отклонение от единственности отрезка прямой между двумя точками (элементами) происходит на малых масштабах, это можно назвать локальным отклонением от евклидовости – локальной неевклидовой геометрией, а при сгущениях элементов (соответствующих телам с большой массой, во всяком случае, большей единицы) – римановой геометрией на глобальных масштабах.

На микромасштабах, понимаемых как расстояния, сравнимые с предельно малой массой одного элемента (атома) начинает проявляться неоднозначность допустимой траектории свободной частицы, в обычной геометрии задаваемой прямой линией, – здесь прямолинейная траектория становится неоднозначной, что приводит к индетерминизму. Такая возможность отвечает неевклидовой геометрии, проявляющейся на микромасштабах и определяющей неединственность прямой линии. Риманова геометрия проявляется на больших масштабах: гравитирующее тело могут огибать прямые (геодезические) линии – аналог гравитационного линзирования.

При появлении массивных тел, плотность которых превышает плотность дискретного фона, являющегося фактически измерительной средой, возникают отклонения в метрике, что определяет величину метрического тензора, компоненты которого выписываются без обращения к полевым уравнениям Эйнштейна–Гильберта.

Следовательно, построение реляционного статистического пространства-времени позволяет позитивно ответить на один из вопросов, содержащихся в исходной статье Вигнера и являющихся обсуждаемыми многими физиками и философами, то есть физика и математика способны приоткрываться друг другу по-новому с развитием теории.

### **Выводы и перспективы**

Существует достаточно много эмпирических уравнений и соотношений, в которых связываются различные понятия («различной природы»), причем такие связи не носят фундаментального характера, который требует обращения к важнейшему соединению физических и математических аксиом. Как было показано в настоящей работе, построение моделей пространства и времени подводит нас к уровню непосредственного пересечения постулатов физики и математики. Реляционный статистический подход связывает измерительные процедуры для пространственных величин с определением конфигураций масс, с другой стороны, с нахождением временных со-

стояний и интервалов. В частности, здесь как предельные случаи описываются и аппарат квантовой механики, и ОТО.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вигнер Ю.* Непостижимая эффективность математики в естественных науках // УФН. – 1968. – Т. 94. Вып 3. – С. 535–546.
2. *Клайн М.Ю.* Непостижимая эффективность математики // Математика. Поиск истины. – М.: Мир, 1988. – С. 237–255.
3. *Бурбаки Н.* Очерки по истории математики. – М.: Мир, 1965.
4. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ, 2008.
5. *Aristov V.V.* On the relational statistical space-time concept. The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception / R. Bucchery et al. eds. – Dordrecht. Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 221–229.
6. *Аристов В.В.* Конструкция реляционного статистического пространства-времени и физическое взаимодействия. На пути понимания феномена времени в естественных науках / ред. А.П. Левич. – М.: Прогресс-Традиция, 2009. – Ч. 3. – С. 176–206.
7. *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк ее развития // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. – М.: Мир, 1979.
8. *Аристов В.В.* Статистическая модель часов в физической теории // Докл. РАН. – 1994. – Т. 334. – С. 161–164.
9. *Аристов В.В.* Реляционная статистическая модель часов и физические свойства времени // Конструкции времени в естествознании / ред. А.П. Левич. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – Ч. 1. – С. 48–81.
10. *Aristov V.V.* The gravitational interaction and Riemannian geometry based on the relational statistical space-time concept // Gravitation and Cosmology. – 2011. – V. 17. – No. 2. – P. 166–169.
11. *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. – Singapore: World Scientific. 2017. – P. 2671–2676.

## CONNECTION BETWEEN PHYSICS AND MATHEMATICS ACCORDING TO RELATIONAL STATISTICAL APPROACH

**V.V. Aristov**

*Dorodnicyn Computing Centre, Federal Research Centre  
“Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences*

Some problems concerning connection of mathematics and physics are studied. The relational statistical concept is a main method. This connection is investigated from the point of view of the use of dimension values (in physics) and dimensionless values (in mathematics). In physics several types of the instruments are applied but there are two fundamental devices, namely clocks and rods for measuring time and space respectively. The developed relational statistical approach

allows us to compare the mass configuration of the system under consideration and the spatial values. The other relation connects the time increment with the averaging motion expressed in the spatial terms of the coordinate increments. In such a manner the obtained physical dimensionless relationships lead to connection of the mathematical axioms and the physical postulates. In the framework of the given common model one can consider as two limit cases the relations and the equations of quantum mechanics and general relativity in the micro- and macroscales respectively.

**Keywords:** relational statistical concept, spacetime, mathematical axioms, physical laws.

---

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ И ИХ ЭТАЛОННАЯ БАЗА<sup>1</sup>

А.В. Коганов

*Научно-исследовательский институт системных исследований  
Российской академии наук*

Рассмотрены общие принципы достижения однозначной интерпретации и адекватности моделей в теоретической физике. Рассмотрены типы моделей времени в современной прикладной математике. На примерах апорий Зенона показаны методы устранения противоречий в математических моделях.

**Ключевые слова:** математическая модель, эталоны, теоретическая физика, парадоксы, однозначная интерпретация.

Все *естественные и гуманитарные* науки берут объекты, уже существующие в реальном мире (или создают их там), и закрепляют за ними специальные термины. Описание объекта – это тоже названия реальностей, являющихся частями или свойствами исходного объекта. В математике, напротив, все свойства объекта следуют только из его вербального определения и выявляются в процессе логического анализа этого определения и определений соответствующих свойств. Логическая выкладка или вычисление являются в математике экспериментом над определением. Ценность адекватной математической модели не столько в ее свойствах (которые часто известны заранее из опыта над прототипом модели), сколько в подходящем математическом определении, которое выделяет существенные свойства объекта, определяющие его наблюдаемые качества.

В отличие от искусства и философии вся ценность математики заключена в независимости свойств определяемых понятий от мнения субъекта восприятия. Однозначность интерпретаций, которая вынужденно обедняет теорию, окупается буквальной вечностью математических объектов и теорем. Вместе с тем для описания разных интерпретаций изучаемого объекта часто приходится строить несколько математических моделей одного явления. И эти модели даже не всегда строго совместимы между собой. Им приходится давать разные названия, в которые название исходного реального объекта входит как общая часть названий всех моделей. Например, две модели теплоты (термодинамика и статистическая термодинамика, основанная на кинетической теории теплоты) не могут быть строго совмещены, хотя описывают одно явление. Флуктуации существуют только в кинетической модели. В науках, изучающих сложные системы (биология, экономика, тех-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена по теме государственного задания 0065–2018–0004.

нические комплексы), иногда счет таких альтернативных математических моделей идет на десятки и сотни. Они описывают разные стороны изучаемых объектов. Но однозначность выводов и четкость исходных гипотез окутывает дополнительную сложность описания. В частности, получение реальных данных, противоречащих теории, при наличии математической модели позволяет выявить неверные допущения путем логического анализа этой модели.

Проанализируем, как достигается однозначность интерпретации в математике. В любом языке имеется только конечное число слов. Поэтому любая цепочка уточнений приведет нас к словам, которые уже нельзя объяснить словами, не впадая в порочный логический круг. Иными словами, попытка определить всё словами приведет к определению каких-то слов через самих себя. Поэтому Смысл начальных понятий надо пояснять предъявлением реальных предметов, действий или процессов непосредственно от учителя к ученику. Добиться однозначной интерпретации можно только в процессе натурального обучения основам науки.

Такие не определяемые, а **ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ПОНЯТИЯ**, обладающие свойством адекватного восприятия большинством людей, естественно назвать **МАТЕМАТИЧЕСКИМИ ЭТАЛОНАМИ**, по аналогии с метрологическими объектами в Палате мер и весов. К этим понятиям предъявляются те же требования, что и к метрологическим эталонам. Прежде всего, это одинаковое восприятие их существенных свойств достаточно большим кругом специально обученных людей. Кроме того, в математике используются не вполне строгие стандартные образы для формирования эффективной математической интуиции (например, интеграл как площадь под графиком функции). От таких объектов тоже требуется общедоступное содержание.

Специальное исследование позволило выявить те эталоны, которые легли в основание современной математики. Эти результаты описаны в работах автора [1–4]. Перечень выявленных эталонов содержится в табл. 1. Подробно их содержание описано в указанных статьях. Достаточность этого набора эталонов следует из того, что они позволяют реализовать математическую логику в любом из существующих на сегодня вариантов, а также строго описать любую рекурсивную функцию. Разумеется, дальнейшее развитие науки может потребовать введения новых эталонов как в метрологию, так и в метаматерику. Поскольку речь идет о реальном процессе развития, гарантировать абсолютную достаточность набора эталонов невозможно. Логика не может ничего доказать за пределами своей эталонной базы.

Данная работа посвящена анализу взаимодействия эталонов в метрологии, на которых основаны все эксперименты, и эталонов математики и логики, на которых основано всё строгое теоретическое моделирование. На рис. 1 показаны схемы построения эмпирических и математических теорий. При переходе от объекта к опыту (эксперименту) работают метрологические эталоны, включая приборное и организационное обеспечение. Обучение математическим эталонам происходит на ранних стадиях обучения обычно в

школе и частично на первых курсах ВУЗов. Смысл начальных понятий надо пояснять предъявлением реальных предметов, действий или процессов непосредственно от учителя к ученику. Добиться однозначной интерпретации можно только в процессе натурального обучения основам науки.

Таблица 1

**Эталоны математических теорий**

№	Название или тип эталона
<b>Эталоны математики (моделирование)</b>	
1	Носитель информации
2	Алфавит теории
3	Линейный порядок
4	Совокупность элементов
5	Произвольный выбор из данного множества альтернатив
6	Шаг рассуждений или построений
7	Подстановка / таблица / отображение
8	Тиражирование математического объекта
9	Обязательное действие в описанной ситуации
<b>Эталоны метаматематики (логики)</b>	
10	Набор стандартных примеров для общих терминов
11	Пример для общего понятия (частный случай)
12	Обобщающее логическое определение для набора объектов
<b>Методологический эталон (обучение)</b>	
13	Заучивание текста, действия или образа человеком
14	Введение эталона

**СХЕМА ЭМПИРИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК**

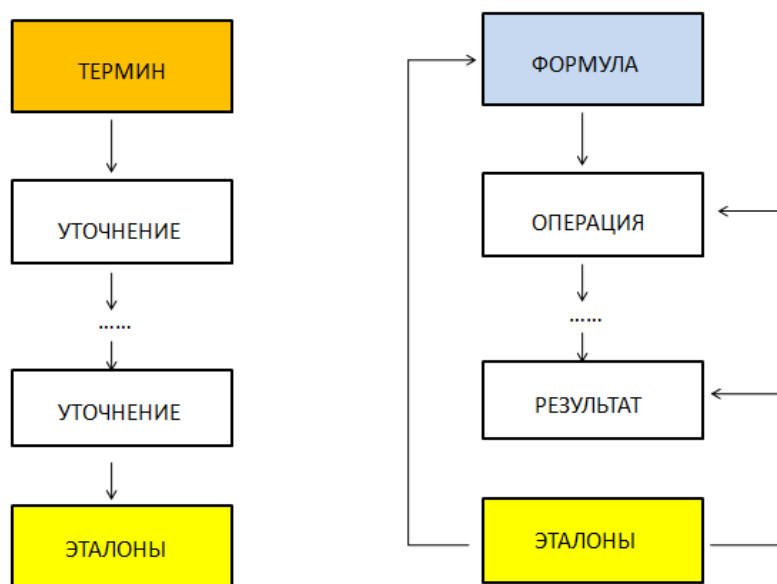


Рис. 1. Структура теории в эмпирических науках и структура математической модели



На рис. 2 показано, как эталонная база математики используется при формулировках строгих определений, при вычислениях по формулам или в выкладках, которые являются символьными вычислениями. Цепочка пояснений в математических определениях продолжается до тех пор, пока неопределёнными останутся только эталонные понятия. Эти понятия не требуют определения и не могут быть определены словами. Они понятны из начального обучения. При вычислениях и выкладках эталоны используются на каждом шаге для выбора правильного физического действия с операндами. В современной компьютерной математике эти эталоны заложены в конструкцию процессора для интерпретации команд программы.

СТРУКТУРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ В МАТЕМАТИКЕ



**Рис. 2. Математические эталоны лежат в основе математических определений, вычислений и выкладок**

При построении математических моделей в физике и естественных науках требуется добиться аналогии в наблюдениях за реальным процессом и в численном эксперименте с моделью. Эта аналогия выражается коммутативной диаграммой, представленной на рис. 3. Любой путь по стрелкам от клетки «объект» до клетки «финальное состояние» при правильной модели даст одинаковый результат. При этом часть стрелок соответствует действиям экспериментатора или процессам в экспериментальном объекте, другие стрелки соответствуют действиям математика или вычислителя, а третья группа стрелок соответствует интерпретации математических величин и конструкций в форме измерений и физических конфигураций, а также реальных объектов и наблюдений в форме математических параметров. Этот блок интерпретаций должен быть строго описан при построении модели. Он является необходимой и неотъемлемой частью математической модели.

### КОММУТАТИВНАЯ ДИАГРАММА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

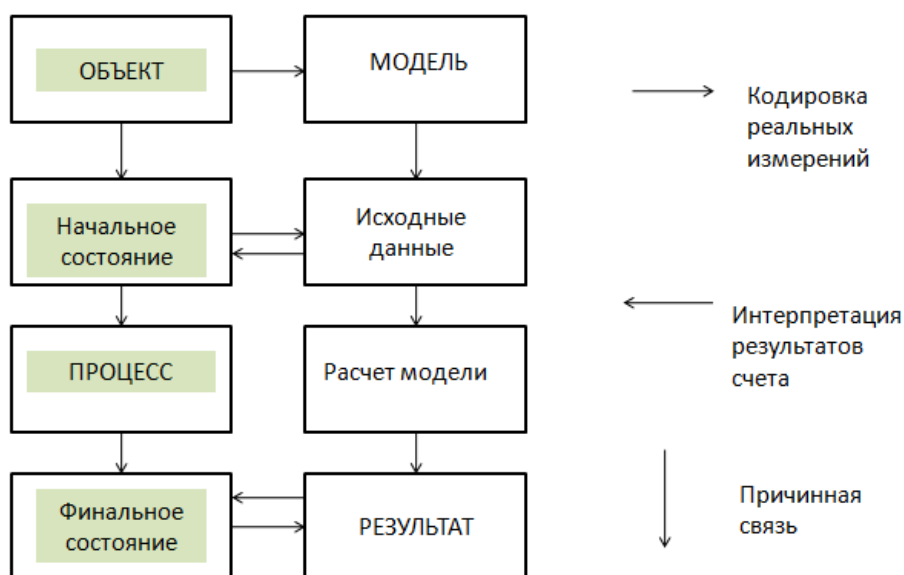


Рис. 3. Адекватность математической модели реальному эксперименту выражается коммутативной диаграммой. Переход по стрелкам от объекта к финальному состоянию можно осуществить по любой траектории на этом графе без изменения результата

### СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ЭТАЛОНОВ МАТЕМАТИКИ И ФИЗИКИ

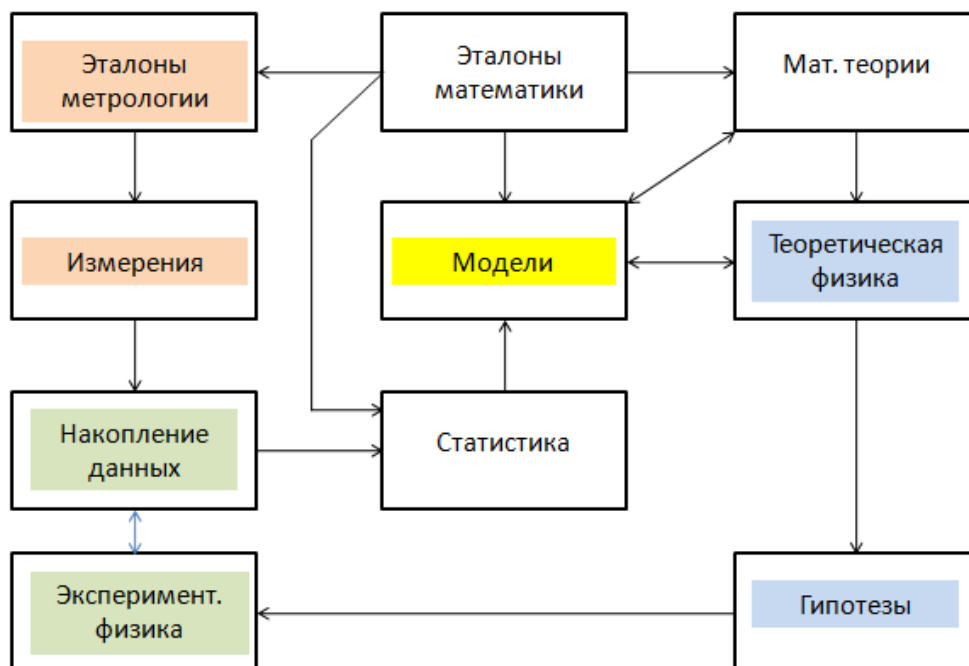


Рис. 4. Схема эксплуатации и коррекции математической модели физического объекта. На начальном уровне работают эталонные базы метрологии и математики

Коммутативной диаграмме (см. рис. 3) соответствует определённая структура взаимодействия эталонов математики и метрологии. Схема, показанная на рис. 4, отражает не только эксплуатацию математической модели в практической и исследовательской работе, но и структуру корректировки или перестройки модели в процессе этой эксплуатации. В процессе использования модели набирается статистика отклонений вычислений от измерений. По этим данным происходит подстройка или существенная реформа модели. При этом используются как математические теории, так и общие модели теоретической физики. Взаимодействие эталонных баз физики и математики осуществляется через измерения и вычисления, а также при построении логических определений конструкторов модели.

Описанные свойства математического моделирования можно проиллюстрировать на моделях пространства и времени в физике. При этом мы будем рассматривать не сами модели этих базовых понятий в современной физике и не их эволюцию, а принципы моделирования. Оказывается, в математике время рассматривается в нескольких разных аспектах. При смешении разных понятий времени возникают известные с древних времён парадоксы. Устранение таких казусов будет целью этого раздела статьи. Рассмотрим, какие варианты понятия времени есть в математике.

1. Реальное физическое время для материальных объектов. Разумеется, математики знают об этом феномене, но само это время является внешним для математики объектом. Однако именно в этом времени происходят реальные вычисления на основе эталонных операций.

2. Время вычислений / машинное время. Это реальное время работы вычислителя. В вычислительной математике это важный параметр алгоритмов и программного обеспечения.

3. Число шагов алгоритма. Сложность расчёта (это логическое время, образ времени вычислений). С физическим временем связь этого времени очень условная. Но последовательность шагов вычислений (без учёта их длительности) соответствует расположению вычислений в реальном времени счета.

4. Физическая загрузка процессоров. Суммарное реальное время вычислений всех процессоров при параллельном счёте.

5. Логическая загрузка процессоров. Суммарное число шагов алгоритма по процессорам (логическое время). Связь логической загрузки с физической загрузкой сложнее, чем у времени вычислений и числа шагов алгоритма. Дело в том, что процессоры могут выполнять операции разной длительности, поэтому номера шагов вычислений в разных процессорах могут не совпадать с реальным порядком выполнения операций. Это одна из трудностей параллельного программирования. Тот же эффект создает проблемы для моделирования параллельных процессов в физических системах. Они известны как проблемы синхронизации моделей.

6. Время загрузки задачи. Реальное время активизации вычислений. Это время существенно для моделирования, если модель работает в реаль-

ном времени. Тогда допустимое время загрузки модели может быть объективно ограничено.

7. Сложность алгоритма. Число элементарных этапов в алгоритме / длина программы (это логическое время). Как показали исследования, сложность алгоритма, моделирующего случайный процесс, пропорциональна энтропии этого процесса (теорема Левина–Звонкина). Таким образом, эта математическая характеристика имеет физический смысл. Время загрузки программы пропорционально сложности алгоритма, но зависит от физических средств этой загрузки.

8. Модельное время. Параметр времени в математической модели. Логическая модель реального времени. Используется в приложениях. По сути, пространство-время в современной физике – это одна из таких моделей. Но как параметр эти модели возникают и в чисто прикладных задачах. Например, при расчёте расписания транспорта или в задачах автоматического управления.

Знаменитые апории Зенона часто были связаны с незаметной подменой одного математического времени другим. Сам Зенон рассматривал их как доказательство несостоятельности логики. Сегодня можно уверенно утверждать, что аккуратная классификация типов времени устраняет противоречия.

Приведем рассуждения Зенона о парадоксе Ахиллеса и черепахи. Разобьем время погони Ахиллеса за черепахой на отрезки. В конце каждого отрезка Ахиллес достигнет той точки, где была черепаха в конце предыдущего отрезка. Поскольку при этом черепаха немного продвинется, этот процесс никогда не завершится. Ахиллес не может догнать черепаху, как бы быстро он ни бежал! На рис. 5 показана схема этого движения.

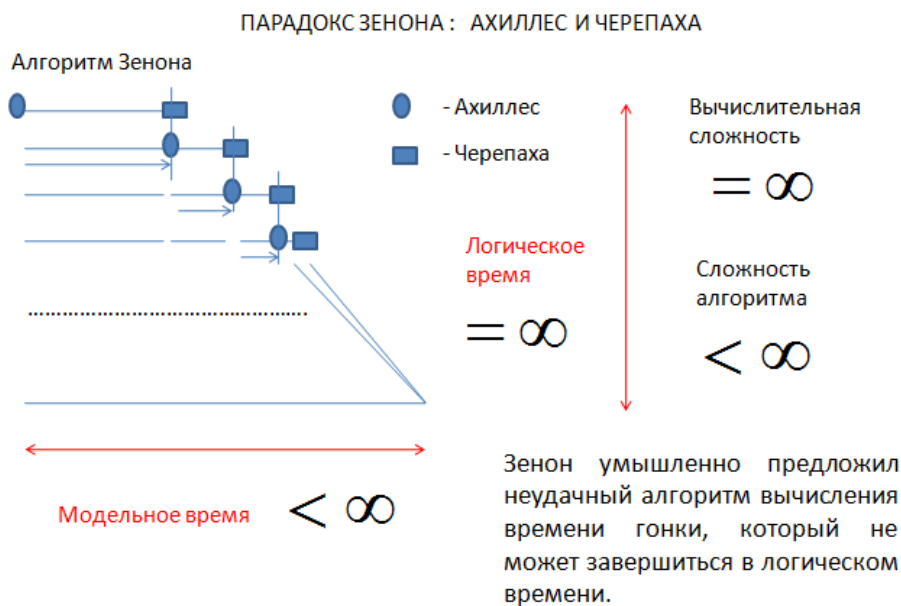
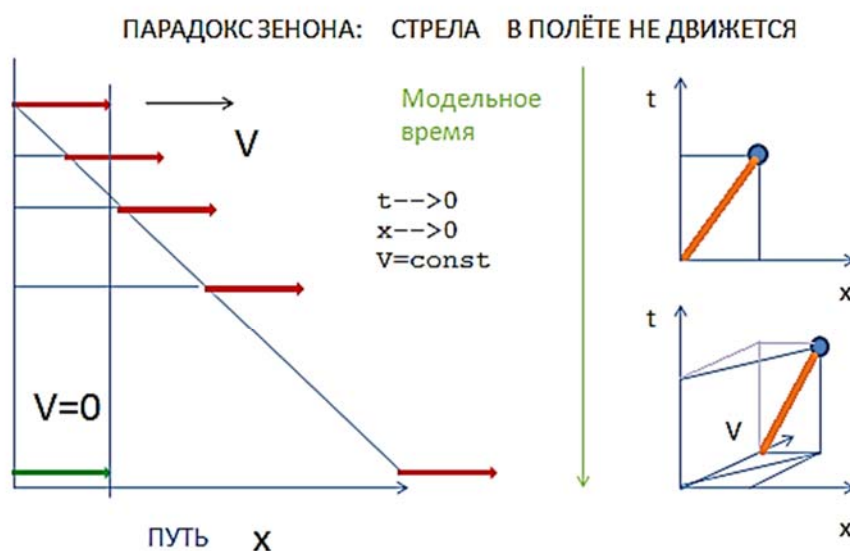


Рис. 5. Схема погони Ахиллеса за черепахой по Зенону

Ошибка заключается в том, что логическое время вычислений подменяет модельное время реального движения. Время вычисления по предложенному алгоритму действительно будет бесконечным. Алгоритм умышленно неудачный. Но модельное время равно сумме модельных времен прохождения каждого из отрезков (длина очередного отрезка, делённая на скорость Ахиллеса). Эти времена образуют сходящийся ряд, а его предел конечен и равен времени окончания погони в данной модели. Моделью физического времени является не время вычислений, а вычисленное модельное время.

Другой парадокс Зенона доказывает, что движения не существует. Если уменьшать время полёта стрелы до нуля, то путь, пройденный стрелой, тоже устремится к нулю. Значит, нет различия между покоем и движением. Схема показана на рис. 6.



Модель в параметрах  $(t, x)$  не описывает движения.  
 Модель движения требует параметров  $(t, x, V)$ : ещё скорость.

**Рис. 6. Схема парадокса стрелы**

Ошибка заключается в том, что движение определяется не только позицией стрелы и модельным временем полёта, но также параметром связи между временем и позицией. И этот параметр, называемый скоростью, при изменении времени не меняется даже при нулевом смещении в начальный момент движения. Зенон умышленно уменьшил размерность модели, исключив параметр, на который модельное время не влияет. Этот параметр сегодня называют импульсом, и он сохраняет память о движении тела во все моменты времени. По сути, Зенон убрал из модели инерцию. Этот пример показывает, что модельное время требует строго описанной математической модели, которую нельзя менять в процессе анализа.

Введение каждого нового параметра в математическую модель предполагает дополнительное введение модели и параметров связи нового параметра с каждым из ранее введённых параметров (рис. 7). Частным случаем модельной связи может быть независимость одного параметра от другого. Характерным для физики модельным параметром является заряд, который вводится как инвариант изучаемого процесса, аддитивный по компонентам этого процесса. Введение нового заряда обязательно предполагает описание его взаимодействия с другими ранее введёнными зарядами системы и с параметрами динамики модели.

ВВЕДЕНИЕ НОВОГО ПАРАМЕТРА В МОДЕЛЬ ТРЕБУЕТ ВВЕДЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СВЯЗИ НОВОГО ПАРАМЕТРА СО СТАРЫМИ.

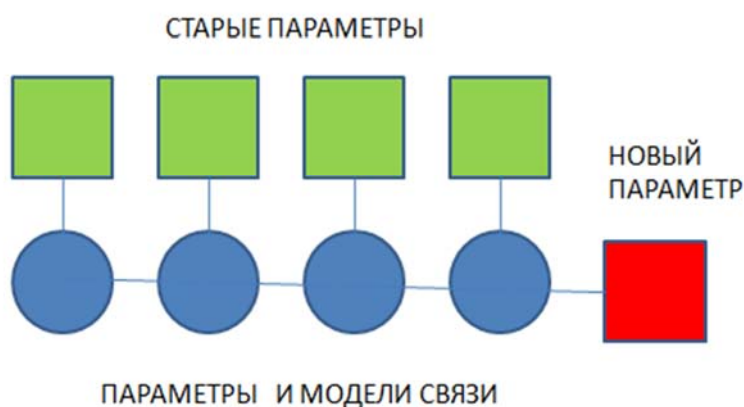


Рис. 7. Схема введения в модель нового параметра

Например, может потребоваться введение напряжённости поля в зависимости от расстояния от носителя заряда, направления действия сил или знака градиента потенциала и т.п. В принципе могут возникать и коэффициенты взаимодействия разных зарядов, но обычно их обнуляют, что означает независимость действия зарядов разного типа. Особую роль играют мировые константы, которые тоже являются параметрами модели, но имеющими одно значение во всех моделях с точностью до физической размерности. Сама эта инвариантность является моделью взаимодействия с другими параметрами. Значения таких констант устанавливаются в реальных измерениях с помощью метрологических эталонов, а их инвариантность фактически устанавливается с помощью логического эталона подстановки, который позволяет на физическом уровне вычислений подставлять измеренные значения во все формулы теории вместо соответствующих значков этих констант. Такая операция автоматической подстановки даже вводится в специализированное программное обеспечение инженерных расчётов.

С нехваткой параметра модельного времени связан ещё один парадокс Зенона об отсутствии скорости движения. Если первый корабль плывет в два раза быстрее другого, то для матроса второго корабля он плывет вдвое

медленнее, чем для смотрящего маяка. Значит, нет реальной скорости! Здесь потерян параметр задания системы отсчета наблюдателя. Но до открытия этого параметра Галилеем оставалось две тысячи лет. Это яркий пример того, как преодоление несовершенства начальной модели может привести к открытию. Заметим, что только строгая эталонная структура математики блокирует попытки скрыть противоречия. Если они возникли, то приходится менять модель.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коганов А.В. Эталонные основы математического языка // Интегральная геометрия. Математические модели. Понимание изображений: сборник / под ред. В.Б. Бетелина. – М.: НИИСИ РАН, 2001. – С. 52–80.
2. Коганов А.В. Эталонная структура математических теорий // Информатика. Образование. Экология и здоровье человека: сб. – Астрахань. 2001. – С. 153–159.
3. Коганов А.В. Эмпирико-эталонные основы математических теорий // Математика и опыт. – М.: МГУ, 2003. – С. 317–340.
4. Коганов А.В. Скрытые эталоны математики работают в физике совместно с метрологическими эталонами // Метафизика, научный журнал. – 2015. – № 3 (17). – С. 100–120. ISSN 2224–7580.

### MATHEMATICAL MODELS IN THEORETICAL PHYSICS AND THEIR REFERENCE BASE

A.V. Koganov

*Research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences*

The general principles of achieving of unambiguous interpretation and the adequacy of models in theoretical physics are considered. The types of time models in modern applied mathematics are examined. On examples of the aporias of Zeno methods of elimination of contradictions in mathematical models are shown.

**Keywords:** mathematical model, standards, theoretical physics, paradoxes, unambiguous interpretation.

---

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ КАК ИСТОЧНИК ПОЗНАНИЯ ПРИРОДЫ

Ю.П. Рыбаков

*Российский университет дружбы народов*

Обсуждаются некоторые особенности построения физических теорий, исходящего из ряда фундаментальных принципов, таких как: метод аналогий, принцип устойчивости и принцип соответствия.

**Ключевые слова:** полевая парадигма, топологические солитоны, взаимосвязь физики и математики.

### Введение

О существенном различии и вместе с тем сходстве физических и математических подходов к описанию наблюдаемых фактов говорилось неоднократно [1–3]. Физики выдвигают гипотезы о справедливости тех или иных закономерностей в природе, опираясь как на предыдущий опыт, так и на интуитивные представления об объекте исследования и зачастую не заботясь об их строгом обосновании. Главное для них – получить результат, который можно проверить на опыте. Напротив, математики дополнительно требуют непротиворечивости от разрабатываемых ими абстрактных структур, надеваемых рядом формальных признаков (которые, при удачном совпадении, могли бы обнаружиться у реальных объектов).

Гипотезы о справедливости тех или иных закономерностей обычно опираются лишь на весьма ограниченный арсенал известных фактов, и достижением науки безусловно является подтверждение найденных законов во всё новых наблюдениях. Именно эту особенность математики и имел в виду Вигнер [4], говоря о «непостижимой эффективности математики в естественных науках», когда на основе небольшого числа проверенных фактов удается подметить нечто общее, справедливое для гораздо более широкого класса явлений.

При этом следует иметь в виду, что каждая из нескольких предлагаемых теорий может быть верной лишь в своей ограниченной области применимости. Поэтому возникает потребность в построении теорий (моделей), охватывающих все допустимые области. Хорошо известным примером такой ситуации явилось создание теории относительности и квантовой теории, последовательное объединение которых является одной из ключевых проблем современной физики. Искусство обобщения, позволяющее нащупать новый подход, и составляет главную особенность и физики, и математики [5].



В данной статье мы остановимся на обсуждении некоторых принципов, соблюдение которых может помочь в реализации вышеупомянутых программ.

## Критерии отбора физических моделей

### 1. Метод аналогий как основа теории познания

Как отмечал А. Пуанкаре [2], любое обобщение теории так или иначе опирается на *аналогию*, на сходство изучаемого явления с какими-то другими ранее изученными. Это обстоятельство оказывается справедливым как в физике, так и в математике.

Хорошо известно, что Шрёдингер при выводе своего квантового уравнения исходил из *оптико-механической аналогии*, отождествлявшей траекторию частицы и световой луч в приближении геометрической оптики [6].

Обобщая этот подход на случай волновой оптики, Шрёдингер выписывает волновое уравнение сначала в стационарном случае. При этом он опирается на соотношения Планка – де Бройля для волнового пакета, связанного с электроном:

$$E = \hbar\omega, \quad \vec{p} = \hbar\vec{k},$$

где волновое число  $k = |\vec{k}|$  считается локальной функцией координаты  $\vec{r}$  и выражается через энергию частицы  $E$  и потенциал  $V(\vec{r})$ , связанные законом сохранения энергии:

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} + V(\vec{r}).$$

Пример эффективности метода аналогий в математике – создание тензорного исчисления. Здесь используется аналогия с кинематикой точки, когда вектор скорости

$$u^i = dx^i / dt$$

вводится как объект, преобразование которого при замене переменных аналогично преобразованию дифференциала  $dx^i$ . При этом тензор преобразуется как произведение дифференциалов координат [7].

### 2. Принцип устойчивости и топологические солитоны

Одним из важных критериев отбора физических теорий является *принцип устойчивости*, которую можно понимать, например, в смысле А.М. Ля-

пунова, то есть как устойчивость по отношению к начальным возмущениям [8]. Если следовать полевой парадигме Ми–Эйнштейна [9–11], в основе которой лежит представление о частицах как сгустках некоторого материального поля, подчиняющегося нелинейным уравнениям, то принцип устойчивости приводит к необходимости введения 16-спиноров  $\Psi$  как фундаментального поля. Оказалось, что в этом случае справедливо тождество, полученное итальянским геометром Ф. Бриоски для некоторых билинейных конструкций из 8-полуспиноров [12].

Выяснилось также, что если принять принцип спонтанного нарушения симметрии при специальном подборе потенциала Хиггса, зависящего от токов Дирака [11]  $J_\mu = \ddot{\Psi} \Gamma_\mu \Psi$ , построенных из 16-спиноров  $\Psi$ , то в рамках соответствующей спинорной модели существуют стабильные солитонные конфигурации, наделенные нетривиальными топологическими инвариантами (зарядами).

При этом возможны топологические солитоны, наделенные барионным зарядом, рассматриваемым как степень отображения

$$B = \text{deg} (S^3 \rightarrow S^3),$$

а также существуют топологические солитоны, наделенные лептонным зарядом – индексом Хопфа, отвечающим гомотопической группе

$$\pi_3 (S^3 \rightarrow S^2).$$

Предлагаемая 16-спинорная модель позволяет рассматривать частицы как стабильные сгустки некоторых фундаментальных полей, включая поле Янга–Миллса и электромагнитное поле. Последние выступают как калибровочные поля.

Наконец, в рамках указанного подхода можно учесть взаимодействие с гравитационным полем и построить специальное стохастическое представление волновой функции [13–15], что обеспечивает выполнение принципа соответствия с квантовой механикой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1. Современная наука о природе. Законы механики. – М.: Мир, 1965.
2. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983.
3. Арнольд В.И. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук. – М.: Наука, 1989.
4. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971.
5. Вейль Г. Математическое мышление. – М.: Наука, 1989.
6. Спасский Б.И. История физики. Часть вторая. – М.: Изд-во МГУ, 1964.
7. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967.

8. *Четаев Н.Г.* Устойчивость движения. Работы по аналитической механике. – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
9. *Mie G.* Grundlagen einer Theorie der Materie // *Ann. d. Physik.* – 1912. – В. 39. – Heft 1. – S. 1–40.
10. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – Т. 2. – М.: Наука, 1966.
11. *Рыбаков Ю.П.* Полевая парадигма Ми–Эйнштейна и физика частиц // *Метафизика.* 2018. – № 2 (28). – С. 54–58.
12. *Картан Э.* Теория спиноров. – Волгоград: Платон, 1997.
13. *Rybakov Yu.P.* Topological solitons in the Skyrme – Faddeev spinor model and quantum mechanics // *Gravitation and Cosmology,* 2016. – Vol. 22. – № 2. – P. 179–186.
14. *Рыбаков Ю.П.* Солитоны и квантовая механика // *Динамика сложных систем,* 2009. – № 4. – Т. 3. – С. 3–15.
15. *Rybakov Yu.P.* La théorie statistique des champs et de la mécanique quantique // *Annales de la Fondation Louis de Broglie,* 1977. – Vol. 2. – № 3. – P. 181–203.

## INTERRELATIONSHIP BETWEEN PHYSICS AND MATHEMATICS AS THE SOURCE OF NATURE COGNITION

**Yu.P. Rybakov**

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)*

We discuss some peculiarities of constructing physical theories based on some fundamental principles such as: method of analogies, stability principle and correspondence principle.

**Keywords:** field paradigme, topological solitons, interrelationship between physics and mathematics.

---

## К ВОПРОСУ О МЕСТЕ МАТЕМАТИКИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ВСЕЛЕННОЙ<sup>1</sup>

А.Л. Круглый

*Научно-исследовательский институт системных исследований  
Российской академии наук*

Вопрос о роли математики рассматривается как следствие модели Вселенной. В качестве такой модели рассматривается гипотеза информационной Вселенной, согласно которой Вселенная на фундаментальном уровне является информационной структурой, состоящей из бит. В этом случае вселенная является математической структурой. В такой вселенной возможны технологии воздействия на явления с помощью информационных управляющих сигналов.

**Ключевые слова:** математика, информационная вселенная, алгоритм.

Вопрос о месте математики в мире имеет историю длинной в тысячелетия. Сейчас математика понимается как логический вывод следствий из, в общем-то, произвольных систем аксиом. Главное, чтобы аксиомы были непротиворечивы. При этом непонятно, почему математические конструкции описывают закономерности реального мира [1]. То есть математические конструкции не такие уж произвольные.

С одной стороны, это может быть связано с тем, что математика является обобщением опыта. Даже если мы придумываем что-то, на первый взгляд, никак не связанное с реальным миром, эта связь имеется за счет нашей психики. Наша психика от рождения снабжена множеством первичных элементов, которые активизируются и настраиваются в процессе развития ребенка и которые, например, включают простейшие геометрические фигуры [2]. Эти первичные элементы сформировались в процессе эволюции на базе повседневного опыта, и выйти за их рамки в процессе мышления мы не можем. Математика базируется на «предлогических» навыках, которые формируются на ранних этапах обучения на основе первичных форм мышления [3]. Такой взгляд ведет к пессимистической оценке наших возможностей познавать явления окружающего мира далеко от повседневного опыта, так как для этого у нас нет нужных форм мышления [4].

С другой стороны, успехи теоретической физики XX века свидетельствуют в пользу познаваемости явлений вдали от повседневного опыта. Путеводной звездой в этом познании является математика. По мере продвижения в глубь микромира к фундаментальным законам Вселенной грань между физикой и математикой стирается, теоретическая физика все более сливается

---

<sup>1</sup> Работа выполнена по программе НИР ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН № 6 тема 36.20.

ся с математикой. Подобная ситуация делает правомерной гипотезу о математической природе Вселенной.

Вопрос о месте математики является не самостоятельным вопросом, а следствием того, как устроена вселенная. В настоящей работе вопрос о роли математики во вселенной рассмотрен исходя из гипотезы об информационной природе вселенной, сторонником которой является автор. При этом сама гипотеза обсуждается очень конспективно, так как, во-первых, законченной теории пока нет, во-вторых, на эту тему имеется обширная литература, и взгляды автора по большинству вопросов не претендуют на оригинальность. Будут рассмотрены только аспекты, связанные с ролью математики так, как если бы законченная теория информационной вселенной уже существовала.

В специальной теории относительности произошел отказ от идеализации бесконечной скорости обмена информацией. Учтено, что эта скорость конечна и равна скорости света. При этом естественным языком теории является не трехмерная геометрия пространства, а четырехмерная геометрия пространства-времени Минковского. Точками пространства-времени являются события. Пространство-время континуально. Любая его конечная область состоит из континуума событий, тем самым содержит бесконечный объем информации. Логично сделать следующий шаг и отказаться от идеализации бесконечных объемов информации. В этом случае континуальное пространство-время Минковского заменяется некоторой дискретной структурой, любая конечная область которой состоит из конечного множества неделимых элементарных событий. Следует подчеркнуть, что речь идет именно о неделимых событиях, а не о неделимых объектах, эволюционирующих во времени.

Рассмотрим, чем может быть элементарное неделимое событие. В шестидесятых годах прошлого века была высказана гипотеза, что первоэлементами являются биты, то есть бинарные альтернативы «да – нет», и все состоит из них [5]. По меткому выражению Уилера: «Всё из бита» («It from bit») [6]. В XX веке в этом направлении помимо Уиллера много работал фон Вайцзекер [7]. Близкие идеи развивали Финкельштейн и Макколум [8]. По мнению автора, последовательно реляционный подход к описанию вселенной приведет к такому взгляду на вселенную. С реляционным подходом можно познакомиться, например, в книге [9].

Вселенная, состоящая только из битов, является чисто информационной, идеальной структурой. Модель реализует известные с античности идеи об идеальной основе вселенной. Это и мир платоновских идей, и учение пифагорейцев, что все есть число. Эти идеи предвосхитил Гегель в своей концепции саморазвития абсолютной идеи. При этом законы диалектики на качественном уровне предвосхищают нелинейную динамику. До Гегеля эту идею можно найти у Беркли в форме: мир как мысль бога. И абсолютная идея, и мысль бога в современной терминологии есть информационная структура. Все объекты во вселенной являются информационными подструктурами, комбинациями битов.

С наиболее последовательной и радикальной точки зрения вся вселенная – это математическая структура, и ничего кроме математики и не существует.

Упорядоченный характер вселенной свидетельствует о закономерном характере формирования вселенской информационной структуры. Теоретическая физика традиционно формулирует законы на языке дифференциальных уравнений. По-видимому, такой язык будет неадекватным на фундаментальном уровне битового описания. Более адекватен язык алгоритмов [10]. В рассматриваемой модели основой единой теории всего будет вселенский алгоритм, а вселенная – результатом его работы.

Вся наука оказывается изучением вселенского алгоритма и частных случаев его работы. Тем самым вся наука есть математика. Многие науки, например биология, очень не похожи на математику, что связано со сложностью информационных структур, которые они исследуют. В этом случае возможны только приближенные описания и экспериментальные методы исследования, что далеко от идеалов строгой математики. Однако и в математике есть методы экспериментального исследования путем численного моделирования, которые используются, например, при изучении фракталов или решении сложных систем уравнений.

Сама же математика не может выйти за рамки вселенского алгоритма. Мозг, сознание каждого человека, а вместе с ними и любые математические теории являются частными случаями информационных структур, формируемых вселенским алгоритмом. Построение единой теории всего как модели информационной вселенной может привести к переоценке роли различных разделов математики и перестройке архитектуры всей математики.

Отметим, что вселенский алгоритм может быть классическим. Любые квантовые явления описываются уравнениями, которые можно решить на классическом компьютере. Разумеется, если не принимать во внимание ограничения по объему памяти и быстродействию, что для вселенского алгоритма неактуально. Тем самым любое квантовое явление с произвольной точностью моделируется на классическом компьютере. На фундаментальном уровне за квантовыми явлениями может стоять классический алгоритм [11].

Вселенная является самореализуемым алгоритмом. Именно алгоритмом, а не компьютером. В отличие от обычных компьютерных алгоритмов у вселенского алгоритма нет материального носителя. Это не материальная, а идеальная структура. Точнее, материальную структуру нельзя выявить. Находясь внутри алгоритма, принципиально невозможно получить информацию о материальном носителе, на котором он работает. Алгоритм на любом носителе функционирует одинаково. Исключением являются сбои, исследуя которые можно получить информацию о носителе. Если вселенский алгоритм работает идеально без сбоев, то о его материальном носителе говорить бессмысленно. В противном случае мы получаем бесконечную последовательность вселенных, вложенных друг в друга. Вселенная следующую

шего уровня реализуется алгоритмом, работающим на некотором материальном носителе вселенной предыдущего уровня.

Высказанные идеи пока не достигли уровня последовательной теории, имеющей экспериментально проверяемые следствия. Однако разрабатывается ряд моделей, которые могут трактоваться как шаги на пути к теории информационной вселенной. Отметим модель причинностных множеств (causal set theory). Для первичного ознакомления можно обратиться к обзору [12]. Список работ, включая последние, легко получить по соответствующему запросу на портале arXiv.org. Эта дискретная модель воспроизводит причинно-следственную структуру пространства-времени Минковского, что позволяет надеяться на построение на ее основе законченной теории. Близкой к причинностным множествам является модель ориентированного ациклического графа, которую исследует автор [13]. Модель на основе клеточных автоматов развивается 'т Хоофтом [14].

Человек мыслит образами. В результате можно наблюдать примечательную корреляцию между уровнем развития материальной стороны цивилизации и идеями об устройстве мира. Так, в конце XVIII – начале XIX века своих вершин достигла точная механика. И мы имеем механическую модель вселенной с лапласовским детерминизмом. Образом вселенной являются абсолютные механические часы. Сейчас в эпоху информационных технологий становится актуальной модель вселенной как абсолютного компьютерного алгоритма, компьютерной симуляции. Образом Вселенной становится абсолютная компьютерная игра. Эта тема давно освоена литературой и кинематографом. При этом в таких произведениях всегда предполагается, что вне компьютерной симуляции существует какой-то «настоящий» мир. По-видимому, имеется соответствующий психологический барьер, и рассматриваемая модель вселенной может столкнуться с препятствиями психологического характера даже в пределах научного сообщества.

Особенностью информационной вселенной является возможность непосредственного практического использования математики. Современные технологии заключаются в материальном воздействии на явления окружающего мира. Сознательное информационное воздействие применяется в исключительных случаях. Это воздействие на людей, на некоторые другие живые организмы и некоторые искусственные системы. Невозможность информационного управления большинством явлений объясняется отсутствием у них сложной информационной структуры, которая могла бы воспринимать управляющие сигналы. Но в модели информационной вселенной все явления являются сложными самоорганизующимися информационными структурами. Задача состоит в изучении этих структур и последующей разработке системы управляющих информационных сигналов. При известной информационной структуре явления задачей математики и будет вычисление таких сигналов. Единственным нелогическим действием останется подача готового сигнала явлению. Но и сейчас любая абстрактная математическая теория содержит как минимум итоговое нелогическое действие, заклю-

чающееся в записи готового результата, написании статьи, произнесении результата на семинаре или хотя бы в формулировке в мозге автора. Любая информация, в том числе и математическая структура, существует только на каком-то материальном носителе. В последовательно информационной модели вселенной, которая рассматривается как идеальная сущность без материального носителя, даже это последнее действие имеет только видимость чего-то материального, а реально тоже является преобразованием информации и не выходит за пределы математики. Вне зависимости от решения вопроса о наличии материального субстрата информационной вселенной с практической точки зрения формируется комплекс математических технологий непосредственного действия.

Описанные технологии будущего удивительно похожи на магию, если по определению под магическим заклинанием понимать информационный сигнал, подаваемый с целью управления природным явлением. Это типичная ситуация. По мере развития цивилизации волшебные сущности последовательно превращаются в повседневную рутину. Например, с точки зрения современного ребенка волшебное зеркало злой королевы из сказки о Белоснежке – это просто смартфон с голосовым управлением, по которому злая королева погуглила вопрос: «Кто на свете всех милее, всех румяней и белее?». Если вселенная является идеальной информационной структурой, то в такой вселенной естественна магия, и этой магией является математика.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вигнер Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках // УФН. – 1968. – Т. 94. – Вып. 3. – С. 535–546.
2. Пинкер С. Как работает мозг. – М.: Кучково поле, 2017.
3. Коганов А.В. Скрытые эталоны математики работают в физике совместно с метрологическими эталонами // Метафизика. – 2015. – № 3. – С. 100–120.
4. Сарданашивили Г.А. Я – ученый: Заметки теорфизика. – М.: Издательство ЛКИ, 2010.
5. Мизнер Ч., Торн К., Уиллер Дж. Гравитация. – Т. 3. – Бишкек: Айнштайн, 1997.
6. Wheeler J. Information, Physics, Quantum: The Search for Links in Proceedings III International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics. – Tokyo, 1989. – P. 354–358.
7. 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: Hauser, 1977. – P. 86–112.
8. Finkelstein D., McCollum G. Unified quantum theory, in Quantum theory and the structures of time and space. V. 1 / ed. by L. Castell, M. Drieschner and C. F. von Weizsäcker. – München: Hauser, 1975. – P. 15–54.
9. Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница-Маха. – М.: ЛЕНАНД, 2017.
10. Wolfram S. A New Kind of Science. – Wolfram Media, Inc., 2002.
11. Панов А.Д. Теорема Белла, вычислимость квантовой теории и относительность локального реализма // Метафизика. – 2015. – №1. – С. 114–128.
12. Henson J. The causal set approach to quantum gravity, in Approaches to Quantum Gravity: Towards a New Understanding of Space, Time and Matter, chapter 21 / ed. by D. Oriti. – Cambridge University Press, Cambridge, 2009 (arXiv:gr-qc/0601121).



13. *Круглый А.Л.* Учет конечных объемов информации // Метафизика. – 2018. – № 1. – С. 116–122.
14. *'t Hooft G.* The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics (arXiv: quant-ph/1405.1548).

## TO THE QUESTION OF THE PLACE OF MATHEMATICS IN THE INFORMATION UNIVERSE

**A.L. Krugly**

*Research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences*

The question of the role of mathematics is considered as a consequence of Universe model. The hypothesis of the information universe, according to which the universe at the fundamental level is an information structure consisting of bits, is considered as such a model. In this case, the universe is a mathematical structure. In such a universe, technologies for influencing phenomena using information control signals are possible.

**Keywords:** mathematics, information universe, algorithm.

---

# ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

---

## НЕТЕРОВА СТРУКТУРА ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ: ИСТОРИЧЕСКИЕ И ФИЛОСОФСКО-НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ (К 100-летию теоремы Нетер о связи принципов симметрии с законами сохранения)

В.П. Визгин<sup>1</sup>

*Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН*

Статья посвящена 100-летию теорем Нетер об инвариантных вариационных задачах. Первая теорема является наиболее общим выражением взаимосвязи принципов симметрии, динамических законов (в виде вариационного принципа, именно принципа Гамильтона) и законов сохранения и относится ко всем теориям, симметрия которых задается конечнопараметрическими группами Ли типа группы Пуанкаре и Галилея–Ньютона. Вторая теорема касается симметрий, зависящих от некоторого числа функций (типа общековариантных преобразований, фигурирующих в общей теории относительности) и ведущих не к законам сохранения, а лишь к некоторым тождествам. В статье рассматривается история установления этих теорем, включающая историю взаимосвязи «симметрия-сохранения» от Анаксимандра до Лейбница и развитие этой взаимосвязи в аналитической механике (Лагранж, Гамильтон, С. Ли и др.). Показано, что заключительная стадия на пути к теоремам Нетер была связана с работами геттингенских математиков Д. Гильберта и Ф. Клейна по общей теории относительности и проблемой сохранения энергии-импульса в этой теории. Обсуждается также история восприятия и применения теорем (особенно первой теоремы Нетер) научным сообществом физиков в XX в. Отмечено, что понимание нетеровской взаимосвязи «симметрия-сохранение» как важной закономерности физики и, соответственно, представление о нетеровой структуре фундаментальных теорий сформировалось только в конце 1950-х – середине 1960-х гг. Особое внимание уделено обсуждению значения теорем Нетер в осмыслении философско-методологических проблем, прежде всего их связи с концепцией методологических принципов физики, трехуровневыми моделями знания Эйнштейна и Вигнера, а также проблемами «непостижимой эффективности» математики и аналитической механики в физике.

---

<sup>1</sup> E-mail: [vlvizgin@gmail.com](mailto:vlvizgin@gmail.com)

**Ключевые слова:** теоремы Нетер, принципы симметрии, законы сохранения, взаимосвязь «симметрия – сохранение», вариационные принципы, специальная теория относительности, общая теория относительности, нетерова структура теории, методологические принципы физики.

Великий результат Эмми Нетер в математической физике...

*Ф. Вильчек* [1. С. 346]

## Введение

Сто лет тому назад в разгаре была квантово-релятивистская революция. Специальная теория относительности (СТО) выдвинула на передний план теоретической физики *принципы пространственно-временной симметрии (инвариантности)*. Только что возникшая общая теория относительности (ОТО), вскрыв геометрическую природу гравитации и породив геометрическую полевую программу, привлекла внимание к *законам сохранения* (прежде всего энергии и импульса), которые были в этой теории поставлены под сомнение. До квантовой механики оставалось 7–8 лет. В области атомной физики царила эклектика: квантовая теория Бора причудливым образом сочеталась с классической механикой и электродинамикой. Но совпадение размерности постоянной Планка с размерностью имеющего фундаментальный статус понятия действия (уравнения движения всех основных физических систем и полей выводились из принципа наименьшего *действия*) наводило на мысль о возможности построения согласованной с классикой последовательной теории микромира.

Обобщая опыт развития классической и релятивистской физики со времен Ньютона до Эйнштейна и Планка, можно сказать, что определяющим элементом фундаментальных физических теорий был динамический закон, имеющий форму дифференциальных уравнений 2-го порядка, обыкновенных – в классической механике дискретных систем или с частными производными – в механике сплошных сред, в оптике и электродинамике. Законы сохранения при этом рассматривались как первые интегралы движения этих уравнений, то есть как вторичный элемент.

Что касается принципов симметрии (они же принципы относительности и принципы инвариантности), то они связывались с представлениями о трехмерном евклидовом пространстве, одномерном и однородно текущем времени и равноправии инерциальных систем отсчета. Эти свойства пространства и времени иногда отмечались, чаще молчаливо предполагались, но связанные с ними принципы симметрии, как правило, не считались важными и, тем более, определяющими элементами теорий.

Создание СТО, как уже говорилось, и ее четырехмерная геометрическая формулировка привели к пониманию физических теорий, прежде всего, как теорий инвариантов некоторых лежащих в их основе групп симметрии.

Это придавало принципам симметрии основополагающую роль, подобно тому как за 35 лет до этого аналогичную формулировку в геометрии развил Ф. Клейн в своей «Эрлангенской программе». ОТО была дальнейшим шагом в развитии геометризации физики: само физическое взаимодействие, в данном случае гравитационное, рассматривалось как геометрический феномен. Но при этом возникали определенные сложности с законом сохранения энергии-импульса.

В этих условиях резкой перемены статуса основных элементов фундаментальных теорий устанавливается теорема Нетер (1918), точнее 1-я и 2-я теоремы Нетер об инвариантных вариационных задачах, связавших воедино три главных элемента физических теорий (симметрии, динамический закон в форме вариационного принципа и законы сохранения).

Теорема Нетер не только выявила структуру всех основных физических теорий от Ньютона до Эйнштейна, но и определила структуру всех будущих теорий, в том числе квантово-полевых теорий в физике элементарных частиц. Эту структуру естественно назвать «нетеревой».

## 1. Формулировка и физический смысл теоремы Нетер

Хотя сама Э. Нетер сформулировала и доказала теорему в терминах чисто математических – как теорему на стыке вариационного исчисления и теории непрерывных групп [2], – в теоретической и математической физике она, как правило, сразу формулируется в физических терминах. В энциклопедии «Математическая физика» (под редакцией Л.Д. Фаддеева) она сформулирована так: «Для всякой физической системы, уравнения движения которой могут быть получены из вариационного принципа, каждому однопараметрическому непрерывному преобразованию, оставляющему вариационный функционал инвариантным, отвечает один дифференциальный закон сохранения» [3. С. 384].

Особенно просто физический смысл теоремы Нетер можно проиллюстрировать на примере классической механики. Вариационный функционал – это действие механической системы

$$S = \int_T L[q_a, \dot{q}_a(t)] dt,$$

где  $L$  – лагранжиан, или функция Лагранжа, зависящая от обобщенных координат  $q_a$  обобщенных скоростей  $\dot{q}_a$ .

Инвариантность действия тогда относительно непрерывных преобразований обобщенных координат и времени, образующих группу преобразований с параметром  $\varepsilon$

$$\begin{aligned} t &\rightarrow t' = t + \Lambda(q, t)\varepsilon, \\ q_a(t) &\rightarrow q'_a(t') = q_a(t) + \Lambda_a(q, t)\varepsilon, \end{aligned}$$

приводит к закону сохранения для следующей величины:

$$Q = [L - \sum_a \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_a} \dot{q}_a] \Lambda + \sum_a \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_a} \Lambda_a.$$

Из однородности времени, в частности, когда  $\Lambda = 1$ , а  $\Lambda_a = 0$ , следует закон сохранения энергии:

$$E = \sum_a \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_a} \dot{q}_a - L = const.$$

Из однородности пространства, то есть инвариантности действия  $S$  относительно пространственных сдвигов, когда  $\Lambda = 0$ , а  $\Lambda_a = 1$ , получается закон сохранения импульса

$$\bar{P} = \sum_a \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_a} = const.$$

Аналогичным образом изотропность пространства влечет за собой закон сохранения момента, или момента импульса.

Теорема Нетер применима и в теории поля, как классической, так и квантовой, в которых действие  $S$  имеет вид

$$S = \int_R L[\varphi^a(x), \varphi_{,\nu}^a(x); x^\mu] d^4x,$$

где  $\varphi^a(x)$  и  $\varphi_{,\nu}^a(x)$  – функции поля и их первые производные по четырем координатам пространства и времени.

Группы пространственно-временных симметрий классической механики и СТО, то есть группы Галилея–Ньютона и Пуанкаре, порождают десять фундаментальных законов сохранения энергии, импульса, момента и движения центра масс (в случае группы Пуанкаре два последних объединяются в один закон сохранения четырехмерного момента импульса). Внутренние непрерывные симметрии, то есть симметрии, не связанные с пространством-временем, также порождают законы сохранения, подобные закону сохранения электрического заряда, связанного с калибровочным преобразованием 1-го рода

$$\varphi^a \rightarrow \varphi^a \exp(i\alpha),$$

где  $\alpha$  – фаза функции поля, не зависящая от координат  $x$ .

Оригинальная формулировка и доказательство теоремы Нетер (1918), которых мы пока касаться не будем, обсуждаются в давнишней книге автора (1972) [4] и в сравнительно недавно увидевшей свет монографии Иветты Косманн-Шварцбах [5].

Еще одно важное замечание. Когда мы, как и все физики, говорим «теорема Нетер», мы имеем в виду 1-ю теорему Нетер, в которой рассматриваются «хорошие» непрерывные симметрии, связанные с конечнопараметрическими группами Ли, такими как евклидова группа, группы Галилея–Ньютона и Пуанкаре, калибровочные преобразования 1-го рода и др. Именно эти симметрии порождают фундаментальные законы сохранения. В статье Э. Нетер приведена и так называемая «2-я теорема Нетер», согласно которой инвариантность действия (вариационного функционала) относительно преобразований, зависящих от  $n$  произвольных функций, порождает  $n$  тождеств.

Такая ситуация имеет место в ОТО, в которой фигурирует требование общей ковариантности действия, то есть его инвариантности относительно координатных преобразований, зависящих от четырех произвольных функций. Эта теорема в сочетании с 1-й теоремой Нетер прояснила нетривиальную проблему с законами сохранения энергии-импульса в ОТО.

## **2. Первый этап «дальней» истории развития взаимосвязи принципов симметрии с законами сохранения на пути к теореме Нетер**

Основной блок пространственно-временных симметрий классической физики был связан с евклидовой геометрией пространства и однородным и одномерным временем. Эти свойства пространства и времени, восходящие к Евклиду, со времени Ньютона и Лейбница естественно включались в основы механики и казались чуть ли не априорными. Более того, сама возможность научного эксперимента требовала как будто независимости его результатов от места и ориентации экспериментальной установки и времени проведения опыта. Эти требования выглядели естественными, привычными, почти тривиальными.

Законы же сохранения энергии, импульса и момента импульса – совсем другое дело. Это были физические содержательные утверждения, связанные с фундаментальными физическими понятиями: с одной стороны, они были укоренены в эксперименте и даже технической практике. А с другой – в развитой теории, опирающейся на дифференциальные уравнения движения физических систем, рассматривались как своего рода следствия этих уравнений, именно как первые интегралы движения. Согласно же теореме Нетер, эти важные физические законы были не более чем следствиями почти очевидных симметрий пространства и времени: закон сохранения энергии – результат всего лишь однородности времени, а сохранение импульса и момента импульса системы – непосредственное следствие казавшихся тривиальными требований однородности и изотропности пространства. Эта взаимосвязь до сих пор поражает воображение не только историков и философов науки, но и выдающихся современных физиков-теоретиков.

Нобелевский лауреат Ф. Вильчек в одной из своих последних книг, отметив, что удивительная взаимосвязь законов сохранения с симметриями

опирается на предположение о вариационном характере физических систем, продолжил: «Мне кажется, что такой важный, просто сформулированный результат должен иметь более прямое, интуитивное объяснение. Если бы оно у меня было, то я был бы счастлив им поделиться. В данный момент (то есть в 2015 г. – *В.В.*) всё, что я могу сказать, – это то, что я всё еще в поиске!» [1. С. 346].

Естественный вопрос, встающий перед историками физической науки, существовала ли и в какой мере, а также в какой форме присутствовала и развивалась эта замечательная взаимосвязь, взаимосвязь идей и (или) принципов симметрии с идеями же и (или) законами сохранения до Э. Нетер, в классической и, возможно, доклассической науке? Удалось показать, что первые аналоги взаимосвязи «симметрия-сохранение» отчетливо проявляются в культуре античной Греции. Наиболее поразительно в этом отношении обоснование сохранения неподвижности Земли явно симметричными условиями, которое приписывалось Анаксимандру и многократно воспроизводилось более поздними мыслителями Древней Греции, в том числе Платоном и Аристотелем. Кратчайший вариант этого рассуждения: «Земля пребывает неподвижной по причине одинакового расстояния от всех вещей» (цит. по [4. С. 19]). Такие специалисты по античной науке и натурфилософии, как Дж. Властос, С. Самбурский, А.Ф. Лосев и другие, отмечали, что древнегреческому мышлению были присущи не только идеи симметрии и гармонии, но и обоснование сохранения, равновесия, устойчивости и т. п. требованиями симметрии, эквивалентности, равноправия в духе «принципа отсутствия достаточного основания». Платон уточняет анаксимандрову формулировку: «Если Земля находится в середине неба, будучи круглой, ей нет нужды ни в воздухе, чтобы не падать, ни в какой-либо другой необходимости того же рода, но достаточно, если небо расположено симметрично по отношению к ней и чтобы Земля находилась в равновесии... Ведь равновесная вещь, будучи помещена в центре симметричного тела, не будет иметь ни большей, ни меньшей причины склоняться в ту или иную сторону, а, будучи расположена симметрично, останется неподвижной» [Там же].

Античные формы взаимосвязи «симметрия-сохранение» использовались и в эпоху Средневековья и Возрождения и дожили до классической механики XVII–XVIII веков. Характерны в этом отношении рассуждения Л. Эйлера и Ж. Даламбера, обосновывавших принципы инерции покоя и равномерного и прямолинейного движения (см. [4. С. 30–32]). Но особенно примечателен вывод закона сохранения импульса (количества движения) из однородности пространства, предпринятый Г.В. Лейбницем в конце XVII века: «Ведь если бы не было этого равновесия во вселенной (то есть сохранения количества движения в векторной по существу форме – *В.В.*), то все двигалось бы беспрерывно в какую-нибудь одну сторону, а это лишено смысла, поскольку пространство повсюду себе подобно и поскольку невозможно понять причины, почему всё должно двигаться в одну сторону больше, чем в другую» (цит. по [4. С. 30]). Лейбницевский вариант взаимосвязи

«симметрия-сохранения» – это уже реальный прообраз теоремы Нетер, согласно которому закон сохранения импульса обосновывается однородностью пространства.

Эти ранние аналоги взаимосвязи «симметрия-сохранение», восходящие к античности и дошедшие до XVII–XVIII веков, и составляют весьма длительный этап «дальней» истории, точнее предыстории, теоремы Нетер.

### **3. Второй этап «дальней» истории развития взаимосвязи «симметрия-сохранение» на пути к теореме Нетер**

Этот период длился чуть более полутора веков и был связан, прежде всего, с аналитической механикой, ее развитием от Ж.-Л. Лагранжа до У.Р. Гамильтона, К.Г. Якоби и М.В. Остроградского и далее до С. Ли и Г. Гамеля. Лагранж, фактически, уже в 1760–1761 годах, опираясь на принцип наименьшего действия Эйлера и используя открытые им усовершенствования вариационного исчисления, нашел первый вариант своей «общей формулы динамики» и на ее основе получил законы сохранения импульса и момента импульса и однородности и изотропности пространства. В своей «Аналитической механике» (1788) он кладет эту «формулу», представляющую собой не что иное, как принцип Даламбера-Лагранжа

$$\sum m \left( \frac{d^2x}{dt^2} + X \right) \delta x + \sum m \left( \frac{d^2y}{dt^2} + Y \right) \delta y + \sum m \left( \frac{d^2z}{dt^2} + Z \right) \delta z = 0,$$

в основу классической механики и весьма элегантно получает из симметрии евклидовой группы пространства и однородности времени основные законы сохранения. Лагранжев вариант взаимосвязи «симметрия-сохранение» (в более близких к современным обозначениям и терминологии) был воспроизведен в 1830-е годы в лекциях по аналитической механике, читанных как К.Г. Якоби, так и М.В. Остроградским. Именно этот способ получения законов сохранения в механике стал основным в аналитической механике XIX века. Он использовался также с конца XIX века Г. Кирхгофом, Н.Е. Жуковским, А.Г. Вебстером и даже в середине XX века в университетских курсах теоретической механики Н.Н. Бухгольца, Е.Н. Березкина и др. При этом традиционная недооценка в механике XIX в. принципов симметрии и несколько завуалированная, скорее техническая, форма их представления так и не привели тогда к отчетливому и осознанному выражению и пониманию взаимосвязи «симметрия-сохранение» как важной и самостоятельной концепции механики.

Остановимся кратко еще на двух аналитико-механических вариантах этой взаимосвязи, развитых У.Р. Гамильтоном в 1833–1835 годах и С. Ли в начале 1870-х годов. Хотя методы аналитической механики, созданные в этих работах, вошли в золотой фонд классической механики, варианты взаимосвязи «симметрия-сохранение», содержащиеся в них, не были отчетливо



сформулированы и не получили заметного развития в донетеровский период. Несмотря на это, вариант Гамильтона, основанный на его методе характеристической функции и ее евклидовой симметрии, по существу, более близок к теореме Нетер, чем лагранжевский вариант взаимосвязи. Более того, во «Втором очерке общего метода в динамике» (1835), в котором Гамильтон переходит от характеристической функции к функции действия  $S$ , он, по существу, формулирует первую теорему Нетер для классической механики в явном виде: «...Вариация этого определенного интеграла  $S$  (то есть интеграла действия  $S = \int_0^t (T + U)dt$ , где  $U$  – силовая функция, равная потенциальной энергии с противоположным знаком. – *B.B.*) обладает тем двойным свойством, что она дает дифференциальные уравнения движения... когда крайние положения рассматриваются как закрепленные, а также дают интегралы дифференциальных уравнений, когда крайние положения рассматриваются как переменные» (цит. по [4. С. 56]). Но и Гамильтон не усмотрел здесь важной закономерности, связывающей симметрии пространства и времени с законами сохранения. Кстати говоря, именно эта схема доказательства теоремы Нетер была использована в книге «Вариационное исчисление» И.М. Гельфанда и С.В. Фомина [6].

Вариант же С. Ли заключается в том, что первые интегралы движения в механике отождествляются с производящими функциями бесконечно-малых канонических преобразований, оставляющих инвариантной функцию Гамильтона (гамильтониан) системы. Забегая вперед, заметим, что квантовомеханический аналог взаимосвязи «симметрия-сохранение» (и, соответственно, теоремы Нетер) фактически является обобщением именно этого, лиевского, варианта, развитого в 1870-е годы. До теории относительности взаимосвязь «симметрия-сохранение» рассматривалась так или иначе для преобразований евклидовой группы и трансляционной симметрии времени. В начале XX века Г. Гамель ввел метод квазиординат и на его основе разработал, применив теорию групп Ли, соответствующий вариант взаимосвязи «симметрия-сохранение» для неголономных систем (1904), на который впоследствии как на частный случай, предшествующий ее общей теореме, ссылалась Э. Нетер (см. [4]).

Первое рассмотрение этой взаимосвязи для группы Пуанкаре, лежащей в основе СТО, принадлежит геттингенскому теоретику Г. Герглотцу, который в работе по релятивистскому обобщению механики сплошных сред вывел десять первых интегралов из симметрий группы релятивистских преобразований (1911). Причем сделал он это совершенно в духе теоремы Нетер, рассмотрев инвариантность соответствующего вариационного функционала, действия, относительно десяти генераторов группы Пуанкаре [7]. И здесь мы подходим вплотную к краткому заключительному периоду истории развития взаимосвязи «симметрия-сохранение», приведшему к теореме Нетер.

#### **4. «Ближняя» история развития взаимосвязи принципов симметрии с законами сохранения на пути к теореме Нетер**

Этот этап рассматриваемой нами истории в наибольшей степени связан с завершающейся стадией создания ОТО, а именно с получением общековариантных уравнений гравитационного поля Эйнштейном и Д. Гильбертом, и охватывает примерно два с половиной года (1915–1918). Другая его особенность состоит в том, что решающий вклад на финишной прямой к теореме, или, точнее, теоремам, Нетер внесли патриархи геттингенской математики, прежде всего Д. Гильберт и Ф. Клейн. К ним следует добавить саму Э. Нетер, Г. Вейля, уже названного Г. Герглотца.

Решающий прорыв в разработке ОТО был сделан в совместной с М. Гроссманом работе Эйнштейна в середине 1913 года [8]. В ней впервые была развита тензорно-геометрическая концепция гравитации, вся теория опиралась на принцип общей ковариантности, который, казалось, приводил к правильным общековариантным уравнениям гравитационного поля. Но ошибочные аргументы физического характера, связанные с нетензорным характером закона сохранения энергии-импульса, несводимостью уравнений к уравнениям Пуассона в слабых полях и кажущимся нарушением причинности, привели к отказу от общековариантных уравнений гравитации. Фактически только в ноябре 1915 года Эйнштейн вернулся к общей ковариантности, основной симметрии, лежащей в основе ОТО. Тогда же и Гильберт в Геттингене также получает общековариантные уравнения гравитации, правда в рамках своего рода единой теории гравитации и электромагнетизма [8; 9]. При этом он опирается на четко сформулированное, но не доказанное им утверждение о том, что из общей ковариантности соответствующего действия следуют некоторые тождества, которые позволяли ему рассматривать уравнения электромагнитного поля как следствие уравнений гравитации. Кроме того, ему не удалось в полной мере прояснить ситуацию с законом сохранения энергии-импульса в этой теории.

Что касается Ф. Клейна, то он с 1914 по 1919 год в рамках организованного им семинара читал там лекции о развитии математики в XIX веке, изданные в 1927 году отдельной книгой [10]. Причем разделы, посвященные математической предыстории СТО и ОТО, читались им как раз с 1915 по 1917 год. В них затрагивалась теоретико-инвариантная проблематика релятивистских теорий, а также вопросы о связи законов сохранения с симметриями. Все это, по мнению обоих, требовало более основательной математической проработки. Поэтому Гильберт и Клейн сочли целесообразным уже в 1915 году пригласить в Геттинген молодого математика, дочь одного из лидеров алгебраической теории инвариантов М. Нетера, Эмми Нетер, имевшую к этому времени репутацию одного из лучших специалистов по теории инвариантов. И с 1916 года она включается в исследование математических, прежде всего, теоретико-инвариантных аспектов, ОТО и проблемы закона сохранения энергии в этой теории. В мае 1916 года Гильберт со-

общал Эйнштейну, что по его просьбе Э. Нетер изучает вопрос о законе сохранения энергии и, в частности, о его формулировке в его единой полевой теории гравитации и электромагнетизма [5]. В эти вопросы и в то же время уже погружен и Ф. Клейн. В некотором смысле Клейн здесь оказывается даже центральной фигурой, именно в отношении до- или преднетеровского осмысления взаимосвязи «симметрия-сохранение» в классической механике и спецрелятивистских теориях. Он обращает внимание на работу Герглотца 1911 года, в которой была ясно показана связь основных законов сохранения в релятивистской гидродинамике с генераторами группы Пуанкаре, и обращается к ученику и сотруднику С. Ли Ф. Энгелю сделать то же самое на основе канонического, лиевского варианта взаимосвязи «симметрия-сохранения» для группы Галилея–Ньютона [4. С. 110], что и было сделано Энгелем. Изучая (в контакте с Э. Нетер) ситуацию с законами сохранения в ОТО, Клейн сравнивает ее с формулировкой этих законов во всех предыдущих классических и спецрелятивистских теориях и приходит к выводу, что между ними имеется принципиальное различие. Во втором случае законы сохранения связаны с конечнопараметрическими группами непрерывных преобразований и выполняются только вследствие уравнений движения. В первом же случае (в случае ОТО) дифференциальный закон сохранения энергии-импульса связан с преобразованиями координат, зависящими от четырех произвольных функций (то есть с бесконечной группой Ли) и выполняется тождественно. Это обсуждается в переписке Клейна и Гильберта за год-полгода до опубликования Э. Нетер двух ее знаменитых теорем<sup>2</sup>.

В июле 1918 года с интервалом в неделю на заседаниях Геттингенского математического общества были доложены две работы, фактически завершившие «ближний» этап развития взаимосвязи «симметрия-сохранение» и ситуацию с законами сохранения в ОТО. Это были работы Ф. Клейна и Э. Нетер. О том, что они были тесно связаны между собой, свидетельствует переписка между ними, прежде всего письма Э. Нетер, датированные 15 февраля и 12 марта 1918 года и касающиеся ситуации с законами сохранения в ОТО, а также доказательства «утверждения Гильберта» на основе той теоремы, которая теперь называется второй теоремой Нетер [5. С. 46–47]. Заметим также, что этим заключительным геттингенским работам середины 1918 года предшествовало множество работ по проблеме сохранения энергии-импульса в ОТО: эти работы в основном относились к 1916–1917 годам и первой половине 1918 года и принадлежали Х.А. Лоренцу, самому А. Эйнштейну, Г. Вейлю, Г. Нордстрему, Э. Шредингеру, Т. Леви-

<sup>2</sup> Эта переписка была обнародована Клейном в его работе «К первому сообщению Гильберта об обоснованиях физики», доложенной на заседании Геттингенского математического общества 25 января 1918 года. Их общая позиция была резюмирована Гильбертом так: «...Для общей теории относительности, то есть в случае общей инвариантности гамильтоновой функции (то есть действия. – В.В.), уравнений энергии, которые... соответствуют уравнениям энергии в ортогонально-инвариантных теориях, вообще не существует (курсив Гильберта. – В.В.), я даже мог бы отметить это обстоятельство как характерную черту общей теории относительности» (цит. по [4. С. 158]).

Чивите, Х. Бауэру и другим (см., прежде всего, [4; 5]). Главной задачей Клейна было внести ясность в это разнообразие выражений для энергии-импульса и соответствующих форм закона сохранения. И это во многом достигнуто благодаря его общению с Э. Нетер, в конечном счете пришедшей к своим двум теоремам. Об этом писал сам Клейн в примечании к своей статье 1921 года (см. [4; 5]).

В статье же Э. Нетер рассматриваются и доказываются чисто математические теоремы на стыке вариационного исчисления и теории непрерывных групп. Вот оригинальные формулировки первой и второй теорем Нетер:

«I (первая теорема Нетер. – В.В.) Если интеграл  $J$  инвариантен по отношению к некоторой группе  $G_\rho$  (здесь готические буквы в обозначениях заменены латинскими. – В.В.), то  $\rho$  линейных независимых лагранжевых выражений обращаются в дивергенции...

II. (вторая теорема Нетер. – В.В.). Если интеграл  $J$  инвариантен по отношению к группе  $G_{\infty\rho}$ , в которой встречаются производные до  $n$ -го порядка, то имеют место  $\rho$  тождественных соотношений между лагранжевыми выражениями и их производными до  $n$ -го порядка...» [2. С. 613]. Кратчайшие пояснения к использованным терминам и обозначениям таковы: под  $G_\rho$  понимается  $\rho$ -параметрическая непрерывная группа (группа Ли) преобразований независимых координат  $x_1, \dots, x_{1n}$  и зависимых  $u_1(x), \dots, u_\mu(x)$ . Под  $G_{\infty\rho}$  понимается бесконечная непрерывная группа, такая, что наиболее общие преобразования ее зависят от  $\rho$  произвольных функции  $p(x)$  и их производных или аналитически, или непрерывным образом. Под лагранжевыми выражениями  $\psi$  понимаются левые части лагранж-эйлеровских уравнений вариационной задачи для функционала  $J(x)$ :

$$\delta J = \delta \int_x \dots \int f(x, u(x), \frac{\partial u}{\partial x}, \dots) dx = 0.$$

При этом теоремы не только гарантируют существование  $\rho$  дивергентных соотношений или  $\rho$  тождественных зависимостей, но и дают точный алгоритм для вычисления соответствующих величин, стоящих под знаком дивергенции и интерпретируемых как сохраняющиеся. В самом начале Э. Нетер говорит о физическом смысле теорем: «...Теорема I содержит все известные в механике теоремы о первых интегралах, в то время как теорема II может считаться наибольшим возможным обобщением с точки зрения «групп общей теории относительности» [Там же. С. 615].

Добавим теперь, что статья Э. Нетер докладывалась на заседании Геттингенского математического общества Ф. Клейном, которому она была посвящена, точнее ему и 50-летию его докторского юбилея. Лаконичное введение заканчивалось словами: «Вторая статья Клейна (которая докладывалась неделей раньше. – В.В.) и настоящая работа в особенности взаимно повлияли друг на друга...» [Там же. С. 611]. Краткие замечания исторического характера также, судя по всему, почерпнуты у Клейна – либо из «Лекций о

развитии математики в XIX веке», либо из непосредственного общения с ним. В связи с первой теоремой упоминаются работы Г. Гамеля 1904 года по механике неголономных систем («метод квазиординат» и применение теории непрерывных групп), а также работа Герглотца по релятивистской механике сплошных сред 1911 г. В упомянутых выше «Лекциях...» Клейн ссылаясь также на лагранжев вариант взаимосвязи, правда, в изложении К.Г. Якоби.

Фактически июльская статья Клейна содержала рассуждения и вычисления, соответствующие применению обеих теорем Нетер в ОТО. О взаимном влиянии исследований Клейна и Нетер, еще раз подчеркнем, говорили оба автора. С одной стороны, строгие и общие теоремы Нетер можно рассматривать как результат обобщения общерелятивистских работ Гильберта и особенно Клейна, связавшего проблему сохранения энергии-импульса в ОТО с соответствующей ситуацией с симметриями и законами сохранения в классической механике и СТО. А с другой стороны, значительная ясность, достигнутая Клейном, в упорядочении множества разных форм представления закона сохранения энергии – импульса в ОТО, несомненно, была следствием общего математического подхода, развитого Э. Нетер.

Еще раз кратко сформулируем основные результаты, полученные в 1918 году Ф. Клейном и Э. Нетер, вносящие ясность и определенность в проблему закона сохранения энергии-импульса в ОТО и в понимание взаимосвязи «симметрия-сохранения» в физических теориях в целом.

1. Поскольку в ОТО (в общем случае) отсутствуют какие-либо симметрии, выражаемые конечными группами Ли (типа группы Пуанкаре), то в ней отсутствуют и законы сохранения, присущие всем остальным классическим и спецрелятивистским теориям, в которых реализуется взаимосвязь «симметрия-сохранение» на основе первой теоремы Нетер.

2. Общая ковариантность ОТО, в соответствии со второй теоремой Нетер, приводит к некоторым тождествам, которые можно интерпретировать либо в духе «утверждения Гильберта» (позволившего ему толковать четыре уравнения электродинамики как следствие десяти уравнений гравитации – в рамках его единой теории поля), либо как тождественно выполняющийся дифференциальный закон сохранения энергии-импульса.

## 5. Несколько слов об Эмми Нетер (1882–1935)

Эмми Нетер (Amalie Emmy Noether), выдающийся немецкий математик, по-видимому, самая великая женщина-математик в истории этой науки, родилась в университетском городе Эрланген в семье известного немецкого математика еврейского происхождения Макса Нетера (1844–1921). С середины 1870-х годов в Эрлангенском университете математику представляли ученики Р. Клебша, одного из основателей формальной теории алгебраических инвариантов, – П. Гордан (1837–1912) и М. Нетер. Оба испытали также влияние «Эрлангенской программы» Ф. Клейна, который как раз в 1875 году

покинул Эрланген. В «Эрлангенской программе» провозглашался теоретико-инвариантный подход к геометрии. В это время П. Гордан становится лидером формально-вычислительного подхода в теории алгебраических инвариантов. М. Нетер сама была главой алгебро-геометрической школы, близко примыкающей к теории алгебраических инвариантов. Именно М. Нетер и П. Гордан (и как бы заочно Ф. Клейн) определили ту интеллектуальную математическую атмосферу, в которой выросла Э. Нетер. В 1907 году она под руководством Гордана защитила диссертацию по формально-вычислительной теории инвариантов тернарной квадратичной формы. В последующие годы Э. Нетер, продолжая заниматься теорией инвариантов, порывает с формальным подходом Гордана и осваивает более современные концептуальные методы Д. Гильберта, а также Э. Шмидта (1876–1959) и особенно Э. Фишера (1875–1950), сменивших в 1910 году Гордана в Эрлангенском университете.

Исследования Э. Нетер находились в русле математических интересов лидеров Геттингена Клейна и Гильберта, которые и организовали в 1915 году приглашение Э. Нетер в «математическую столицу» Германии. Можно предположить, что это приглашение было связано также с увлечением обоих корифеев теорией относительности, при разработке которой актуальной оказалась теоретико-инвариантная проблематика. Сразу по приезду в Геттинген она активно включается в работу клейновского семинара<sup>3</sup>, которая концентрировалась вокруг теоретико-инвариантных основ СТО и ОТО. Вскоре, как мы видели, Э. Нетер в контакте с Клейном и Гильбертом выяснила основные проблемы, связанные с законами сохранения и теоретико-инвариантной структурой релятивистских теорий, доказав свои замечательные теоремы.

Однако теоретико-инвариантное направление, включая близкие к релятивистской физике работы 1918 года, не стали делом жизни Э. Нетер. Таким делом стало то направление в алгебре, которое получило именование абстрактной алгебры и относилось к так называемой «*begriffliche Mathematik*» (то есть «понятийной», или «концептуальной» математике)<sup>4</sup>. Несмотря на, казалось бы, большое различие между теоретико-инвариантным направлением, включающим работу об инвариантных вариаци-

<sup>3</sup> Тематика семинара хронологически распределялась так:

лето 1916 года – теория инвариантов линейных преобразований;

зима 1916/1917 годов – теоретико-инвариантные основы теории относительности;

лето 1917 года – теория инвариантов общих точечных преобразований;

лето 1918–1919 годов – теоретико-инвариантные основы общей теории относительности...;

зима 1920/1921 годов – вариационные принципы классической механики и общей теории относительности [5. Р. 45].

<sup>4</sup> Чтобы дать представление об этом направлении в математике, процитируем П.С. Александрова, который считал себя ее учеником: «Именно она научила нас мыслить в простых и потому общих алгебраических понятиях – гомоморфное отображение, группа или кольцо с операторами, идеал, – а не в сложных алгебраических выкладках, и потому открыла путь к нахождению алгебраических закономерностей там, где эти закономерности были затемнены сложной специальной обстановкой, вовсе не походившей на привычное для алгебраистов-классиков положение вещей» (цит. по [4. С. 182]).

ционных задачах, и абстрактно-алгебраической тематикой, их связывало, по словам П.С. Александрова, «основное свойство ее математического дарования: стремление к общим формулировкам математических проблем и умение находить именно ту, в которой раскрывается подлинная логическая природа данного вопроса, освобожденная от всех осложняющих и затуманивающих истинное положение вещей случайных частных» (цит. по [4. С. 176]).

В математическую школу абстрактной алгебры, созданную ею, входит целое созвездие выдающихся математиков первой половины XX века, среди которых Г. Вейль, Г. Хопф, Б. Ван-дер-Варден, Э. Артин, Г. Хассе, Р. Брауэр, В. Крулль, О. Шрейер, а также советские математики П.С. Александров, Л.С. Понтрягин, А.Н. Колмогоров, П.С. Урысон, А.Г. Курош. Зимой 1928–1929 годов она прочла курс абстрактной алгебры в МГУ и вела семинар по алгебраической геометрии в Комакадемии. В 1933 году, когда к власти пришли фашисты, Э. Нетер пришлось покинуть Геттингенский университет и эмигрировать в США. Там, в женском университете небольшого города Брин Мор, она провела последние полгода своей жизни.

## 6. Восприятие теоремы Нетер научным сообществом физиков

Процесс восприятия теоремы Нетер был достаточно сложным, и эта сложность была обусловлена рядом обстоятельств:

1) сложной структурой самой физики и тем, что был разгар научной революции в фундаментальной физике; физика была классическая и неклассическая, неклассика – это СТО, ОТО и квантовая теория;

2) существенные изменения происходили в характере взаимодействия физики и математики, теоретической физики и математической физики;

3) определенным следствием первых двух обстоятельств было то, что в процессе упомянутой научной революции кардинальные изменения претерпевал и стиль научного мышления: на передний план выходили принципы симметрии (инвариантности), а также такие новые области математики, как теория групп, дифференциальная геометрия и функциональный анализ;

4) несмотря на международный характер физики и математики XX века, научные сообщества физиков в разных странах сильно различались между собой, что не могло не сказаться на освоении нетеровской взаимосвязи принципов симметрии с законами сохранения.

Начнем с краткой хронологии событий, в которой можно увидеть естественные периоды рассматриваемого процесса и некоторые его особенности.

### **Краткая хронология событий**

#### ***Геттингенский этап (1918–1924)***

1918. *Эмми Нетер*. 1-я и 2-я теоремы Нетер.

1921. *Э. Бессель-Хаген*. Уточнение 1-й теоремы и ее применение к электродинамике и конформной группе.

1923. *Г. Вейль*. Применение теорем в ОТО.

1924. *Р. Курант, Д. Гильберт*. Упрощенное доказательство 1-й теоремы в фундаментальном геттингенском курсе математической физики.

*Примечание.* Названные исследователи были математиками и прямо ссылались на Э. Нетер.

#### ***Квантовый период (с редкими ссылками на Э. Нетер) (1927–1950)***

1927. *Е. Вигнер*. Квантовомеханический аналог теоремы Нетер.

1928–1931. *Г. Вейль, Е. Вигнер*. Фундаментальные монографии по применению теории групп в квантовой механике (ссылок на Э. Нетер нет).

*В. Гейзенберг, В. Паули*. Основы квантовой теории поля на базе лагранжева и гамильтонова формализмов, включающих взаимосвязь «симметрия-сохранение» (ссылок на Э. Нетер нет).

1936. *М.А. Марков*. Первая обстоятельная работа по релятивистской квантовой механике (уравнение Дирака), где используется теорема Нетер в ее оригинальной формулировке и со ссылкой на Э. Нетер (работа выполнялась по инициативе Ю.Б. Румера, который в 1932 году вернулся в СССР, в ФИАН, из Геттингена).

1941. *В. Паули*. «Релятивистская теория элементарных частиц».

*Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц*. «Теория поля» и другие работы.

В этих работах используется вариационный нетеровский формализм (но без явного упоминания Э. Нетер) для получения законов сохранения в СТО и ОТО и квантовой теории поля.

1942. *Г. Вентцель*. Одно из первых систематических руководств по квантовой теории волновых полей, в котором использовался лагранж-нетеровский (вариационный) формализм (без упоминания Э. Нетер).

1949. *Д.Д. Иваненко, А.А. Соколов*. «Классическая теория поля», использование теоремы Нетер в теории поля; явная ссылка на работу Э. Нетер и Э. Бессель-Хагена, а также на статью Маркова М.А. 1936 года.

#### ***Период нарастающего применения теорем Нетер в квантовой теории и других областях физики (с явными ссылками на Э. Нетер)***

1951. *Э. Хилл*. Краткое и ясное рассмотрение теоремы Нетер и ее применений в механике и теории поля, опубликованное в авторитетном американском обзоре журнале "Reviews of Modern Physics".

1954. *Ч. Янг и Р. Миллс*. Локально-калибровочная концепция в теории элементарных частиц, опирающейся на теорему Нетер и локализацию глобальных групп симметрии.



1957. *Н.Н. Боголюбов и Д.В. Ширков*. «Введение в теорию квантованных полей» – фундаментальная монография по квантовой теории поля, в которой теорема Нетер играет фундаментальную роль при построении теории.

1958. *Дж. Голдберг, П.Г. Бергман*. Серия работ о статусе законов сохранения энергии-импульса в ОТО с использованием теорем Нетер.

1959–1960. *Л.С. Полак*. Монография «Вариационные принципы механики, их развитие и применение в физике», а также сборник классических работ «Вариационные принципы механики», в котором впервые опубликован перевод статьи Э. Нетер на иностранный язык (именно, русский); первое историко-научное исследование о теоремах Нетер.

1960. *П. Роман*. «Теория элементарных частиц», систематическое применение теоремы Нетер в теории элементарных частиц.

1961. *И.М. Гельфанд, С.В. Фомин*. Теорема Нетер как теорема вариационного исчисления, как следствие формулы для вариации интеграла с переменной областью интегрирования.

1962–1965. *А. Траутман, Дж. Андерсон*. Серия работ и обзоров по симметриям и законам сохранения в ОТО с использованием теорем Нетер.

1963. *Б.В. Медведев и М.К. Поливанов*. Первое «энциклопедическое» изложение теоремы Нетер (в «Физическом энциклопедическом словаре»; авторы – теоретики школы математической физики Н.Н. Боголюбова).

1963–1964. *Ю. Вигнер* – Нобелевская премия по физике (1963) за вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц, особенно в связи с открытием и применением фундаментальных принципов симметрии; серия обзорных работ о роли принципов симметрии и взаимосвязи «симметрия-сохранение» (на стыке с философией науки).

1964. Сборник «Элементарные частицы и компенсирующие поля» под редакцией *Д.Д. Иваненко* (перевод работ Янга и Миллса, Р. Утиямы, Дж. Сакураи, М. Гелл-Манна, А. Салама, Дж. Швингера 1950-х – начала 1960-х гг. по локально-калибровочной концепции); во вступительной статье Иваненко есть прямая ссылка на теорему Нетер.

1965. *Р. Фейнман*. Первая попытка разъяснения теоремы Нетер без математики («для пешеходов») на примере вывода закона сохранения импульса из однородности пространства (в лекциях «Характер физических законов»).

1965. *Г.А. Соколик*. «Групповые методы в теории элементарных частиц» (симметрия, «Эрлангенская программа» Ф. Клейна и теорема Нетер в теории элементарных частиц, затрагивает философские аспекты физики).

1965–1970. Десятки работ обзорного и методического характера по теореме Нетер и ее применениям и расширениям.

1972. *В.П. Визгин*. «Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике» – первое монографическое историко-научное исследование развития идей, приведших к теоремам Нетер.

1983. «Симметрии в физике» (1600–1980): I Международная конференция по истории научных идей. Каталония (Испания) 20–26 сентября 1983 года. Труды конференции под редакцией М.Г. Донсела, А. Хермана, Л. Мишеля и А. Пайса вышли в

1987 году (в ряде докладов обсуждаются теорема Нетер, ее предыстория и применение в современной физике; важное историко-научное исследование Х.А. Каструпа; активное обсуждение теоремы в дискуссиях по докладам Х. Каструпа, Ю. Вигнера, Ю. Не'емана, М. Гелл-Манна, А. Пайса и др.).

1983. *E. Noether. Gesammelte Abhandlungen (Collected Papers)* / ed. by N. Jacobson. Berlin etc: Springer, 1983 (наиболее полное собрание трудов Э. Нетер).

1997–1999. Под редакцией *А.М. Виноградова и И.С. Красильщика* выходит коллективная монография «Симметрия и законы сохранения уравнений математической физики» (1997) (обобщенная формулировка теоремы Нетер на основе алгебро-геометрической теории нелинейных дифференциальных уравнений). Под ред. М. Течера выходит сборник «Наследие Э. Нетер», содержащий тексты, касающиеся теоремы Нетер (1999).

2011. *И. Косманн-Шварцбах.* «Теорема Нетер» (в издательстве Шпрингер) – обстоятельное историко-научное исследование развития идей, приведших к теоремам Нетер, их восприятие и развитие в физике, механике и математической физике; наиболее полная библиография (первое, французское издание в 2006 г.)

2013–2017. Серия книг, написанных крупными физиками, в которых на стыке физики, философии и истории науки особое внимание уделяется симметриям и теореме Нетер (среди авторов лауреат Нобелевской премии по физике Ф. Вильчек, видные теоретики Л. Сасскинд, М. Тегмарк, Л. Смолин, В. Стенджер и др.).

Кратко прокомментируем эту хронологию, которая во многом говорит сама за себя. Первый период – почти исключительно «геттингенский». Теоремы Нетер были высоко оценены корифеями Геттингена Ф. Клейном и Д. Гильбертом и их учениками Э. Бессель-Хагеном, несколько расширившим 1-ю теорему Нетер и применившим ее к конформно-инвариантной электродинамике, Г. Вейлем, Р. Курантом. Теорема Нетер вошла в знаменитый геттингенский учебник по математической физике, написанный Р. Курантом и Д. Гильбертом. Важной особенностью этого периода является то, что признание и освоение теорем Нетер произошло среди математиков, увлеченных в 1900–1920-е годы теоретической физикой и представляющих устойчивую (со времен Гаусса и Римана) геттингенскую традицию математической физики. Некоторые из физиков в эти и последующие годы, использовавшие фактически нетеровские или близкие к ним методы, как правило, не ссылались на Э. Нетер и ее теоремы. Это относится, прежде всего, к В. Паули и его блистательной энциклопедической статье-монографии «Теория относительности»; А. Эйнштейну, Э. Шредингеру, В. Гейзенбергу, Е. (Ю.) Вигнеру и др.

Далее, мы вступаем во 2-й период, охватывающий более четверти века. В эти годы была развита квантовая механика, заложены основы квантовой теории поля, мощное развитие получила квантовая физика и вслед за ней физика элементарных частиц (или физика высоких энергий). В квантовой теории симметрии стали играть даже более важную роль, их связь с законами сохранения была установлена (причем не только для непрерывных сим-

метрий), но в терминах операторного обобщения лиевского (канонического) аналога теоремы Нетер (1927) [11]. В работах по квантовой механике и чуть позже – по квантовой теории поля, однако, ссылок на теоремы Нетер не было. Это относится и к ключевым работам Паули, Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица, Г. Вентцеля, которые теоремы Нетер, по-видимому, считали естественно вытекающими из лагранжева формализма, а самой достопримечательной закономерной связи «симметрия-сохранение» особого значения не придавали. Большинству физиков-теоретиков этого периода была свойственна некоторая переоценка математических премудростей, выходящих за рамки теории дифференциальных уравнений. Например, Л.Д. Ландау считал излишним учить физиков теории групп!

Замечательным исключением из этого было несколько работ советских теоретиков. Речь идет, в первую очередь, о замечательной работе М.А. Маркова, который в 1936 году явно использовал теорему Нетер для получения законов сохранения в дираковской теории электрона, то есть в релятивистской квантовой механике. Обращение Маркова, который был аспирантом ФИАНа, к теореме Нетер легко объяснимо. В 1932 году из Германии, и прежде всего из Геттингена, возвращается советский теоретик Ю.Б. Румер, который в Геттингене сотрудничал с М. Борном и даже лично был знаком с Э. Нетер. Именно он, став научным руководителем Маркова, дает ему задачу исследовать теорию Дирака с помощью теоремы Нетер. Вторая, более поздняя работа – это монография Д.Д. Иваненко и А.А. Соколова «Классическая теория поля» (1949). Скорее всего, они «танцевали» от работы Маркова, на которую прямо ссылаются. В книге кратко обсуждаются обе теоремы Нетер с прямыми ссылками на статьи Э. Нетер и Э. Бесселя-Хагена.

Ситуация начинает меняться с начала 1950-х годов, главным образом в связи с задачей систематического построения квантовой теории поля. Своего рода «застрельщиком» выступил американский теоретик Э. Хилл, опубликовавший в авторитетном американском журнале “Reviews of Modern Physics” небольшую обзорную работу по теореме Нетер и ее применениям в механике и теории поля. Через несколько лет советские теоретики Н.Н. Боголюбов и Д.В. Ширков выпустили одну из лучших книг по квантовой теории поля (1957), переведенную вскоре на многие языки. Н.Н. Боголюбов – выдающийся советский математик и физик, которому была близка геттингенская традиция математической физики. Теорема Нетер в этой книге доказывается (с некоторыми упрощениями) и систематически применяется к различным полевым уравнениям, имеющим лагранжеву (или вариационную) структуру. Не случайно, что авторами первой в мире энциклопедической статьи по теореме Нетер стали представители квантово-полевой школы Н.Н. Боголюбова – Б.В. Медведев и М.К. Поливанов (в третьем томе «Физического энциклопедического словаря», вышедшем в 1963 году). С этого времени (то есть с конца 1950-х-начала 1960-х годов) число работ по теоремам Нетер начинает быстро расти. При этом расширя-

ется сфера применений и расширений теоремы Нетер. Основной областью ее применения остается квантовая теория поля и связанная с ней теория элементарных частиц. Но теоремы Нетер все чаще попадают в курсы аналитической механики, работы по механике сплошных сред и, конечно, по общей теории относительности, а также находят свое место в курсах вариационного исчисления и теоретико-группового анализа дифференциальных уравнений. Кроме того, появляются обобщения и расширения теоремы Нетер, на некоторых из них мы бегло остановимся. Подчеркнем, что процесс восприятия теорем физиками завершается к середине 1960-х годов. Признаками этого завершения являются следующие события.

Во-первых, Нобелевской премии по физике в 1963 году был удостоен Е. (Ю.) Вигнер «за вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц, особенно в связи с открытием и применением фундаментальных принципов симметрии». В нобелевской лекции он отметил важное значение взаимосвязи принципов симметрии с законами сохранения, сославшись на работы Г. Гамеля, Г. Герглотца, Ф. Энгеля и, наконец, Э. Нетер и Э. Бесселя-Хагена и указав на то, что квантовый аналог этой взаимосвязи был сформулирован им самим в 1927-м году [11].

Во-вторых, с конца 1950-х годов и в начале 1960-х годов намечается оживление в области теории гравитации, и физики-релятивисты, проясняя основания ОТО и проблему законов сохранения в ней, обращаются к теоремам Нетер. Здесь, в первую очередь, надо отметить серию работ А. Траутмана и Дж. Андерсона (1962–1965).

В-третьих, на основе теоремы Нетер систематизируются симметрии и связанные с ними законы сохранения в физике элементарных частиц (см. например, обстоятельные монографии П. Романа (1960, 1965), Г.А. Соколика (1965) и др.).

В-четвертых, к середине 1960-х годов, основательно разрабатывается локально-калибровочная концепция в теории элементарных частиц, ставшая впоследствии основой стандартной модели. Начало этой концепции было положено работой Ч. Янга и Р. Миллса (1954). В соответствии с ней локализация глобальных калибровочных симметрий, которые, в соответствии с теоремой Нетер, порождали законы сохранения зарядового типа, приводила к векторным взаимодействиям. Тем самым нетеровский формализм расширялся: симметрии порождали не только законы сохранения, но и взаимодействия. В 1964 году под редакцией Д.Д. Иваненко выходит в русском переводе сборник ныне признанных классическими работ Янга и Миллса, Сакураи, Гелл-Манна, Ю. Не'емана, Салама, Швингера и др., легших в основу теории электрослабых взаимодействий и квантовой хромодинамики.

В-пятых, нетеровская взаимосвязь принципов симметрии с законами сохранения признается настолько важной и универсальной закономерностью физики, что Р. Фейнман в своих лекциях «Характер физических законов» пытается разъяснить ее на примере связи закона сохранения импульса с

однородностью пространства («теорема Нетер для пешеходов», хотя при этом он не упоминает Э. Нетер).

И, наконец, в-шестых, несколько раньше, в 1959–1960-х годах, теорема Нетер становится впервые предметом историко-научного исследования, правда, в рамках обширной исторической работы по вариационным принципам. Л.С. Полак издает капитальную антологию вариационных принципов от Мопертюи и Лагранжа до творцов теории относительности и квантовой механики, в которую были включены «Основания физики» Гильберта и «Инвариантные вариационные задачи» Э. Нетер [12]. Нетривиальные комментарии к статье Э. Нетер были написаны Г.А. Соколиком (1959). Годом позже выходит монография Л.С. Полака «Вариационные принципы механики», в которой был раздел, посвященный теоремам Нетер [13]. Кстати говоря, русский перевод работы Нетер, включенный в антологию Полака, был ее первым переводом на иностранный язык.

Многие десятки статей и книг, либо специально посвященных теоремам Нетер, либо включающих их как существенную часть, либо связанных с их расширением или обобщением, которые были опубликованы в последней трети XX века и начале XXI века, подтверждают наше мнение о том, что к середине 1960-х годов теорема Нетер была освоена и признана в научном сообществе физиков и стала прочным достоянием фундаментальной теоретической физики. Поэтому в нашей хронологии в последнем тридцатилетии XX века мы выделили только несколько событий, заслуживающих хотя бы краткого рассмотрения. Прежде всего, это знаковые события в отношении историко-научного изучения теоремы Нетер, это цепочка дат: 1972–1983/1987–2011 годы.

В 1972 году вышла первая монография, посвященная развитию принципов симметрии с законами сохранения и истории установления теоремы Нетер [4], которая была результатом диссертационного исследования, выполненного под руководством Л.С. Полака в Институте истории естествознания и техники АН СССР. В 1983 году в Каталонии (Испания) прошла уникальная международная конференция, посвященная симметриям в физике, в которой приняли участие выдающиеся физики (Ю. Вигнер, М. Гелл-Ман, Ю. Не'еман, Ф. Гюрсей, А. Пайс, Л. Мишель и другие) и известные историки физики, такие как А. Херманн, А. Миллер, К. фон Мейен, Х.-М. Санчес-Рон и другие). В значительной степени предыстории и истории установления теоремы Нетер была посвящена обстоятельная работа Х. Каструпа. Эта теорема, так или иначе, затрагивалась и в ряде других докладов (А. Пайса, Х.-М. Санчеса-Рона, Ю. Не'емана, Э. Донсела и др.) и в дискуссиях, в которых активно участвовал великий «симметрист» Ю. Вигнер. Труды конференции были опубликованы в 1987 году [14]. Кстати говоря, полное собрание научных трудов Э. Нетер вышло как раз в 1983 году (под редакцией Н. Джекобсона, в издательстве «Шпрингер»). В 2011 году в этом же издательстве вышла монография Иветты Косманн-Шварцбах «Теоремы Нетер» в серии «Источники и исследования по истории

математики и физических наук», содержащая историю установления, восприятия и развития этих теорем, а также обширную библиографию (первое издание вышло на французском языке в 2006 г.) [5]. Достаточное внимание в книге уделено и советским ученым. Так, упоминаются и цитируются работы М.А. Маркова, Ю.Б. Румера, Д.Д. Иваненко и А.А. Соколова, Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица, И.М. Гельфанда, Н.Н. Боголюбова и Д.В. Ширкова, Н.Х. Ибрагимова, А.М. Виноградова, Ю.И. Манина и другие). Описаны и наши историко-научные исследования.

Хронология заканчивается несколькими книгами на стыке физики, философии и истории науки, написанными некоторыми известными физиками и, в общем, рассчитанными на широкого читателя. Эти книги вышли буквально в последние несколько лет, и в них теорема Нетер занимает видное место. Среди авторов – Нобелевский лауреат по физике Ф. Вильчек.

### **7. Нетерова структура физических теорий в фокусе философско-методологических проблем физики**

Как мы видели, теоремы Нетер уже с начала и середины 1960-х годов прочно вошли в арсенал методов теоретической физики наряду с лагранжианом, гамильтоновым формализмом, вариационными принципами и принципами симметрии. После серии работ Ю. Вигнера, в том числе его нобелевской лекции «Явления, законы природы и принципы инвариантности», а также выдвинутой (несколько позже) Н.Ф. Овчинниковым концепции методологических принципов физики теоремы Нетер стали привлекать все больше внимание не только историков, но и философов науки, включая и некоторых лидеров теоретической физики последней трети XX века. При этом в теореме Нетер, как и в связанных с ней вариационных принципах, до сих пор остается атмосфера еще нераскрытой глубины и загадочности.

Мы, опираясь на публикации последних лет, принадлежащих некоторым ведущим современным теоретикам, впрочем отчасти научно-популярного и философского характера, дадим некоторую мозаику высказываний о фундаментальном значении теорем Нетер и их связи с такими философско-методологическими проблемами, как структура физических теорий, механизмы построения физических теорий, проблемы взаимосвязи физики и математики, эксперимента и теории и т.д.

В начале XXI века, через 30 лет после замечательного каталонского симпозиума «Симметрии в физике» (1983) симметричный, теоретико-инвариантный подход в целом и удивительная (и в некотором смысле загадочная взаимосвязь «симметрия-сохранение», содержащаяся в теореме Нетер) не только сохранили свое значение, но и приобрели глубинный, философско-методологический смысл.

Начнем с характерных признаний Ф. Вильчека, Нобелевского лауреата по физике за 2004 год, содержащихся в одном из его блистательных физико-философских бестселлеров: «...В работе Э. Нетер... соответствие “Идеаль-

ное – Реальное” становится математической теоремой... И здесь мы можем продемонстрировать настоящую драгоценность. Я думаю, что это действительно самый глубокий результат во всей физике» [1. С. 331]. И далее: «На последнем крае современной физики... теорема Нетер стала важнейшим инструментом для совершения открытий. С ее помощью мы связываем теоретическую эстетику возможной симметрии и вопрос «Красивы ли мои уравнения?» с суровой действительностью физического измерения и вопросом «Верны ли мои уравнения?» [1. С. 339]. Затем отметив, что нетеровская связь законов сохранения с симметриями основана на весьма сложной и абстрактной математике, он продолжает: «Мне кажется, что такой важный, просто сформулированный результат должен иметь более прямое, интуитивное объяснение. Если бы оно у меня было, то я был бы счастлив им поделиться. В данный момент все, что я могу сказать, – это то, что я еще в поиске!» [1. С. 340].

Здесь под «идеальным» Вильчек понимает вариационную формулировку динамического закона и его симметрию, а под «реальным» – законы сохранения, которые выражаются в терминах наблюдаемых величин, фигурирующих в экспериментах. Красота (и простота) фундаментальной физики относится в основном к уравнениям и соответствующим лагранжианам (уравнения Максвелла, гравитационный лагранжиан в виде скалярной кривизны и т. п.). А верность же связана с экспериментальным подтверждением в терминах наблюдаемых (или сохраняющихся величин).

От последнего же высказывания Вильчека веет ощущением тайны вокруг теоремы Нетер, которую он пытается разгадать. Заметим, что эта загадочность нетеровской взаимосвязи усиливается не меньшей таинственностью вариационности фундаментальных уравнений физики.

Любопытные философско-методологические соображения о теореме Нетер содержатся в последней книге видного американского физика-экспериментатора В. Стенджера:

«23 марта 1882 г. в баварском городе Эрланген родилась девочка по имени Эмми Нетер. Ее отец был математиком, она же оказалась математическим гением и внесла важнейший вклад в развитие физики XX века. В 1915 году (точнее, в 1918 г. – В.В.) Нетер опубликовала теорему, которая коренным образом изменила философское понимание природы физических законов» [15. С. 138].

Далее он подчеркивает, обсуждая современную теорию элементарных частиц, что ядро этой теории, основанное на теореме Нетер, связано с требованиями логико-философского характера, а именно объективностью теоретического знания:

«...Хотя стандартная модель элементарных частиц далеко ушла от оригинальной работы Нетер, она подтвердила общую идею о том, что важнейшая составляющая известных нам законов физики заключается просто в требованиях логики, накладываемых на наши модели, чтобы сделать их объ-

ективными, то есть независимыми от точки зрения какого-либо наблюдателя» [15. С. 251].

Вот еще несколько более кратких суждений крупных теоретиков последних десятилетий из их замечательных научно-популярных книг на стыке физики, космологии и философии. М. Тегмарк, автор поражающей воображение концепции «математической Вселенной» замечает: «...В конкретной математической структуре, которую мы населяем, дальнейшие исследования ее симметрий привели поистине к золотой жиле, Эмми Нетер в 1915 (точнее, 1918 г. – *В.В.*) доказала, что каждая непрерывная симметрия нашей математической структуры приводит к так называемому закону сохранения в физике... Ю. Вигнер обнаружил, что эти (то есть квантово-механические. – *В.В.*) симметрии также диктуют все квантовые свойства, которыми могут обладать частицы, включая массу и спин. Иными словами, Нетер и Вигнер показали, что, по крайней мере в нашей математической структуре, изучение симметрий открывает, какого рода «материи» могут в ней существовать... Становится ясно, что почти все наши физические законы вытекают из симметрий, а лауреат Нобелевской премии по физике Ф.У. Андерсон (1977 г. – *В.В.*) пошел еще дальше, заявив, что «лишь небольшое преувеличение сказать, что физика сводится к изучению симметрий» [16. С. 472–473].

Здесь Тегмарк говорит о пансимметризме нашей физики (и нашей одной из многих вселенных в космологическом мультиверсе), неразрывно связанном с нетеровским порождением законов сохранения (и законов природы). При этом подразумевается, что мыслимы другие вселенные (они же другие математические структуры), в которых такой симметризм и нетеровский механизм может отсутствовать. Обращает на себя внимание и то, что Э. Нетер и Ю. Вигнер упоминаются в одной связке, что вполне справедливо, особенно если иметь в виду не только вигнеровский квантовый аналог теоремы Нетер, но и серию его философско-симметрических работ (в духе Нобелевской лекции) начала и середины 1960-х годов<sup>5</sup>.

Далее кратко рассмотрим следующие нетеровские сюжеты на стыке с философско-методологическими и историко-научными проблемами современной физики: представление о нетеровой структуре фундаментальных физических теорий, о месте теоремы Нетер в двух трехслойных моделях физического знания и физического познания Эйнштейна и Вигнера, о роли теоремы Нетер в концепции методологических принципов физики

---

<sup>5</sup> Л. Сасскинд и Дж. Грабовский в своем «Теоретическом минимуме» (2013) в начале «Лекции 7. Симметрия и законы сохранения» пишут: «Взаимоотношение между симметриями и законами сохранения – одна из самых главных тем современной физики (Курсив наш. – *В.В.*)» [17. С. 168]. Им вторит другой известный теоретик Ли Смолин (2013): «Основную теорему о связи между симметриями и законами сохранения в начале XX века доказала Э. Нетер... Эта теорема является *одним из столпов физики* (Курсив наш. – *В.В.*) и заслуживает широкой известности [18. С. 151]. И число подобного рода высказываний о фундаментальном общефизическом и философском значении теоремы Нетер нетрудно умножить.



Н.Ф. Овчинникова, о ее связи с двумя «непостижимыми эффективностями» – математики и аналитической механики в физике.

Будем называть *нетеровой* структуру физических теорий, в основе которых лежат дифференциальные уравнения движения (или поля), выводимые из вариационного принципа действия, а также некоторые принципы симметрии. Именно в таких теориях мы можем вывести на основе теоремы Нетер систему первых интегралов соответствующих уравнений, или законов сохранения. К концу 1910-х годов усилиями сначала классиков аналитической механики, а затем признанных ныне классиками создателей теории относительности и квантовой механики было выяснено, что фактически все фундаментальные теории классической и релятивистской механики (включая механику сплошных сред), электродинамика Максвелла и Лоренца и их нелинейные обобщения, общая теория относительности (с известными оговорками) и квантовая механика обладают нетеровой структурой. Три главных элемента теории: динамический закон (обладающий вариационным свойством), симметрия теории (в которую, прежде всего, входит пространственно-временная симметрия, она же группа инвариантности) и систем динамических сохраняющихся величин (или законов сохранения) связываются воедино посредством теоремы Нетер. Нетерова структура тем самым является весьма характерным универсальным свойством теорий от Ньютона до стандартной модели, то есть своего рода *историческим инвариантом* в развитии физики. Можно сказать, что она – своеобразный историко-научный феномен. А потому именно ее мы должны положить в основу наших представлений об устройстве теоретического физического знания.

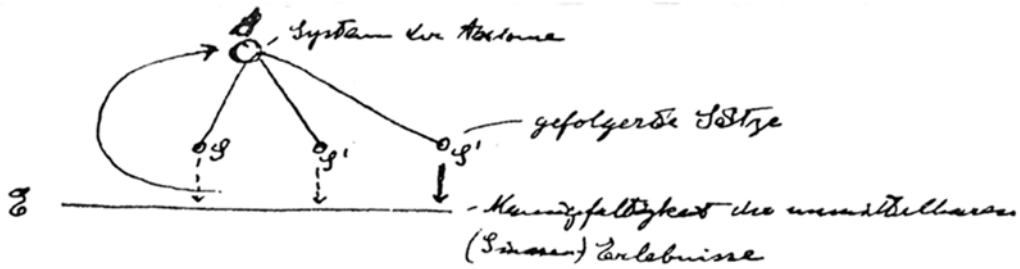
Вместе с тем существует еще две весьма простые и убедительные схемы, или модели, структуры физических теорий: Эйнштейна и Вигнера. Обе они трехслойные, и в этом отношении похожи на трехкомпонентную нетерову модель. При этом эйнштейновская модель включает в себя некоторый аспект, позволяющий ее интерпретировать как модель построения теории. Она как будто близка к обычной гипотетико- (или аксиоматико)-дедуктивной схеме и состоит из трех слоев:

1-й слой – аксиомы (гипотезы, основные принципы, уравнения) типа принципа относительности и постоянства скорости света в СТО (А);

2-й слой – основные утверждения теории (S, своего рода теоремы), дедуктивно, математически выводимые из аксиом-принципов-уравнений и допускающие проверку в следующем,

3-м слое – а именно экспериментально-эмпирическом – слое эмпирических фактов (E).

Эйнштейн в письме к М. Соловину от 7 мая 1952 года изобразил эту схему в виде рисунка [19. С. 569–570]:



На рисунке мы видим еще один элемент схемы – кривую линию, идущую от E к A и символизирующую достаточно сложное происхождение аксиом A из опыта, но явно внелогическое и потому изображенное в виде кривой линии, которую в дальнейшем будем именовать «*дугой Эйнштейна*». Напрашивается следующая параллель этой схеме с нетеровой структурой. A – это симметрии плюс лагранжиан (или действие), S – это следующие из теоремы Нетер законы сохранения, которые так или иначе могут быть проверены экспериментально. Это схема уже созданной теории, лагранжиан и симметрии которой известны. Но если теория только строится, то схема работает по обратному пути, через дугу Эйнштейна, и нетеровская взаимосвязь работает несколько иначе, что было подчеркнуто еще Л.С. Полаком: «Исторически в большинстве случаев следовали по такому пути. Экспериментально определялись из опытов по распаду частиц, рассеянию и т.п. некоторые сохраняющиеся величины. По теореме Нетер этим величинам с математической необходимостью должна соответствовать инвариантность лагранжиана относительно некоторого преобразования» [13. С. 579]. Найденные таким образом симметрии позволяли построить соответствующие лагранжианы и тем самым каркасы теорий элементарных частиц и их взаимодействий. Этот путь фактически конструктивно-эвристический и носит далеко не логический, а скорее интуитивный характер. Но здесь, как мы видим, налицо не чистая интуиция (озарение – и все!), а, по существу, *нетерова эвристика*, основанная на предположениях о вариационности теории и нетеровском характере связи сохраняющихся величин с симметриями. Таким образом, дуга Эйнштейна – не чистое озарение, она детерминируется некоторыми факторами, такими как методологические принципы симметрии, сохранения, вариационные принципы и представления о нетеровой структуре.

В связи с этим коснемся места нетеровой связи «симметрия-сохранение» в системе методологической физики (МПФ). Эта концепция – достижение отечественной методологической мысли. Она была развита в 1970-е годы Н.Ф. Овчинниковым и его учениками [20; 21]. Поскольку принципы симметрии и сохранения были важнейшими в системе МПФ (Н.Ф. Овчинников называл их порождающими), то и жесткая, почти алгоритмическая нетеровская связь между ними занимала в этой системе ключевое место, делая этим порождающие принципы взаимосвязанными. Но эта взаимосвязь имела место в системах, динамика которых была вариационной.

И это требовало пополнения системы МПФ еще и вариационным принципом. Если же рассматривать его отдельно и вкуче с лагранж-гамильтоновым формализмом, то, учитывая универсальность этих элегантно-аналитико-механических методов, можно, по аналогии с «непостижимой эффективностью математики» в физике, говорить еще и о «непостижимой эффективности аналитической механики» в физике [22]. Заметив, что первая «непостижимая эффективность», хотя и была терминологически введена Вигнером в 1960 году, фактически является эквивалентом «предустановленной гармонии» между физикой и математикой, о которой в связи с теорией относительности говорили сначала в Геттингене (Г. Минковский, Ф. Клейн, Д. Гильберт, Г. Вейль), а затем и Эйнштейн – в связи с ОТО и едиными геометрическими теориями поля [23].

Кстати говоря, теорема Нетер имеет самое непосредственное отношение к обеим «непостижимым эффективностям». Она демонстрирует универсальность и мощь таких математических теорий, как теория непрерывных групп и вариационное исчисление, в фундаментальной физике. А с другой стороны, столь же удивительную универсальность и силу аналитической механики, прежде всего вариационных принципов, во всей физике. Ведь только благодаря вариационности физических систем реализуется взаимосвязь «симметрия-сохранение». Так или иначе, система МПФ и обе «непостижимых эффективности», в которых нетеровская взаимосвязь присутствует явно, существенно влияют на дугу Эйнштейна.

Трехслойная модель физического познания Вигнера, развитая им в 1960-е годы и особенно четко представленная в его нобелевской лекции «Явления, законы природы, принципы инвариантности», относится, скорее, к структуре теории, чем к процессу ее построения [24]. В ней также три слоя, близкие по смыслу к тем, которые фигурируют в эйнштейновской модели (они – в самом названии нобелевской лекции), но отсутствует то, что мы назвали «дугой Эйнштейна». Слой явлений – это уровень эмпирических фактов. «Закономерности в явлениях, которые стремится обнаружить физика, называются законами природы» [24. С. 46] – это второй слой. Третий, высший слой – это принципы инвариантности (они же принципы симметрии), которые позволяют нам находить законы природы. Теорема Нетер или же ее вигнеровский, квантово-механический, аналог дают нам надежный способ получения из принципов симметрии таких законов природы, как законы сохранения. Сведение всех аксиом и принципов физики к принципам симметрии отражает резко возросшую роль этих принципов в физике микромира, особенно в физике элементарных частиц<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Мы об этом уже неоднократно говорили (см., например, высказывания М. Тегмарка на с. 27–28 настоящей работы). Добавим еще несколько цитат таких значительных авторов, как сам Вигнер (1964), Ю.И. Манин (1979) и С. Вайнберг (1992). Вигнер: «В настоящее время трудно найти статью, посвященную фундаментальным проблемам физики, в которой не упоминались бы принципы инвариантности, а автор в своих рассуждениях не исходил бы из предположения, иногда излишне широкого, о существовании связи между законами сохранения и принципами инвариантности» [25. С. 21].

Но в модели Вигнера ничего не говорится о том, откуда берутся эти принципы инвариантности, или симметрии. Хотя и из статей Вигнера, и из цитированной книги Вайнберга ясно, что эти принципы определяются либо пространственно-временной структурой теории, диктуемой СТО или ОТО, либо новыми законами сохранения (типа изоспина, барионного заряда, странности и т.п.), опирающимися на эксперимент, по которым в соответствии с нетеровским механизмом реконструируются новые внутренние симметрии (в духе высказывания Л.С. Полака).

Таким образом, в обеих трехслойных моделях – Эйнштейна и Вигнера – теорема Нетер занимает важное место и является ключевым посредником, связывающим слои (уровни) между собой, конкретизируя, в частности, и способ взаимосвязи теории с экспериментом. Обе же эти схемы, но особенно вигнеровская вместе с нетеровским дополнением, близко соседствуют с таким пониманием физической реальности, которое характерно для современных форм реализма, а именно структурного реализма (и ближе всего – онтического структурного реализма, ассоциируемого с именами английских философов науки С. Фрэнчеми Дж. Лэдиманом). Ведь согласно этой концепции, отказывающейся от онтологии индивидуальных объектов и заменяющей ее на онтологию структур, реально (в духе М. Борна) то, что инвариантно относительно соответствующих групп симметрии [27. С. 181–184]. При этом развертка этого тезиса, связанная с выходом на эксперимент, в частности, сразу же подключает к делу теорему Нетер.

### **Заключительные замечания**

Теорема Нетер применяется и в физико-методологических дискуссиях. Например, в дискуссии о релятивистской массе. Отстаивая идею о неадекватности этого понятия и полагая, что говорить можно только о той массе, которая фигурировала как масса покоя, Л.Б. Окунь ссылается на теорему Нетер и продолжает: «...Очень важно, что симметрии и сохраняющиеся величины находятся в однозначном соответствии. Никакой отдельной симметрии, отвечающей массе нет. Масса... сохраняется потому, что сохраняются энергия и импульс» [28. С. 33], связанные с однородностью времени и пространства.

Мы уже говорили о локально-калибровочном расширении нетеровской взаимосвязи «симметрия-сохранение». С другими обобщениями и расшире-

---

Ю.И. Манин: «Теоретическая физика последних десятилетий усиленно занималась поисками группы симметрии фундаментальных взаимодействий: их законы (лагранжианы) выступают как вторичный объект в математическом описании (а симметрии первичны! – В.В.) [26. С. 193].

С. Вайнберг: «Упор на симметрию как на вопрос, относящийся к физике, в работе Эйнштейна 1905 года по СТО, ознаменовал начало современного отношения к роли принципов симметрии... В XX веке, особенно последние десятилетия, значение принципов симметрии поднялось на новый качественный уровень: именно они определяют сейчас само существование всех известных сил в природе...» [27. С. 111–113].

ниями ее можно познакомиться по книге И. Косманн-Шварцбах [5]. Заметим еще, что везде, где появляются симметрии, мы можем рассчитывать и на возможность использования теоремы Нетер или ее аналогов. Это касается, в частности, и таких концепций, как теории струн. «Все эти теории (имеются в виду струнные теории. – В.В.), – замечает С. Вайнберг, – удовлетворяют некоторой фундаментальной симметрии, известной как конформная симметрия. Такая симметрия возникает не из наблюдения природных явлений, как, скажем, эйнштейновский принцип относительности. Напротив, конформная симметрия представляется необходимой, чтобы гарантировать совместимость теории струн с квантовой механикой» [26. С. 169].

Нетеровская тематика и «нетеровские точки роста» философско-методологического рода не исчерпываются сказанным. Бегло, на эвристическом уровне, перечислим еще несколько сюжетов.

В нетеровой трехэлементной структуре физической теории (в соответствии с теоремой Нетер и ее обращения) рассматриваются как основные или первичные две пары элементов: 1) симметрия и вариационность и 2) законы сохранения и вариационность. Тогда в первом случае вторичный элемент – законы сохранения, а во втором – симметрии. А что если в этой тройке в качестве первичных элементов взять симметрию и законы сохранения, определенным образом связанные между собой, не удастся ли в качестве вторичного элемента получить и обосновать таким образом вариационность (или, используя выражение в духе Мопертюи, «телеологичность») физических теорий? В результате нетерова структура может пролить свет на эту загадочную особенность фундаментальных уравнений физики [29]. Сейчас распространена точка зрения, что причина вариационности-«телеологичности» классики кроется в ее квантовой природе. Эта идея восходит к Р. Фейнману [30; 31]. Но квантовая механика принципиально линейна. А многие нелинейные системы тоже имеют вариационную структуру.

М. Тегмарк в своей удивительной концепции математической Вселенной, как мы видели, тоже на основе теоремы Нетер, показывает, как в нашей математической структуре «изучение симметрий открывает, какого рода «материи» могут в ней существовать...» [16. С. 472–473]. А эта концепция, безусловно, дает ключ к пониманию так волновавшей не столько философов науки, сколько самих физиков и математиков, прежде всего самого Вигнера, а еще раньше великих геттингенцев и Эйнштейна, – загадки, проблемы «непостижимой эффективности математики» в физике.

Ошибочностная концепция развития научного знания С.И. Вавилова–К. Поппера [32; 33] в физике элементарных частиц органично иллюстрируется на основе теоремы Нетер. Поиски теории, согласующейся с опытом, и соответствующего правильного лагранжиана идут по пути от найденных законов сохранения к симметриям, а от них – к лагранжианам и соответствующим уравнениям. В некоторых случаях, последующая развертка теории (отчасти с использованием опять-таки теоремы Нетер) не подтверждается экспериментом, тогда «нетеровский цикл» повторяется до тех пор, пока не

будет достигнуто удовлетворительное экспериментальное подтверждение очередного теоретического варианта.

Эти замечания закончим следующими выводами:

1. Необычная история становления теоремы Нетер.

«Дальняя» история развития взаимосвязи складывается из двух стадий:

а) предыстория от античности до конца XVII – середины XVIII века (эта взаимосвязь чаще всего формулировалась в терминах «принципа отсутствия достаточного основания»), от Анаксимандра до Лейбница, Эйлера и Даламбера;

б) аналитико-механическая стадия, от Лагранжа (1760–1788) до теории относительности; варианты взаимосвязи «симметрия-сохранение» в различных формализмах аналитической механики (принцип Даламбера–Лагранжа, лагранжев формализм, канонический формализм Гамильтона–С. Ли); на этой стадии взаимосвязь «симметрия-сохранение» используется как технический, вычислительный метод и самой взаимосвязи как важной самостоятельной закономерности особого значения не придается; именно поэтому мы говорим о предыстории, только презентистский подход высвечивает в истории аналитической механики различные формы этой взаимосвязи.

«Ближняя» история тоже двухфазна: а) краткая, спецрелятивистская фаза (с 1905 до 1916 г.), здесь немного работ: Герглотц (1911), Ф. Клейн и Ф. Энгель (1916) и б) кратчайшая, геттингенская фаза (с ноября 1915 до июля 1918 г.), связанная с проблемой законов сохранения в ОТО и «Основами физики» Гильберта; именно на этой, заключительной стадии важной предпосылкой было «утверждение Гильберта», обобщением которого стала 2-я теорема Нетер.

2. Необычная история восприятия теоремы Нетер научным сообществом физиков.

Здесь минимум три стадии:

а) быстрое и позитивное восприятие теоремы геттингенскими математиками и математическими физиками (1918–1924): Клейн, Гильберт, Г. Вейль, Р. Курант, Э. Бессель-Хаген;

б) взаимосвязь «симметрия-сохранение» становится важным элементом структуры квантовой механики и квантово-полевых теорий, но, как правило, без явных ссылок на теорему Нетер (1925–1950-х гг.); существенное исключение – две отечественные работы: М.А. Марков (1936) и Д.Д. Иваненко и А.А. Соколов (1949);

в) 1950–1960-е годы – быстро нарастающее применение теоремы Нетер (с явными ссылками на Э. Нетер) в квантовой теории поля и элементарных частиц (отчасти и в ОТО) в связи с новой волной исследований в этих областях и возрастанием роли принципов симметрии; в отечественной физике здесь на передний план выходит научная школа Н.Н. Боголюбова (Д.В. Ширков, Б.В. Медведев, М.К. Поливанов и др.; в 1963 году – статья «Нетер-теорема», написанная Медведевым и Поливановым для «Физическо-

го энциклопедического словаря»); Нобелевской премии по физике за 1963 год удостоен великий симметрист Ю. Вигнер.

3. Важным моментом в восприятии проблемы является появление историко-научных работ по этой проблеме. Здесь опять-таки в числе первых оказались отечественные историки науки (Л.С. Полак, 1959–1960 и один из его учеников (1967–1972). Появление специальных историко-научных работ по теореме Нетер в последующие годы (1983 – Х. Каструп и 2011 – И. Косманн-Шварцбах) говорит о сохранении и даже повышении актуальности этих теорем на рубеже XX и XXI веков.

4. Теорема Нетер и представление о нетеровой структуре физических теорий затрагивают самые глубокие философско-методологические аспекты физики и органично вписываются в разработанные Эйнштейном и Вигнером трехслойные модели структуры и построения фундаментальных теорий. Они также проливают новый свет на взаимосвязь методологических принципов физики (в концепции Н.Ф. Овчинникова) и на такие острые проблемы, как «непостижимая эффективность математики» в физике или «предустановленная гармония между физикой и математикой» и др.

\*\*\*

Говоря о 100-летию теоремы Нетер, мы обращаем внимание на то, что вся история фундаментальной теоретической физики XX века прошла в тесном контакте с ней. И что, более того, значение ее не только сохранилось, но и возросло. Но не менее замечательно и то, что глубинная природа взаимосвязи «симметрия-сохранение», представленной теоремой Нетер, во многом остается загадочной и требующей дальнейшей теоретической и философско-методологической разработки. Замечательно и то, что эта взаимосвязь уходит своими корнями не только в двухсотпятидесятилетнюю историю аналитической механики, но и во времена античной натурфилософии двух с половиной тысячелетней давности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вильчек Ф. Красота физики: Постигая устройство природы. – М.: Альпина нон-фикшн, 2016).
2. Нетер Э. Инвариантные вариационные задачи // Вариационные принципы механики: сб. / под ред. Л.С. Полака. – М.: Физматгиз, 1959. – С. 611–630.
3. Медведев Б.В., Медведев П.Б. Нетер теорема // Математическая физика. Энциклопедия / глав. ред. Л.Д. Фаддеев. – М.: Изд. «Большая российская энциклопедия», 1998. – С. 384–386.
4. Визгин В.П. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике. – М.: Наука, 1972.
5. Kosmann-Schwarzbach Y. The Noether theorems: invariance and conservation laws in the XX-th century (N.Y. etc.: Springer, 2010) (расширенный перевод с 1-го французского издания: Les Theorems de Noether: invariance et lois de conservation au XXe siècle (Palasean: Editions del'Ecole Polytechnique. 2006).

6. *Гельфанд И.М., Фомин С.В.* Вариационное исчисление. – М.: Физматгиз, 1961.
7. *Herglotz G.* Ueber der Mechanik des deformierbaren Koerpers vom Standpunkte der Relativitaet // *Annalen der Physik.* 1911. 36, 493–533.
8. *Визгин В.П.* Релятивистская теория тяготения. (Истоки и формирование, 1900–1915 гг.). – М.: Наука, 1981.
9. *Визгин В.П.* Об открытии уравнений гравитационного поля Эйнштейном и Гильбертом. Новые материалы // *Успехи физических наук.* 2001. 171, № 121347–1363.
10. *Клейн Ф.* Лекции о развитии математики в XIX столетии. Т. 2. – М.-Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2003.
11. *Wigner E.P.* Die Erhaltungssatze der Quantenmechanik // *Goett Nachr.* 1927. P. 375–381.
12. *Поллак Л.С.* (ред.) Вариационные принципы механики, их развитие и применение в физике. – М.: ГИФМЛ, 1959.
13. *Поллак Л.С.* Вариационные принципы механики, их развитие и применение в физике. – М.: ГИФМЛ, 1960.
14. *Doncel M.G., Herman A., Michel L., Pais A.* (eds.) *Symmetries in Physics (1600–1980). Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Meeting on the History of Scientific Ideas (Sant Feliu de Guixols, Catalonia, Spain. Sept. 20–26, 1983) (Bellaterra (Barcelona): Universitat Autònoma de Barcelona, 1987).*
15. *Стенджер В.* Бог и Мультивселенная. Расширенное понятие космоса. – СПб.: Питер, 2016.
16. *Тегмарк М.* Наша математическая Вселенная. В поисках фундаментальной природы реальности. – М.: АСТ; CORPUS, 2017.
17. *Сасскинд Л., Грабовский Дж.* Теоретический минимум. Все, что нужно знать о современной физике. – СПб.: Питер, 2014.
18. *Смолин Ли.* Возвращение времени: от античной космогонии к космологии будущего. – М.: АСТ; CORPUS, 2014.
19. *Эйнштейн А.* Письма к Морису Соловину // *Эйнштейн А. Собрание научных трудов.* – Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 545–575.
20. *Кедров Б.М., Овчинников Н.Ф.* (отв. ред.). Методологические принципы физики. История и современность. – М.: Наука, 1975.
21. *Овчинников Н.Ф.* Принципы теоретизации знания. – М.: Агропринт, 1996.
22. *Визгин В.П.* Метафизические аспекты «дуги Эйнштейна» // *Метафизика.* – 2013. – № 1 (7). – Р. 108–125.
23. *Визгин В.П.* Предустановленная гармония между чистой математикой и физикой // *Математика и реальность: труды Московского семинара по философии математики / под ред. В.А. Бажанова, А.Н. Кричевца, В.А. Шапошникова.* – М.: Изд. МГУ, 2014. – С. 99–120.
24. *Вигнер Ю.* Явления, законы природы и принципы инвариантности. Нобелевская лекция // *Вигнер Ю. Этюды о симметрии: сб.* – М.: Мир, 1971. – С. 20–33, 45–58.
25. *Манин Ю.И.* Математика и физика. – М.: МЦНМО, 2008. – С. 137–195.
26. *Вайнберг С.* Мечта об окончательной теории: физика в поисках самых фундаментальных законов природы. – М.: УРСС, 2004.
27. *Фурсов А.А.* Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. – М.: Изд. Воробьев А.В., 2012.
28. *Окунь Л.Б.* О движении материи. – М.: Физматлит, 2012.
29. *Визгин В.П.* Принцип симметрии // *Методологические принципы физики. История и современность / отв. ред. Б.М. Кедров, Н.Ф. Овчинников.* – М.: Наука, 1975. – С. 268–342.
30. *Фейнман Р.* Характер физических законов. – М.: Мир, 1968.



31. Терехович В.Э. Философско-методологические проблемы принципа наименьшего действия: автореф. дис. ... канд. филос. наук. – СПб., 2013.
32. Визгин В.П. Об «ошибочностной» концепции развития научного знания С.И. Вавилова // Годичная научная конференция ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, 2017. – М.: ИИЕТ РАН, 2017. – С. 262–265.
33. Визгин В.П. С.И. Вавилов: «...На ошибках вырастает наука» // Исследования по истории физики и механики. – 2016–2017 (в печати).

**NOETHERIAN STRUCTURE OF THE PHYSICAL THEORIES:  
HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL SCIENTIFIC ASPECTS  
(to the centenary of Noether's theorem on the interconnection  
between symmetry principles and conservation laws)**

**V.P. Vizgin<sup>7</sup>**

*Institute for the History of Science and Technology of the RAS*

The article is devoted to the centenary of the Noether's theorem on the invariant variational problems (1918). The genesis of this theorem is considered. It provides the most general insight into connection between symmetry principles, the dynamical laws (in variational form) and the conservation laws. The history of this fundamental regularity's reception by the physical community is also discussed. It is shown that the Noether's theorem (and "the Noetherian structure" of the theories respectively) makes a considerable input into comprehension of these theories formation. They also play a key part in investigation of such philosophical scientific problems as: the methodological principles of physics, the "unreasonable effectiveness" of mathematics and analytical mechanics in physics.

**Keywords:** Noether's theorem, symmetry principles, conservation laws, variational principles, interconnection «symmetry-conservation», methodological principles of physics, Noetherian structure of theory, special theory of relativity, general theory of relativity.

---

<sup>7</sup> E-mail: [vlvizgin@gmail.com](mailto:vlvizgin@gmail.com)

---

## ГЕНЕЗИС СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ: ИНТЕРТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Р.М. Нугаев

В статье сделана такая попытка по-иному взглянуть на генезис специальной теории относительности, которая позволяет обеспечить целостное понимание эйнштейновских работ 1905 г., раскрывающее их взаимосвязи и логику перехода от одной работы к другой. Утверждается, что специальная теория относительности была лишь этапом реализации программы согласования максвелловской электродинамики, статистической механики и термодинамики, главное место в которой занимала статья Эйнштейна по световым квантам. Показано, что действительная эйнштейновская стратегия объединения основывалась в 1905 г. на оригинальном сплаве принадлежащего Маху принципа экономии мышления с элементами кантовской эпистемологии.

**Ключевые слова:** интертеоретический контекст, специальная теория относительности, гипотеза световых квантов, единство природы, Мах, Кант.

### Введение

Общеизвестно, что творчество Эйнштейна, особенно после создания общей теории относительности (ОТО), было посвящено созданию единой теории, объединяющей все известные тогда взаимодействия. Неудивительно, что поиски Эйнштейном единства в природе ассоциируются, как правило, скорее с этими попытками, нежели с ранними его работами. Тем не менее, я убежден в том, что зрелая эйнштейновская стратегия объединения выросла из его ранних работ и, прежде всего, из его попыток создания в 1905 году специальной теории относительности (СТО) и особенно из его гипотезы световых квантов. В самом деле, эйнштейновская статья 1905 года по световым квантам начинается с раскрытия «глубокого формального противоречия между теоретическими представлениями, которые физики сформировали о газах и других весомых телах, и максвелловской теорией электромагнитных процессов в так называемом пустом пространстве» [1. Р. 86]. Эта статья прямо ставит своей целью объединение основных исследовательских традиций классической физики. Более того, следующая статья 1905 года, посвященная СТО, начинается с выявления «глубокой асимметрии» [2. Р. 140] в описании явления электромагнитной индукции.

*Цель данной статьи* – сделать следующий шаг по выявлению влияния идей объединения на все работы Эйнштейна 1905 года. *Второй* раздел посвящен анализу тех проблем объединения, решение которых подвело Эйнштейна к работам 1905 года. *Цель третьего* раздела – раскрыть генезис гипотезы световых квантов и СТО. *Цель четвертого* раздела – ответить на во-

прос: в чем состояли теоретико-методологические предпосылки, приведшие Эйнштейна к гипотезе световых квантов и СТО.

## 1. Эйнштейн, Гельмгольц, Герци Вебер

Благодаря кантианскому эпистемологическому фундаменту максвелловская программа должна была особенно интенсивно развиваться в Германии [3]. Так и случилось. Максвелловская попытка найти разумный компромисс между тремя исследовательскими традициями – Юнга-Френеля, Фарадея и Ампера-Вебера – была подхвачена Г. Гельмгольцем и его учеником Г. Герцем. В гельмгольцевской парадигме (1870) заряды и токи рассматривались как источники электрических и магнитных полей [4; 5].

После Максвелла, Гельмгольца, Герца и Лоренца решением этой проблемы занялся и Эйнштейн. В письме от 10 августа 1899 года Милеве Марич студент цюрихского политехникума признается своей невесте:

«Я все более и более убеждаюсь в том, что электродинамика движущихся тел в том виде, как она представлена сегодня, неверна и что должно быть возможным представить ее более простым образом. Введение понятия “эфир” в теории электричества привело к понятию о веществе, движение которого невозможно описывать физически осмысленным образом. Я полагаю, что электрические силы могут быть непосредственно определены только для пустого пространства... Электродинамика должна поэтому быть теорией движения электричеств и магнетизмов в свободном пространстве» (цит. по [6. P. 131]).

Судя по всему, именно опубликованная в 1890 г. герцевская статья “*Uber die Grundgleichungen der Elektrodynamik fur bewegter Korper*” [7] была источником заголовка статьи по СТО: “*die Elektrodynamik bewegter Korper*”.

Но Эйнштейн не был послушным учеником Герца; с самого начала своей научной карьеры он сомневался в той роли, которую играли в электродинамике ‘des Namens Aether’. Тем не менее его скептицизм относился только к герцевскому пониманию эфира как среды, находящейся в определенном состоянии движения, но не к самому понятию эфира. Понятию «электрические массы» Эйнштейн придавал определяющее значение и рассматривал электрические токи как перемещения электрических зарядов в пустом пространстве, но отнюдь не как ‘Verschwindenelektrische Polarisations- inder Zeit’.

Эйнштейновские воззрения восходили к лекциям по теории электричества, которые читались в цюрихском политехникуме проф. Г.Ф. Вебером [6. P. 223–225]. «Субстанциональный» подход к электричеству зародился в Германии в работах Вильгельма Вебера и развивался в работах многих представителей немецкой школы, к которым относился и проф. Г.Ф. Вебер. Поэтому Эйнштейн и завершил цитирувавшееся выше письмо указанием на необходимость ‘Strahlungsversuche’ для выбора между двумя точками зрения, а в следующем его письме Милеве от 10 сентября 1899 г. упоминается пла-

нируемый эксперимент по изучению влияния эфира на распространение света в движущихся сквозь него телах.

Эйнштейновский профессор физики никакого интереса к этой работе не проявил, что, судя по всему, и объясняет то, что в течение последующих двух лет Эйнштейн в своей переписке ни разу о ней не упомянул. Тем не менее ‘dieprinzipielle Trennung von Lichtaether und Materie, Definition absoluter Ruhe’ находились среди проблем, которые он обсуждал со своим другом Мишелем Бессо (письмо Марич от 4 апреля 1901 г.). В марте 1901 г. Альберт пишет Милеве, что он подумывает о завершении “unsere Arbeit über die Relativbewegung”. Но уже в декабре Эйнштейн ‘arbeitsfähig’ от “die Elektrodynamikbewegter Körper”, которая обещает статью “eine kapitale Abhandlung” (письмо Марич от 17 декабря 1901). Ошибка в вычислениях ранее привела к тому, что он стал сомневаться в справедливости его ‘Ideen über die Relativbewegung’, но теперь Эйнштейн начинает верить в них «даже сильнее, чем раньше». Ему удается разъяснить свои идеи проф. Клейнеру, и последний «полагает, что предлагаемый мной метод является наипростейшим и наиболее подходящим и разумным. Этот успех оказал на меня самое благоприятное впечатление. Я обязательно напишу статью в ближайшие недели» (письмо Марич от 19 декабря 1901 [6. Р. 189]).

Но, несмотря на воодушевляющую оценку Клейнера и на собственный энтузиазм, Эйнштейн так ничего об этом не опубликовал в течение трех лет – вплоть до июня 1905 г. – Почему? – Эйнштейн действительно интенсивно работал над «капитальным мемуаром» по электродинамике движущихся тел уже в конце 1901 года. Но затем он оставил свои занятия и вернулся к ним только в 1905 году. Что же случилось за это время и почему Эйнштейн из сдержанного сторонника эфира стал его злейшим врагом?

Для ответа на эти вопросы необходимо сначала вспомнить эйнштейновскую уничижительную оценку своего творчества – «мои ничего не стоящие ранние статьи» (цит. по [8]). Имеющиеся данные [9] свидетельствуют о том, что планировавшийся “kapitale Abhandlung” был чрезвычайно далек от знаменитой статьи 1905 года по СТО. Вместе с тем сегодня мы знаем наверное [10], что Эйнштейн пришел к своим главным результатам по СТО вследствие некоего «внезапного порыва вдохновения» и только после того, как он завершил свои предыдущие весенние статьи 1905 года. Отвечая на прямой вопрос биографа Карла Зелига, Эйнштейн вспоминал: «Между основной идеей специальной теории относительности и завершением соответствующей опубликованной позже работы прошло всего пять или шесть недель» [11. Р. 114].

## 2. Как Эйнштейн пришел к гипотезе световых квантов и к СТО?

Опубликованная в 1905 г. статья по СТО [2] начинается с констатации «глубокой асимметрии» в описании явления электромагнитной индукции. Опыт свидетельствует о том, что ток, индуцированный в проводнике дви-

жущимся магнитом, зависит только от относительного движения магнита и проводника. Однако теория Максвелла–Лоренца объясняет это явление двумя качественно *разными* способами, которые загадочным образом приводят к одному и тому же результату.

Но Альберт Эйнштейн не был ни первым, ни единственным исследователем, обнаружившим асимметрию в описании индукционного феномена. В 1885 году она была замечена Оливером Хевисайдом и независимо от него телеграфным инженером Толвером Престоном, в 1894 году – Германом Фешлем, а в 1898 году – самим Вильгельмом Вином [12. Р. 377]. Важно не то, почему Эйнштейн заметил асимметрию, а то, что сделало его таким нетерпимым к ней. Я полагаю, что ключ к ответу на этот вопрос лежит в других работах Эйнштейна, и прежде всего в статьях, опубликованных им в 1905 году. До 1905 года у Эйнштейна не было ни одной публикации, посвященной проблемам оптики и электродинамики движущихся тел. И именно Эйнштейн более глубоко раскрыл основное противоречие между основными исследовательскими традициями классической физики в статье [1] «*Об одной эвристической точке зрения, касающейся излучения и преобразования света*», опубликованной в том же журнале “*Annalen der Physik*”, но за три месяца до статьи по специальной теории относительности. Обратимся к началу этой статьи: «Существует *глубокое формальное противоречие* между теоретическими представлениями физиков о газах и других весомых телах и максвелловской теорией электромагнитных процессов в так называемом пустом пространстве».

В чем это противоречие состоит?

«В то время как мы полагаем, что состояние тела полностью определяется положениями и скоростями хотя и очень большого, но ограниченного количества атомов и электронов, мы используем для определения состояния электромагнитного поля непрерывные пространственные функции, так что конечное число переменных не может считаться достаточным для полного определения электромагнитного поля в пространстве».

Но это противоречие может привести к ситуации, когда «теория света, оперирующая непрерывными функциями в пространстве, придет в противоречие с опытом, будучи применена к явлениям образования и преобразования света». Поэтому «я полагаю, что наблюдения чернотельного излучения, фотолюминесценции, образования катодных лучей и других явлений могут быть лучше объяснены, исходя из предположения, согласно которому энергия света прерывно распределена в пространстве».

И в первой части статьи Эйнштейн демонстрирует, каким образом совместное применение механических и электродинамических «теоретических картин» для описания чернотельного излучения не только приводит к противоречиям с экспериментом (а у него нет даже ссылок на работы Люммера и Принсгейма и Рубенса и Курльбаума), но приводит к *парадоксу*, который не может быть устранен обычными методами. Для этого Эйнштейн рассматривает воображаемую полость, содержащую свободное электромаг-

нитное поле, молекулы газа и герцевские резонаторы. В результате получается, что совместное применение механики и электродинамики неизбежно приводит к закону Рэля–Джинса. Но «это соотношение, которое мы нашли как условие термодинамического равновесия, *не только не согласуется с экспериментом*, но также показывает, что в нашей картине невозможно определенное распределение энергии между эфиром и материей», поскольку «чем больше интервал частот резонаторов, тем больше становится энергия излучения в пространстве, и в пределе мы получаем

$$\int_0^{\infty} \rho_v dv = (R/N) (3\pi/L^3) \int_0^{\infty} v^2 dv = \infty.$$

Несмотря на то что часто в литературе утверждается, что статья [1] была написана Эйнштейном для объяснения фотоэффекта, более тщательное ее изучение показывает, что это не совсем так. Измерения этого эффекта, произведенные к тому времени, не были достаточно точны для однозначного указания на отклонения от предписанного классикой поведения [13]. Эйнштейн обращался к данным по флюоресценции, фотоэлектричеству и фотоионизации только как к *косвенным* свидетельствам в пользу выдвинутого им тезиса. Напротив, то, что его занимало более всего, – это фундаментальное противоречие встречи между механикой и электродинамикой [9; 14].

*Но почему это противоречие так его занимало?* – Согласно «Автобиографическим Заметкам», «Я усматриваю подлинное величие Маха в его неподкупном скептицизме и независимости; однако в мои молодые годы эпистемологическая позиция Маха также оказала на меня громадное влияние» [14. Р. 21].

Известно, что тем ключевым элементом махистской эпистемологии, который влиял на творчество Эйнштейна начиная с 1897 г. и до последних дней, был знаменитый *Принцип экономии мышления* [15. Р. 6].

Соответственно, и Эйнштейн признавал, что «теория относительности возникла из попыток улучшить, с точки зрения логической экономии, основания физики в том виде, в каком они существовали на рубеже веков» [16. Р. 329].

Вполне здравое объяснение тех мотивов, которые лежали не только в основе СТО, но и других работ 1905 года мы можем найти в самих эйнштейновских «Автобиографических Заметках». Первый этап «революции, начатой с введения поля» [14. Р. 37] состоял в изобретении и упрочении максвелловской электродинамики. Все домаксвелловские попытки описания физических взаимодействий были теориями взаимодействий между несколькими материальными точками. Благодаря Фарадею и Максвеллу в классическую физику вошло электромагнитное поле в качестве элемента физической реальности, обладавшего равными правами с материальной точкой. Возникшая в итоге проблемная ситуация характеризовалась «дуализмом, состоящим в том факте, что материальная точка в ньютоновском смыс-

ле и поле как континуум используются как элементарные понятия рука об руку. Кинетическая энергия и энергия поля оказываются существенно различными вещами» [14. Р. 37]. Как неизбежное следствие этого дуализма «разразился фундаментальный кризис, вся серьезность которого была внезапно осознана благодаря исследованиям Максом Планком теплового излучения (1900)» [14. Р. 37].

Стиль мышления Макса Планка [ $E = h\nu$ ] явно противоречил основам механики и электродинамики, из которых исходили его вычисления. Правда, «мой собственный интерес был: какие общие следствия могут быть выведены из радиационной формулы... имеющие отношения к структуре излучения и даже более к *электромагнитным основаниям физики?*» [14. Р. 47].

Эйнштейновское внимание в первой статье 1905 года к теории квантов было обусловлено ее способностью объединить максвелловскую электродинамику с больцмановской статистической механикой. Он и начал свою статью с того, что волновало его более всего, – раскола в основаниях физики, ощущавшегося особенно чувствительно в лоренцевской теории электронов. Но как Эйнштейн собирался устранять возникшие противоречия [1]?

Для ответа на этот вопрос обратимся к тем работам Эйнштейна, которые были опубликованы им до 1905 года ([17–20]). Все они имеют одну общую особенность – статистико-термодинамический подход. Но еще Томас Кун показал, что то, что привело Эйнштейна к идее фотона, было результатом последовательной реализации определенной исследовательской программы, начатой в 1902 году, программы «настолько независимой от Планка, что она неминуемо должна была привести к закону излучения черного тела даже в том случае, если бы Планка не было на свете» [20. Р. 171].

Работа [1] по Куну явилась закономерным этапом развития исследовательской программы статистической термодинамики. Ее содержание убедительно свидетельствует о том, что Эйнштейн начал искать свой собственный закон чернотельного излучения, что он быстро натолкнулся при этом на парадокс – противоречие между статистической механикой и максвелловской электродинамикой, и что он оставил поиск закона чернотельного излучения для того, чтобы целиком заняться парадоксом. Все это ясно из начала самой статьи, которое мы уже процитировали. Первая часть [1] заканчивалась описанием «ультрафиолетовой катастрофы». Как же Эйнштейн разрешил парадокс?

Во второй части [1] Эйнштейн применил термодинамику ( $dS = 1/T$ ), статистическую механику ( $S = k \log W$ ) и максвелловскую электродинамику ( $E = \int \rho_v dV$ ) для описания области эмпирической реальности, охватываемой законом излучения Вина. Совместное применение трех наиболее фундаментальных классических теорий позволяет Эйнштейну прийти к явно дедуктивному умозаключению: если монохроматическое излучение с частотой  $\nu$  и энергией  $E$  содержится в объеме  $V_0$ , то вероятность  $W$  того, что в любой момент времени вся энергия излучения будет находиться в части  $V$  объема  $V_0$  дается выражением

$$W = (V/V_0)^{E/h\nu}. \quad (i)$$

В этой же работе Эйнштейн показал, что в случае  $n$  движущихся независимо друг от друга частиц в объеме  $V_0$  вероятность их одновременного обнаружения в  $V$  есть

$$W = (V/V_0)^n. \quad (ii)$$

Сравнивая (i) and (ii), Эйнштейн приходит к выводу, что «монохроматическое излучение малой плотности ведет себя в термодинамическом отношении так, как если бы оно состояло из отличных друг от друга независимых квантов энергии величиной  $h\nu$ » [22].

Но все имевшиеся в 1905 году экспериментальные данные – по флюоресценции, фотоэлектричеству и фотоионизации – обеспечивали только *косвенные* свидетельства в пользу квантовой гипотезы. Поэтому для проверки революционной гипотезы квантов Эйнштейн вынужден был произвести «критический эксперимент» весьма необычного типа: сравнить квантовые результаты с выводами другой «старой» теории, независимой от [1]. Важно, чтобы эта теория была достаточно «старой» для того, чтобы аккумулировать результаты многих надежных экспериментов. В случае совпадения результатов последние должны обеспечить особенно достоверную верификацию. В противном случае, в случае несовпадения, теория [1] будет фальсифицирована не одним «критическим» экспериментом, а целым кластером хорошо подтвержденных экспериментальных данных.

Поэтому следующая работа 1905 года – [23] – оказывается необходимой для верификации первой статьи 1905 года – работы [1]. В [23] Эйнштейн развил принципы броуновского движения, которые были непосредственно подтверждены в опытах Перрена. Значимость результатов [23–24] для работы [1] была отмечена Эйнштейном позже: в письме Макс фон Лауэ от 17 января 1952 г. Эйнштейн признавал: «Но в 1905 году я уже знал наверное, что теория Максвелла приводит к неправильному выражению для флуктуаций давления излучения, и следовательно, к неправильным выражениям для броуновского движения зеркала в полости, содержащей планковское излучение» (цит. по [10. Р. 177]).

Этот очевидный еще в 1905 году для Эйнштейна результат был продемонстрирован научному сообществу в 1909 году, когда Эйнштейн применил разработанную им теорию броуновского движения к броуновскому движению двустороннего зеркала, помещенному в полость с тепловым излучением. Он показал, что зеркало не будет способно участвовать в броуновском движении в том случае, если флуктуации давления излучения на его поверхности будут обусловлены действиями случайных волн, которые предсказываются теорией Максвелла. Но только наличие дополнительного члена, соответствующего флуктуациям давления излучения со стороны случайных частиц, может гарантировать броуновское движение зеркала. Эйнштейн по-



казал, что сходные члены в выражении для флуктуации энергии являются следствиями закона Планка. Для нас важно, что он рассматривал явления флуктуации как *самый сильный аргумент* в пользу физической реальности гипотетических световых квантов [14]. Только *после* этого «критического эксперимента», то есть только *после* работы [23], Эйнштейн мог начать рассматривать следствия из гипотезы световых квантов; поэтому он и вернулся к позабытому “unsere Arbeit über die Relativbewegung”, eine “kapitale Abhandlung”. В самом деле, «если монохроматическое излучение (достаточно малой плотности) в смысле зависимости энтропии от объема ведет себя как дискретное вещество, состоящее из квантов энергии  $R\beta v/N$ , встает вопрос: не являются ли и законы возникновения и преобразования света такими, как если бы он состоял из сходных квантов энергии?» [1. Р. 236].

Таков вопрос, поставленный Эйнштейном в конце одного из разделов [1]. Но положительному ответу на этот вопрос препятствует концепция эфира. Именно она затрудняет реализацию статистико-термодинамического подхода [1. Р. 236]. Для создания квантовой теории излучения нужны электромагнитные поля в качестве независимых сущностей, которые могут излучаться источником «в точности как в эмиссионной теории Ньютона». (То есть энергия, передаваемая в процессе излучения, не должна рассеиваться в пространстве, но должна полностью сохраняться вплоть до элементарного акта поглощения). Но в рамках лоренцевской исследовательской программы электромагнитное поле рассматривается как особое состояние эфира – состояние среды, непрерывно распределенной в пространстве. Элементарный процесс излучения связан в такой среде только со сферической волной (см. также [25]).

Многие эйнштейновские современники также полагали, что отвержение эфира неизбежно ведет к корпускулярным теориям [26. Р. 393; 27. Р. 111; 28]. Тем не менее, необходимо подчеркнуть, что отказ от эфира и принятие «эмиссионной теории» еще отнюдь не тождественны принятию двух постулатов СТО.

Отказ от эфира и принятие эмиссионной теории ведут к «баллистической гипотезе» Ритца (1908). Согласно этой гипотезе, скорость кванта должна зависеть от скорости его источника. В теории Ритца скорость света непостоянна, но равна  $v + c$ , где  $v$  – это относительная скорость наблюдателя относительно источника. Но это, конечно, плохо согласовывалось с полевой концепцией, на которой основывалась максвелловская электродинамика. В самом деле, в теории Максвелла конечная скорость электромагнитных возмущений в вакууме не зависела от их формы и от скоростей их источников.

В теории Лоренца этой проблемы не существовало *в принципе*. В системе отсчета, покоящейся относительно эфира, свет распространялся с постоянной скоростью, которая не зависела от скорости источника. Здесь уместна гидродинамическая аналогия – с волнами на воде, когда в первом приближении их скорости не зависят от скорости производящего их корабля. Поэтому если кто-то собирается отказаться от идеи эфира, но сохранить

теорию Максвелла в то же время хотя бы в первом приближении, он должен отбросить баллистическую гипотезу и постулировать специальный «*принцип постоянства скорости света*». Позже, в апреле 1922 г., Эйнштейн признавался Вискардини: «я отверг эту [эмиссионную] гипотезу в то время, поскольку она ведет к чудовищным теоретическим трудностям (например, к образованию тени экраном, который движется по отношению к источнику света)» (цит. по [29. Р. 182]).

Второй базовый постулат СТО – «принцип относительности» – немедленно следует из того «факта», что эфира и, следовательно, абсолютной системы отсчета не существует. Эти два постулата – принцип относительности и принцип постоянства скорости света – вполне достаточны, согласно Эйнштейну, для создания электродинамики движущихся тел. Но для того чтобы «теория, основанная на этих двух постулатах, не приводила к противоречивым следствиям, необходимо отказаться от принятого правила сложения скоростей» [30].

В самом деле, обратимся еще раз к «*Автобиографическим Заметкам*». «Вновь и вновь отчаянно пытался отыскать истинные законы при помощи *конструктивных* попыток, основанных на известных фактах. Но чем больше я старался, тем больше я приходил к убеждению, что только открытие *универсального формального принципа* может привести нас к достоверным результатам. *Образцом, который я видел перед собой, была термодинамика*» (Курсив наш. – Р.Н.) [14. Р. 51].

Последний пункт нуждается в уточнении за счет обращения к основному эйнштейновскому источнику информации по истории физики – к маховской «*Механике*». Но в этой книге наиболее разработанный, образцовый пример взаимосвязи второго начала термодинамики и принципа экономии мышления – это анализ конструирования Стевином (1548–1620) теоретической схемы статики. В книге “*Hyponemata Mathematica*” (Лейден, 1605) Стевин исследовал механические свойства наклонной плоскости. Его конечная цель состояла в нахождении универсального теоретического принципа, который можно было бы применить к частным случаям, допускающим количественную обработку. Для постановки своего мысленного эксперимента, необходимого для выдвижения общего принципа, Стевин конструирует идеальную модель, содержащую треугольную призму [31]. На призме размещена бесконечной длины струна, к которой привязаны 14 одинаково весящих шаров, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга. (Струна может быть с успехом заменена бесконечной однородной цепью.)

Цепь и длина или находятся в равновесии, или нет. В последнем случае цепь, в силу того, что условия события в ходе движения не изменяются, если она находится в движущемся состоянии, будет продолжать двигаться всегда. Иными словами, она должна представлять вечное движение, что с очевидностью представляется Стевину абсурдным. Поэтому реальным представляется только первый случай, и *цепь всегда остается в равновесии*.

В основной предпосылке, из которой исходит Стевин, что бесконечная цепь не движется, содержится только *чисто инстинктивное* знание. Он чув-

ствуем, и мы вместе с ним, что мы никогда не наблюдали что-либо похожее на движение вышеупомянутой цепи. Это убеждение обладает такой большой логической последовательностью, что мы принимаем выводы из него, относящиеся к закону равновесия на наклонной плоскости, даже не помыслив о возражении, даже *несмотря на то, что закон репрезентуется автором как непосредственное обобщение экспериментальных данных*. Мы не можем этому удивляться, когда замечаем, что результаты действительных экспериментов затемняются случайными обстоятельствами (трение и т.д.), и что каждая гипотеза, относящаяся к определяющим условиям, может оказаться в данном случае ошибочной. В итоге Стевин приписывает инстинктивному знанию этого типа *большую достоверность*, чем простым, непосредственным, прямым наблюдениям!

И тогда мы вынуждены задать себе следующий вопрос: *откуда берется эта высшая достоверность?* Если мы вспомним, что и научные демонстрации, и научный критицизм могут в общем случае быть обязаны своему существованию осознанию индивидуальной погрешимости исследования, искомое объяснение может быть получено без особого труда. Мы отчетливо осознаем, что мы сами по себе ничего не внесли в создание этого «*Инстинктивного Знания*» и что оно существует как бы само по себе, независимо от нашего участия.

Согласно «*Механике*», стевиновский вывод является одним из редких показателей того, чем мы обладаем в истории генезиса механического мировоззрения, и этот вывод высвечивает сам процесс появления научного знания из инстинктивного. Маху ясно, что именно сплав сильнейшего инстинкта с величайшей способностью к абстрактному мышлению и делает ученого великим исследователем [15. Р. 27].

Но каким образом это «инстинктивное знание» возникает и каково его содержание?

– Все, что мы наблюдаем в природе оставляет в наших идеях и восприятиях непонятый и непроанализированный нами отпечаток. В этом аккумулярованном таким образом опыте мы, с одной стороны, обладаем такой «кладовой», которая всегда под руками, но, с другой, – только самая малая часть ее воплощена в ясном и артикулированном виде. То обстоятельство, что нам гораздо легче апеллировать именно к этому опыту, чем к самой природе, и что опыт этот свободен, в указанном выше смысле, от всякой субъективности, *наделяет его высокой значимостью*. «Специфическая особенность инстинктивного знания состоит в том, что оно по природе негативно» [15. Р. 28].

Мы не столько можем предвидеть то, что должно случиться, сколько то, что случиться не может. Более того, утверждает Мах, другая специфическая черта, особенно значимая для философии науки, состоит в том, что способ рассуждения Стевина оказывает на нас такое большое влияние потому, что результат, к которому он приходит, содержит больше, чем предпосылка, из которой он исходит. Далее, часто в процессе развития науки слу-

чается так, что новый принцип, воспринимаемый неким исследователем в связи с фактом, не получает немедленного признания и не рассматривается в качестве общеизвестного и справедливого во всех случаях. Если же мы, сквозь все факты, *ясно и отчетливо* различаем принцип, который, даже не будучи доказанным, тем не менее, известен в качестве *преобладающего*, то это значит, что мы гораздо далее продвинулись по направлению к созданию согласованной концепции природы, чем если бы мы имели какую-либо специфическую демонстрацию.

В итоге «в гораздо большей степени согласуется с *экономией мышления* и с эстетикой науки – прямо признать принцип (скажем, статических моментов) в качестве ключа к пониманию *всех* фактов какого-либо раздела научного знания, и *действительно* видеть, как он *пронизывает* все эти факты, чем чувствовать себя обязанным произвести неуклюжую и сомнительную дедукцию его из незабвенных предпосылок, которые обладают лишь тем преимуществом, что оказались известными нам ранее» [15. Р. 82].

Я полагаю, что *все рассмотренные выше рецепты Маха–Стевина были искусно использованы Эйнштейном при формулировке основного принципа СТО = принципа относительности*. При этом мы должны прежде всего иметь в виду, что, в силу ультрареволюционного и крайне спекулятивного характера гипотезы световых квантов, Эйнштейн не мог позволить себе исходить из этой гипотезы прямо и непосредственно. Поэтому он искусно использовал описанную выше технику Стевина–Маха для позиционирования своей «электродинамики движущихся тел» в *феноменологическом виде*. Мы должны особо отметить при этом негативный характер принципа относительности и ту изошренную манеру связи с экспериментами и наблюдениями, которая гораздо ближе к инстинктивному знанию, чем к грубому индуктивистскому способу вывода.

Обратимся к началу статьи по СТО: «Примеры подобного рода, а также провал попыток обнаружения движения Земли по отношению к “светоносной среде” ведут к *предположению*, что не только в механике, но также и в электродинамике эти явления *не имеют никаких* свойств, относящихся к понятию абсолютного покоя, но что во всех системах координат, для которых справедливы уравнения механики, также справедливы те же электродинамические и оптические законы, как уже было показано для величин первого порядка. Мы поднимем это предположение (содержание которого далее будет называться “принцип относительности”) до статуса постулата и введем дополнительно постулат, который только на первый взгляд может показаться несовместимым с первым, что в пустом пространстве свет всегда распространяется с определенной скоростью  $V$ , которая не зависит от состояния движения излучающего тела» (Курсив наш. – Р.Н.) [1. Р. 140].

Именно апелляция к *инстинктивному знанию* легко объясняет тот факт, что статья 1905 года по СТО стоит особняком в мировой научной литературе по *полному отсутствию сносок*.

В силу того что, в соответствии с «*Автобиографическими Заметками*», эйнштейновская новая теория была создана в результате встречи нью-

тоновской механики и максвелловской электродинамики, ее базис должен состоять из минимального количества двух постулатов – (I) первого выведенного из классической механики (принцип относительности [32. Р. 369]) и (II) второго перенесенного из электродинамики Максвелла–Лоренца (принцип постоянства скорости света [16. Р. 370]).

Именно это и было сделано в статье «*К электродинамике движущихся тел*» [2], опубликованной через несколько месяцев *после* фотонной статьи [1]. Эйнштейн вскрыл молчаливое допущение, лежавшее в основе закона сложения скоростей Галилея, согласно которому утверждения о времени, а также о размерах движущихся тел имеют смысл, не зависящий от состояния движения системы отсчета. Он показал, что совместное принятие «принципа относительности» (I) вместе с «принципом постоянства скорости света» (II) эквивалентно модификации понятия одновременности и запаздыванию часов в движущейся системе отсчета. Важно отметить, что с самого начала Эйнштейн не был праздным мыслителем, размышляющим о сущности пространства и времени. Он *вынужден был* заняться подобными размышлениями в процессе согласования принципа относительности с принципом постоянства скорости света.

Но если все сказанное выше справедливо, неизбежно встает вопрос: *почему в своей статье по СТО Эйнштейн не сослался на свою предыдущую статью по световым квантам?*

В письме, посланном в 1905 г. своему другу Конраду Габихту, сопровождавшем отписки только что опубликованных в «*Annalen der Physik*» статей, Эйнштейн называет свою статью по световым квантам «очень революционной», в то время как статья по СТО удостоивается лишь характеристики «интересной в своей кинематической части». Современники оценивали эти работы сходным образом: «революционный дух ощущается наиболее полно в теории излучения» [32]. Поэтому *ссылка в статье, вводящей важные изменения преимущественно метафизического характера, на гипотезу, которая содержала поистине революционные изменения, к тому же очевидно противоречившие теории Максвелла, едва ли могла усилить аргументацию*. Сам Эйнштейн на первом сольвеевском конгрессе вынужден был признать «временный характер этого понятия (световых квантов), который не кажется совместимым с экспериментально подтвержденными следствиями волновой теории» (цит. по [33. Р. 884]). На самом деле ситуация была еще хуже, поскольку отсутствовали *прямые* экспериментальные подтверждения гипотезы световых квантов. Они появятся только в 1923 г. (эффект Комптона). Поэтому светила немецкой науки, при избрании Эйнштейна в берлинскую академию наук, вынуждены были оговориться: «...то, что он иногда попадал в своих спекуляциях мимо цели, как, например, в случае гипотезы световых квантов, не должно слишком сильно ставиться ему в вину» [34. Р. 377]. В то же самое время статья по СТО характеризовалась академиками как «знаменитая работа», представлявшая его *основной* вклад в науку.

Но ситуация неопределенности не могла длиться долго. Эйнштейн вынужден был раскрыть связь между [1] и [2] четырьмя годами спустя.

В 1909 году, в Зальцбурге, он сделал доклад на 81-м заседании Общества немецких естествоиспытателей и физиологов под весьма многообещающим заголовком «*О развитии наших взглядов на природу и структуру излучения*». Этот доклад представлял собой практически первую попытку Эйнштейна проанализировать все свои работы в целом. Доклад начинается с краткого изложения теории светоносного эфира, заканчивающегося важной фразой: «Тем не менее, сегодня мы должны считать гипотезу эфира *устаревшей*».

Почему? – Я хочу подчеркнуть, что для ответа на этот вопрос Эйнштейн обращается не к экспериментам Майкельсона и Морли или Физо, а к тому, что «невозможно отрицать, что существует обширная группа фактов, относящихся к излучению, которые показывают, что свет обладает определенными фундаментальными свойствами, которые гораздо лучше могут быть поняты с точки зрения *ньютоновской эмиссионной теории* света, чем с точки зрения волновой теории. Поэтому я считаю, что следующая фаза развития теоретической физики принесет нам такую теорию света, которая будет слиянием волновой и эмиссионной теорий света» [25. Р. 379].

### 3. Теоретико-методологические предпосылки работ 1905 года

Сказанное выше не означает, что в 1905 году Эйнштейн был законченным махистом, неспособным черпать из других эпистемологических источников. Вовсе нет. Расхождения во мнениях с Махом проявлялись не только в развитии атомной теории при рассмотрении броуновского движения [23], но и в не менее упорной разработке сходной идеи «световых атомов» – фотонов ([1]; см. также [35. Р. 302]). Для более глубокого понимания причин этих расхождений необходимо оценить действительную философскую позицию Эйнштейна. Последняя может быть названа «эkleктизмом», и мы не можем проигнорировать знаменитый отрывок из «*Ответа на критику*» [36. Р. 684]. Более точно эйнштейновская философия науки может быть охарактеризована как своеобразный сплав элементов, позаимствованных из таких источников, как эмпиризм Маха, конвенционализм Дюгема и неокантианство [29].

Тем не менее, выдвинутая в 1905 году гипотеза световых квантов была *конструктивистской* моделью излучения; не случайно позже Эйнштейн следующим образом отзывался о наследии Маха: «Он [Мах] не рассматривал в правильном свете *существенно конструктивную* и спекулятивную природу как всего мышления, так и особенно научного мышления; из-за этого он осуждал теорию именно в тех пунктах, в которых *конструктивно-спекулятивный* характер особенно бесспорен, как это имело место в кинетической теории атомов» (Курсив наш. – Р.Н.) [14. Р. 13].

Конструктивистский характер гипотезы световых квантов значительно сближает мысль Эйнштейна с кантовской эпистемологией, что не раз отмечалось многими «эйнштейноведами» [37. Р. 380; 38. Р. 390; 39. Р. 49]. Эйнштейн многократно подчеркивал, что основные понятия науки являются

«свободными творениями человеческого ума». В этом отношении взгляды Эйнштейна с очевидностью близки к взглядам Канта. Согласно кантовской эпистемологии, важнейшая особенность математического познания, лежащего в основе теоретического естествознания, – в том, что математика развивается за счет *конструирования* понятий на основе тесно связанного с понятием *интуитивного* его содержания. Последнее не сводится только к аналитическим компонентам, являясь по существу синтетическим. Как ярко описал эту особенность выросший в неокантианской традиции Людвиг Витгенштейн, «математик не открывает, а изобретает».

Кантианский тезис об интуитивном характере математики означает сведение математики к оперированию такими объектами, которые могут быть сконструированы [40]. В этом смысле абстрактные объекты теории конституируются законами этой теории. А объективность научного знания связана не столько с существованием самих вещей, сколько с *объективностью отношений между ними*.

Соответственно, в работе [1], конструируя математический абстрактный объект «световой квант» из базисов максвелловской электродинамики и статистической термодинамики, Эйнштейн был озабочен отнюдь не поисками «сущностей» радиационных феноменов. Его в гораздо большей степени интересовала проблема согласования основных исследовательских традиций классической физики, то есть максвелловской электродинамики, статистической механики и термодинамики. Вспомним, как в своем знаменитом коллективном предложении о выдвижении Эйнштейна в прусскую академию наук, Макс Планк, Вальтер Нернст и др. подчеркивали, что «Эйнштейн обладает особым талантом проникновения в суть выдвигаемых другими учеными новых идей и поразительно точной оценкой их отношения друг к другу и к опыту» (Дос. № 445 из [7. P. 338]).

Хорошо известно, что эволюция философских идей Эйнштейна после создания ОТО (1915) проходила в направлении отхода от юмовского и махистского эмпиризма в сторону неокантианской философской традиции, представленной Вейлем, Эддингтоном, Кассирером, Гуссерлем и др. и математической спекулятивной методологии, нашедшей свое выражение в ряде теорий объединения. Но я и не пытаюсь здесь утверждать, что в 1905 году Эйнштейн был законченным неокантианцем, пытавшимся внедрить абстрактные и туманные положения «*Критики чистого разума*» в свою исследовательскую практику. Тем не менее, кантианские корни поздней эйнштейновской методологии лежат в его плодотворных попытках примирить в 1905 году основные исследовательские традиции классической физики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Einstein Albert. Über eine die Erzeugung und verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Lesictpunkt // Annalen der Physik, 1905a, 17 : 132–48. English translation by Anna Beck // The Collected papers of Albert Einstein. Vol. 2: The Swiss years: writings, 1900–1909. – Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1989. – P. 86–103.*

2. *Einstein Albert*. Zur Elektrodynamik bewegter Körper // *Annalen der Physik*, 1905d, 17 : 891–921. English translation by Anna Beck in: *The Collected Papers of Albert Einstein*. Vol. 2. The Swiss years: writings, 1900–1909. – Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1989. – P. 140–171.
3. *Нугаев Р.М.* Генезис и становление максвелловской электродинамики: интертеоретический подход // *История науки и техники*. – 2013. – № 12. – С. 3–19.
4. *Nugayev Rinat M.* 2015. Communicative Rationality of the Maxwellian Revolution // *Foundations of Science*, 2014. P. 447–478.
5. *Helmholtz Hermann*. Wissenschaftliche Abhandlungen, Barth, 1882. – Vol. 1. – P. 611–628.
6. *Einstein Albert*. The Collected Papers of Albert Einstein. Vol. 1: The Early Years, 1879–1902. John Stachel et al. (eds.). – Princeton: Princeton University Press, 1987.
7. *Hertz Heinrich* (1890a) On the Fundamental Equations of Electromagnetics for Bodies at Rest // *Heinrich Rudolph Hertz*. *Electric Waves*. – L.: Macmillan, 1893. – P. 195–240.
8. *Einstein Albert, Marić Mileva*. The Love Letters / ed. and with an introduction by Jurgen Renn and Robert Sculmann. Transl. by Syawn Smith. Princeton University Press, 1992.
9. *Renn Jurgen, Schulmann Robert* (1992) Introduction // *Albert Einstein / Mileva Marić*. The Love Letters. ed. and with an introduction by Jurgen Renn and Robert Sculmann. – Princeton University Press, 1992.
10. *Rynasiewicz Robert*. The Construction of the Special Theory: Some Queries and Considerations // *Don Howard & John Stachel* (eds.) *Einstein. The Formative Years, 1879–1909*. – Birkhauser-Boston, 2000. – P. 159–201.
11. *Seelig Carl*. *Albert Einstein. Leben und Werk Eines Genies Unserer Zeit*. – Europa Verlag, 1960.
12. *Darrigol Olivier*. *Electrodynamics from Ampere to Einstein*. – Oxford University Press, 2001.
13. *Ter Haar Dirk*. *The Old Quantum Theory*. – Oxford, Pergamon Press, 1967.
14. *Einstein Albert*. *Autobiographical Notes* // *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* / ed. P.A. Schilpp. – 1949. – Vols. 1–2. – P. 1–14, Evanston, IL.
15. *Mach Ernst*. 1893. *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of its Developments*. – La Salle: Open Court, 1999.
16. *Einstein Albert* 1940. *The Fundamentals of Theoretical Physics*, In: *Ideas and Opinions*. – New York: Crown Publishing Inc., 1954. – P. 323–330.
17. *Einstein Albert*. *Folgerungen aus den Capillazitatserhneinungen* // *Annalen der Physik*. – 1901. – Vol. 4. – P. 513–523.
18. *Einstein Albert*. *Über die thermodynamische Theorie der Potentialdifferenz zwischen Metallen und vollständigdissoziierten Lösungen ihrer Salze und über eine elektrische Methode zur Erforschung der Molekularkräfte* // *Annalen der Physik*. – 1902. – Vol. 8. – P. 798–814.
19. *Einstein Albert*. *Eine Theorie der Grundlagen der Thermodynamik*. *Annalen der Physik*. – 1903. – Vol. 11. – P. 170–187.
20. *Einstein Albert*. *Zur allgemeinen molekularen Theorie der Wärme* // *Annalen der Physik*. – 1904. – Vol. 14. – P. 354–362.
21. *Kuhn T.S.* *Black-Body Theory and Quantum Discontinuity, 1894–1912*. – Oxford and New York, 1978.
22. *Dorling Jon*. *Einstein's Introduction of Photons: Argument by Analogy or Deduction from the Phenomena* // *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1971. – 221. – P. 8.
23. *Einstein Albert*. *Eine neue Bestimmung der Molekuldimensionen*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde der hohen philosophischen Fakultät... der Universität Zürich. – Bern: K.J. Wyss, 1905.
24. *Einstein Albert*. *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Warmer geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen* // *Annalen der Physik*. – 1905. – Vol. 322. – Issue 8. DOI: 10.1002/andp.19053220806.



25. *Einstein Albert*. *Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung* // *Physikalische Zeitschrift*. – 1909. – 10. – P. 817–825.
26. *Poynting John*. *Radiation Pressure* // *Philosophical Magazine*. – 1905. – Vol. 9, April.
27. *Snyder C*. *Das Weltbild der modernen Naturwissenschaft*. – Leipzig, Barth, 1907.
28. *Lodge O*. *Radioaktivität und Kontinuität*. – Leipzig, Barth, 1914.
29. *Howard Don*. *Einstein, Kant and the Origins of Logical Positivism* // *Language, Logic and the Structure of Scientific Theories: The Carnap – Reichenbach Centennial*. Wesley Salmon and Gideon Wolters (eds.). – Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1994. – P. 45–105.
30. *Einstein Albert*. *Principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne* // *Archives des Sciences Physique et Naturelles*, 1910. – 29. – P. 125–144.
31. *Степин В.С.* *Теоретическое знание*. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
32. *Einstein Albert*. *Relativity and the Problem of Space* // *Ideas and Opinions*. – New York: Crown Publishing Inc., 1954. – P. 360–370.
33. *Mac Laren Samuel*. *The Theory of Radiation* // *Philosophical Magazine*. – 1913. – Vol. 25, January.
34. *Pais Abraham*. *Einstein and the Quantum Theory* // *Reviews of Modern Physics*. – 1979. – 51. – P. 863–914.
35. *Einstein Albert*. *The Collected papers of Albert Einstein. Vol. 2. The Swiss years: writings, 1900–1909*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1989.
36. *Einstein Albert*. *Remarks Concerning the Essays Brought together in this Co-operative Volume* // *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* / ed. P.A. Schlipp. – 1949. – Vols 1–2. – P. 665–688, Evanston, IL.
37. *Lenzen Victor F*. *Einstein's Theory of Knowledge* // *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* / ed. P.A. Schlipp. – 1949. – Vols 1–2. – P. 357–384, Evanston, IL.
38. *Northrop F.S.C.* *Einstein's Conception of Science* // *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* / ed. P.A. Schlipp. – 1949. – Vols 1–2. – P. 387–408. Evanston, IL.
39. *Van Dongen Jeroen*. *Einstein's Unification*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
40. *Кант И.* *Критика чистого разума* / пер. с нем. Н. Лосского. – М.: Эксмо, 2006.

## SPECIAL RELATIVITY GENESIS: AN INTERTHEORETIC CONTEXT

R.M. Nugayev

*Kazan State University*

An attempt to revise the special relativity genesis at the expense of comprehending all Einstein's 1905 papers as a whole is provided. It is argued that light quanta hypothesis and special relativity turnout to be mere stages of implementation of the programme of maxwellian electrodynamics, statistical mechanics and thermodynamics reconciliation. The conception of luminiferous ether was an insurmountable stumbling block for Einstein's statistical thermodynamics programme in which the leading role was played by the light quanta paper. Einstein's 1905 unificationist *modus operandi* was close to Mach's principle of economy of thought in ingenious conjunction with bashful inclinations of Kantian epistemology.

**Keywords:** Intertheoretic Context, special relativity, light quanta, Unity of Nature, Mach, Kant.

# СОДЕРЖАНИЕ 21–30 ВЫПУСКОВ ЖУРНАЛА «МЕТАФИЗИКА»

## СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 3 (21), 2016 г. (ЭРНСТ МАХ И МЕТАФИЗИКА)

ОТ РЕДАКЦИИ .....	6
<b>ФИЛОСОФСКИЕ ВЗГЛЯДЫ ЭРНСТА МАХА</b>	
<i>Гайденко П.П.</i> Эрнст Мах в контексте философии конца XIX – начала XX века .....	13
<i>Яковлев В.А.</i> Креативы метафизики Г.В. Лейбница .....	28
<i>Гришунин С.И.</i> Концепция науки Э. Маха .....	44
<i>Метлов В.И.</i> О некоторых вопросах взаимоотношения философского и специально-научного .....	55
<b>ИДЕИ МАХА В ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Реляционная концепция Лейбница–Маха .....	69
<i>Владимиров Ю.С., Бабенко И.А.</i> Принцип Маха .....	86
<i>Аристов В.В.</i> Эрнст Мах и Людвиг Больцман. Драма идей, драма людей .....	100
<i>Векшенов С.А.</i> Принцип Маха в контексте осмысления феномена непрерывности .....	113
<b>ИДЕИ МАХА И ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b>	
<i>Булыженков И.Э.</i> Идеи Маха поддерживает математика .....	120
<b>ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО</b>	
<i>Ленин В.И.</i> Эрнст Геккель и Эрнст Мах .....	125
<i>Эйнштейн А.</i> Эрнст Мах .....	128
<i>Васильев А.В.</i> Эмпириокритицизм Эрнста Маха .....	134
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	138

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 4 (22), 2016 г.  
(НАУКА, ФИЛОСОФИЯ, РЕЛИГИЯ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>МЕТАФИЗИКА В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ</b>	
<i>Дворкин И.</i> Аналитическое введение в философию диалога .....	8
<i>Шустова О.Б., Сидоров Г.Н.</i> Мировоззренческая рациональность и мировоззренческие революции в метафизическом ракурсе .....	28
<i>Катасонов В.Н.</i> Бесконечное в сочинениях русских богословов XIX века .....	35
<i>Сафронов А.В.</i> Историческая онтология сознания. Проблема соотношения формы и содержания на примере некоторых положений концепций Э.В. Ильенкова и Д.И. Дубровского .....	48
<b>ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ И РЕЛИГИЯ</b>	
<i>Постовалова В.И.</i> Лингвистическая реальность и пути ее постижения (восхождение к интегральным парадигмам) .....	59
<i>Маслова В.А.</i> Духовный код с позиции лингвокультурологии: единство сакрального и светского .....	78
<i>Владимирова Т.Е.</i> Сакральная память слова .....	98
<i>Буевич А.А.</i> Взаимоотношение языка и религии сквозь призму духовно-религиозного кода русской лингвокультуры .....	111
<b>РЕЛИГИЯ И КУЛЬТУРА В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ</b>	
<i>Мосейко А.Н., Харитонов Е.В.</i> Африканская метафизика: развитие религиозного опыта и мифологическое миропонимание .....	123
<i>Захаров В.Д.</i> Бог и человеческое сознание (Герои Достоевского в поисках Бога) .....	139
<i>Немыченков В.И.</i> Проблемы этнокультурной идентификации в современной России .....	150
<b>ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО</b>	
<i>Постовалова В.И.</i> Личность и творчество (К публикации статьи <i>протоиерея А. Геронимуса</i> «Миф Лосева – развернутое имя») .....	171
<b>ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Скляр Андрей Юрьевич (1961–2016) .....	176
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	179

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 1 (23), 2017 г.  
(ВОПРОСЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Принципы метафизики и квантовая механика.....	8
<i>Севальников А.Ю.</i> Традиционная метафизика и квантовая механика.....	33
<i>Захаров В.Д.</i> Проблема реальности в квантовой механике: философский и религиозный подходы.....	53
<i>Годарев-Лозовский М.Г.</i> Теория пространства и движения.....	75
<b>ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ</b>	
<i>Ефремов А.П.</i> О физических моделях в квантовой механике.....	84
<i>Печенкин А.А.</i> Математическое обоснование квантовой механики и квантовая логика .....	92
<i>Терехович В.Э.</i> Существование квантовых объектов. Экспериментальная проверка метафизических установок.....	104
<i>Каминский А.В.</i> Физика внутреннего наблюдателя.....	113
<i>Захаров В.Д.</i> Расширенная многомировая интерпретация квантовой механики и ее критика.....	126
<b>ФИЛОСОФИЯ МИРОЗДАНИЯ</b>	
<i>Яковлев В.А.</i> Креативы метафизики Аристотеля и целесообразный рационализм современной науки .....	140
<b>ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО</b>	
<i>Йордан П.</i> Мировоззренческое значение современной физики .....	155
<i>Фок В.А.</i> Симметрия атома водорода.....	171
<b>ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ</b>	
<i>Рязанов Георгий Васильевич (1930–2017)</i> .....	178
<i>Рязанов Г.В.</i> Мы живем накануне величайшей из революций.....	180
<i>Рязанов Г.В.</i> Неожиданные следствия из дальнего действия в электродинамике.....	182
Комментарий к работам Г.В. Рязанова (Ю.С. Владимиров).....	185
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	189

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 2 (24), 2017 г.  
(МЕТАФИЗИКА СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ</b>	
<i>Олескин А.В., Курдюмов В.С.</i> Сетевая структура, матрикс и шапероны .....	11
<i>Волкова Л.П.</i> Метафизика социальных процессов .....	28
<i>Владимирова Т.Е.</i> Русский межличностный дискурс в системе социальной коммуникации .....	42
<i>Нургалиев И.С.</i> Метафизика общественных наук и физическая кинетика демографии .....	58
<i>Андреева О.В., Юртаев В.И.</i> Социальная самоидентификация Востока и Запада как основание интеррегиональной интеграции .....	69
<b>УРОКИ РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ</b>	
<i>Катасонов В.Н.</i> Что есть и чего нет в сборнике «Из глубины (1918)» (Размышления над страницами книги, не вышедшей в свет 99 лет назад) .....	77
<i>Коврига А.В., Субботин А.А.</i> Право знать – императив развития России .....	91
<i>Неклесса А.</i> Российские горизонты .....	104
<b>СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И МОРАЛЬ</b>	
<i>Визгин В.П.</i> Историко-научный комментарий к поэме М.А. Волошина «Путями Каина. Трагедия материальной культуры» .....	114
<i>Михалкин В.С.</i> К цивилизационным истокам физического образования технического университета: метафизика и духовность, сакральность и синергия .....	138
<b>ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО</b>	
<i>Шлезингер А.</i> Циклы политической жизни Америки .....	146
<i>Чижевский А.Л.</i> Всемирно-исторический процесс и циклическая деятельность Солнца .....	154
<b>ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ</b>	
<i>Мельников Виталий Николаевич (1941–2017)</i> (К.А. Бронников, Ю.С. Владимиров, В.Д. Ивашук) .....	166
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	169

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 3 (25), 2017 г.  
(МЕТАФИЗИКА СВЕТА)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>МЕТАФИЗИКА СВЕТА И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> От метафизики света к физике электромагнитного излучения .....	8
<i>Визгин В.П.</i> «Светность бытия»: об электромагнитно-полевой программе в физике.....	24
<i>Векшенов С.А.</i> Свет и континуум – «короткое замыкание».....	42
<i>Севальников А.Ю.</i> Время как осуществление возможного и свет.....	56
<i>Белинский А.В.</i> О нарушении причинности в экспериментах с фотонами.....	71
<b>МЕТАФИЗИКА СВЕТА В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ</b>	
<i>Смирнов А.В.</i> Светоносный мир: логико-смысловый анализ оснований философии ас-Сухраварди.....	94
<i>Шишков А.М.</i> Метафизика света и современная физическая наука, или Вперед от физики нового времени к средневековой натурфилософии.....	109
<i>Бабенко И.А.</i> Понятие света как физического и метафизического в разных философиях культур.....	122
<b>МЕТАФИЗИКА СВЕТА И РЕЛИГИЯ</b>	
<i>Постовалова В.И.</i> Учение о свете в православной духовной традиции (истоки, основания, направления).....	135
<b>ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО</b>	
<i>Гроссетест Р. (ок. 1175-1253)</i> О свете, или О начале форм.....	156
<i>Ас-Сухраварди (1152/3-1191)</i> О свете и его истинности, о Свете светов и о том, что первым проистекает от него.....	164
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	171

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 4 (26), 2017 г.  
(ОСНОВАНИЯ ФИЗИКИ И ГЕОМЕТРИИ  
В ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЕ)**

**ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**

<i>Владимиров Ю.С.</i> Вопросы оснований физики на форумах гравитационного сообщества.....	6
--	---

**ПРОБЛЕМА ОСМЫСЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ МИРОЗДАНИЯ**

<i>Яковлев В.А.</i> Парадигма Платона и современная физика.....	16
<i>Захаров В.Д.</i> Образ мира с точки зрения кантианства и метафизики.....	25
<i>Метлов В.И.</i> Что такое «основание».....	30
<i>Липкин А.И.</i> «Логоцентричный» взгляд на основания физики.....	33
<i>Катасонов В.Н.</i> Физика и философская феноменология.....	41
<i>Спасков А.Н.</i> Метафизические соображения на заданную тему.....	48
<i>Гальцов Д.В.</i> Информационные технологии и научное познание.....	56

**ВАРИАНТЫ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ В РАМКАХ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ**

<i>Рылов Ю.А.</i> Геометрия как главная проблема фундаментальной физики .....	63
<i>Минкевич А.В.</i> Физическое пространство-время, гравитационное взаимодействие и регулярно расширяющаяся Вселенная.....	68
<i>Фролов Б.Н.</i> Группа Пуанкаре–Вейля и теория гравитации Вейля–Дирака.....	75
<i>Кречет В.Г., Иванова С.Д.</i> О реальности существования 5-мерного пространства-времени и параллельных 4-мерных миров.....	80
<i>Алиев Б.Г.</i> Пятимерные единые теории поля: новые перспективы.....	88
<i>Жотиков В.Г.</i> Какая геометрия может наиболее адекватно описывать реальность нашего мира? .....	94
<i>Павлов Д.Г.</i> Пространство, время, материя и фундаментальные взаимодействия.....	101

**ПРОБЛЕМЫ ОСНОВАНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ**

<i>Блинов С.В., Булыженков И.Э.</i> Возможно предсказать мгновенность силы Лоренца.....	107
<i>Полицук Р.Ф.</i> Мир как сверхбольшое конечное число.....	111
<i>Кассандров В.В.</i> На пути к новой физике.....	118
<i>Фильченков М.Л., Лаптев Ю.П.</i> Об интерпретациях общей теории относительности.....	126
<i>Бурланков Е.Д.</i> Великое столетнее заблуждение.....	131
<i>Шульман М.Х.</i> О линейном расширении Вселенной и природе времени.....	137
<i>Нургалиев И.С.</i> Научная метафизика геометрических оснований фундаментальной физики.....	144
<i>Никитин А.П.</i> О фундаментальной связи постоянных Планка и Хаббла.....	153

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Доклады, представленные на Первой Российской конференции по основаниям фундаментальной физики и геометрии.....	161
Заключение по результатам работы конференции.....	164

<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	166
--------------------------	-----

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 1 (27), 2018 г.  
(ОСНОВАНИЯ ФИЗИКИ И ГЕОМЕТРИИ  
В РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЕ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ .....</b>	<b>6</b>
<b>РЕЛЯЦИОННАЯ БИНАРНАЯ ПРЕДГЕОМЕТРИЯ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Реляционные основания искомой теории.....	8
<i>Соловьев А.В.</i> Проблемы описания физических взаимодействий в реляционной парадигме.....	16
<i>Болохов С.В.</i> К вопросу соотнесения геометрического и реляционного подходов.....	24
<i>Терещенко Д.А.</i> Анализ оснований реляционной теории атома.....	31
<i>Молчанов А.Б.</i> Реляционный подход к космологии.....	36
<i>Бабенко И.А.</i> Реляционно-геометрическое обоснование магнитных полей астрофизических объектов.....	43
<b>ТЕОРИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СТРУКТУР</b>	
<i>Кулаков Ю.И.</i> Теория физических структур как основание математики и физики.....	49
<i>Владимиров Ю.С.</i> Комментарий к статье (программе ТФС) Ю.И. Кулакова.....	54
<i>Михайличенко Г.Г.</i> Некоторые соображения о возможном направлении развития фундаментальной теоретической физики.....	59
<i>Симонов А.А.</i> К вопросу обоснования вида физических законов.....	61
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ</b>	
<i>Аристов В.В.</i> Построение реляционной статистической модели пространства-времени и новые физические представления.....	66
<i>Севальников А.Ю.</i> Время в квантовой теории.....	73
<i>Терехович В.Э.</i> Метафизические постулаты современной физики, от которых следует отказаться.....	78
<i>Панчелюга В.А.</i> Основания физики и теория элементарных отношений.....	86
<i>Панов В.Ф., Кувшинова Е.В.</i> В поисках монистической парадигмы.....	93
<i>Волкова Л.П.</i> Об основаниях метафизики.....	99
<b>ИДЕИ И ПРОБЛЕМЫ, СОПУТСТВУЮЩИЕ РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЕ</b>	
<i>Ефремов А.П.</i> О физико-математической аналитике и реальности фрактального пространства.....	107
<i>Круглый А.Л.</i> Учет конечных объемов информации.....	116
<i>Векшенов С.А.</i> От оснований физики к основаниям математики.....	123
<i>Коганов А.В.</i> Принцип контравариантной генерации событий в физике.....	129
<b>НАШИ АВТОРЫ .....</b>	<b>135</b>



**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 2 (28), 2018 г.  
(ОСНОВАНИЯ ФИЗИКИ В ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ ПАРАДИГМЕ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>В ПОИСКЕ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ</b>	
<i>Панов А.Д.</i> Об актуальных проблемах фундаментальной физики .....	8
<i>Кузнецов С.И.</i> Стандартные модели: метафизика искаженной реальности .....	20
<i>Дворкин И.С.</i> Физика настоящего времени. Проблемы фундаментальной физики с точки зрения философии диалога.....	27
<i>Полищук Р.Ф.</i> Наука и эволюции мифологического сознания.....	30
<i>Захаров В.Д.</i> Мифологические основания фундаментальной физики .....	36
<i>Протоиерей Кирилл Копейкин.</i> Как возможна математическая физика? .....	43
<b>ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ ПАРАДИГМЫ</b>	
<i>Жуковский В.Ч.</i> Единство природы: объединение теоретических методов изучения физических явлений в микро- и макрофизике и космологии .....	49
<i>Рыбаков Ю.П.</i> Полевая парадигма Ми – Эйнштейна и физика частиц .....	54
<i>Самсоненко Н.В.</i> Интерпретация квантовой механики 100 лет спустя после ее создания .....	59
<i>Годарев-Лозовский М.Г.</i> Метафизика квантовой механики и философские заблуждения ее основателей .....	63
<b>ИДЕИ, СОПУТСТВУЮЩИЕ ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ ПАРАДИГМЕ</b>	
<i>Белинский А.В., Шульман М.Х.</i> О возможном объяснении квантовых корреляций .....	68
<i>Шашлов В.А.</i> Главные проблемы современной физики .....	75
<i>Булыженков И.Э.</i> О кинематической причине гравитации .....	81
<b>МЕЖДУ ФИЗИКОЙ И МЕТАФИЗИКОЙ</b>	
<i>Бахтияров К.И.</i> Принцип тринитарности и фрактальность генезиса (тринитарность Аристотеля – Ибн Сины и фрактальность Ибн Араби – Луллия).....	87
<i>Харитонов А.С.</i> Переменное трёхсущностное пространство доступных событий .....	99
<b>ПАМЯТИ НАШИХ КОЛЛЕГ</b>	
<i>Липкин Аркадий Исаакович (1950–2018)</i> .....	102
Воспоминания <i>Вадима Розина</i> об А.И. Липкине.....	104
<i>Липкин А.И.</i> Две трактовки решения 6-й проблемы Гильберта.....	106
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	119

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 3 (29), 2018 г.  
(ФИЛОСОФИЯ И ЕЕ МЕСТО В СТРУКТУРЕ КУЛЬТУРЫ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	6
<b>ОСНОВАНИЯ И СТРУКТУРА ФИЛОСОФИИ</b>	
<i>Яковлев В.А.</i> Метафизика инноваций в науке .....	7
<i>Эриштейн Л.Б.</i> Об определении понятия информации.....	21
<i>Сафронов А.В.</i> Историческая онтология сознания (Проблема соотношения формы и содержания на примере некоторых положений концепций Э.В. Ильенкова и Д.И. Дубровского) .....	31
<i>Расплетин Б.К., Каменицков А.Ф.</i> Структура философии и ее место в структуре культуры (Мир структур Б.К. Расплетина) .....	41
<i>Поройков С.Ю.</i> К проблеме систематизации категорий, поднятой Кантом.....	65
<i>Постовалова В.И.</i> Образ православия в духовной культуре (Опыт теоконцептологического осмысления).....	75
<b>ФИЗИКА И МЕТАФИЗИКА</b>	
<i>Тюлюпов Ю.Ф.</i> Три «великие проблемы» современной физики. Средства и методы познания .....	87
<i>Пигалев А.И.</i> Метафизика как глобальная онтология изолированной системы... ..	109
<i>Балакшин О.Б.</i> Метафизика самоорганизации гармонии .....	124
<b>МЕТАФИЗИКА ИСТОРИИ И СОЦИОЛОГИИ</b>	
<i>Демин И.В.</i> Проблема единства истории в экзистенциальной философии Карла Ясперса .....	144
<i>Андреева О.В., Юртаев В.И.</i> Человек в метафизике религии.....	153
<i>Неклесса А.И.</i> «Исламское государство» как феномен государства-организации. От государства-утопии к постсовременному акционизму .....	167
<i>Владимирова Т.Е.</i> Метафизические корни китайской традиционной социальности.....	187
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	201

**СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА № 4 (30), 2018 г.  
(СООТНОШЕНИЕ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ)**

<b>ОТ РЕДАКЦИИ .....</b>	<b>6</b>
<b>МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ</b>	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Метафизические основания математики .....	8
<i>Бахтияров К.И.</i> ФИЗМАТ как решение антитезы Физик – Математик .....	22
<i>Катасонов В.Н.</i> Физика рождает метафизику .....	29
<i>Захаров В.Д.</i> Математика и физическая реальность .....	43
<b>СООТНОШЕНИЕ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ</b>	
<i>Аристов В.В.</i> Взаимоотношение физики и математики согласно реляционно-статистическому подходу.....	49
<i>Коганов А.В.</i> Математические модели в теоретической физике и их эталонная база.....	61
<i>Рыбаков Ю.П.</i> Взаимосвязь физики и математики как источник познания природы.....	71
<i>Круглый А.Л.</i> К вопросу о месте математики в информационной Вселенной.....	75
<b>ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ</b>	
<i>Визгин В.П.</i> Нетерова структура физических теорий: исторические и философско-научные аспекты (К 100-летию теоремы Нетер о связи принципов симметрии с законами сохранения).....	81
<i>Нугаев Р.М.</i> Генезис специальной теории относительности: интертеоретический контекст.....	113
<b>СОДЕРЖАНИЕ 21-30 ВЫПУСКОВ ЖУРНАЛА «МЕТАФИЗИКА» .....</b>	<b>129</b>
<b>АВТОРЫ 30 ВЫПУСКОВ ЖУРНАЛА «МЕТАФИЗИКА» .....</b>	<b>140</b>
<b>НАШИ АВТОРЫ .....</b>	<b>146</b>

---

---

## АВТОРЫ И ТЕМАТИКА 1–30 ВЫПУСКОВ ЖУРНАЛА «МЕТАФИЗИКА»

---

---

### Наши авторы (2011–2018 гг.)

Алиев Б.Г. – 26  
Андреева О.В. – 24, 29  
Антипенко Л.Г. – 16, 20  
Аристов В.В. – 5, 15, 21, 27, 30  
Арнольд В.И. – 17  
Бабенко И.А. – 21, 25, 27  
Балакшин О.Б. – 29  
Баранцев Р.Г. – 3  
Бахтияров К.И. – 3, 28, 30  
Белинский А.В. – 2, 8, 15, 25, 28  
Бешенков А.С. – 9, 19  
Блинов С.В. – 26  
Болохов С.В. – 7, 12, 27  
Бояршинов А.Е. – 4  
Буевич А.А. – 22  
Булыженков И.Э. – 2, 5, 14, 26, 28  
Бурланков Д.Е. – 2, 26  
Ванин В.А. – 8  
Векшенов С.А. – 2, 3, 6, 9, 12, 14, 15, 17, 19, 21, 25, 27  
Вендина Т.И. – 6  
Визгин Вл.П. – 6, 7, 13, 17, 19, 24, 20, 30  
Владимиров Ю.С. – 1, 2, 3, 4, 9, 12, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 30  
Владимирова Т.Е. – 1, 6, 8, 14, 19, 22, 24, 29  
Внутских А.Ю. – 19  
Волкова Л.П. – 18, 24, 27  
Гайденко П.П. – 1, 7, 8, 18, 21  
Гальцов Д.В. – 26  
Годарев-Лозовский М.Г. – 23, 28  
Горохов Ю.В. – 4  
Гриб А.А. – 16,  
Гринченко С.Н. – 10  
Гришунин С.И. – 21

- Гуц А.К. – 18  
Дворкин Илья – 22, 28  
Демин И.В. – 29  
Дубров А.П. – 11  
Евин И.А. – 6  
Еремеев В.Е. – 3  
Ефремов А.П. – 1, 3, 8, 9, 13, 14, 16, 23, 27  
Жилкин А.Г. – 12  
Жотиков В.Г. – 26  
Жуковский В.Ч. – 28  
Захаров В.Д. – 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 28, 30  
Зацман И.М. – 10  
Зенин С.В. – 4  
Иванов А.В. – 1  
Иванов В.Я. – 5  
Иванова С.Д. – 26  
Игнатъев Ю.Г. – 13  
Каменщиков А.Ф. – 29  
Каминский А.В. – 4, 23  
Кассандров В.В. – 3, 26  
Катасонов В.Н. – 1, 7, 8, 17, 20, 22, 24, 26, 30  
Катречко С.Л. – 1, 5  
Кириянов Д. – 8  
Кобляков А.А. – 6  
Коврига А.В. – 24  
Коганов А.В. – 16, 17, 27, 30  
Козина О.А. – 20  
Колин К.К. – 10  
Кокарев С.С. – 9  
Копейкин К.В. – 1, 3, 15, 28  
Коротаев С.М. – 4  
Кравчук Н.В. – 18  
Краснопольский В.М. – 11  
Кречет В.Г. – 8, 13, 19, 26  
Круглый А.Л. – 12, 27, 30  
Кувшинова Е.В. – 27  
Кузнецов С.И. – 28  
Кулаков Ю.И. – 5, 7, 27  
Курапов С.А. – 4  
Курдюмов В.С. – 24  
Лаптев Ю.П. – 16, 26  
Лапшин В.Б. – 15  
Левин С.Ф. – 5, 13, 19  
Левич А.П. – 7, 12

Леднев В.С. – 14  
Ленин (Ульянов) В.И. – 21  
Липкин А.И. – 15, 26, 28  
Ломакина О.В. – 6  
Маслова В.А. – 22  
Медведева А.А. – 11  
Мельников В.Н. – 13  
Менский М.Б. – 3, 9  
Метлов В.И. – 21  
Миндзаева Э.В. – 10  
Минкевич А.В. – 26  
Миронов В.В. – 1, 14  
Михайличенко Г.Г. – 17, 27  
Михалкин В.С. – 24  
Мицкевич Н.В. – 2  
Молчанов А.Б. – 27  
Мосейко А.Н. – 22  
Муравник Г.Л. – 11  
Неклесса А.И. – 6, 14, 18, 20, 24, 29  
Немыченков В.И. – 22  
Нижников С.А. – 8  
Новиков Ю.Ю. – 7  
Нугаев Р.М. – 30  
Нургалиев И.С. – 14, 24, 26  
Огурцов А.П. – 1  
Олескин А.В. – 24  
Павлов Д.Г. – 11, 18, 26  
Панов А.Д. – 9, 15, 28  
Панов В.Ф. – 4, 7, 13, 19, 27  
Панчелюга В.А. – 4, 11, 27  
Пархомов А.Г. – 11  
Пенроуз Р. – 9  
Перминов В.Я. – 17, 20  
Петухов С.В. – 5, 11  
Печенкин А.А. – 23  
Пигалев А.И. – 29  
Полищук Р.Ф. – 7, 13, 16, 19, 26, 28  
Попов А.Д. – 2  
Поройков С.Ю. – 6, 8, 12, 14, 19, 29  
Постовалова В.И. – 6, 22, 25, 29  
Пытьев Ю.П. – 4  
Расплетин Б.К. – 29  
Родионов Б.У. – 4, 8  
Родичев С.В. – 19

- Рыбаков Ю.П. – 14, 28, 30  
Рыбальченко В.А. – 7  
Рубинштейн И.А. – 4  
Рылов Ю.А. – 26  
Рязанов Г.В. – 23  
Садыков Б.С. – 12  
Сажин М.В. – 19,  
Сажина О.С. – 19  
Самсоненко Н.В. – 28  
Саночкин В.В. – 10  
Сафронов А.В. – 22, 29  
Севальников А.Ю. – 2, 4, 7, 12, 15, 20, 23, 25, 27  
Седякин В.П. – 10  
Сейфуль-Мулюков Р.Б. – 10  
Семушкин А.В. – 8  
Сердюк В.О. – 4  
Серовайский С.Я. – 17, 30  
Сидоров Г.В. – 22  
Симонов А.А. – 27  
Синячкин В.П. – 6  
Сипаров С.В. – 2, 19  
Скляр А.Ю. – 18  
Смирнов А.В. – 25  
Соколов А.В. – 10  
Соловьев А.В. – 12  
Соловьев В.М. – 18  
Соловьев И.В. – 10  
Соловьев Н.А. – 7  
Соловьев О.Н. – 14  
Спасков А.Н. – 20, 26  
Стародубов А.В. – 11  
Субботин А.А. – 24  
Сукиасян Э.Р. – 10  
Терехович В.Э. – 15, 23, 27  
Терещенко Д.А. – 27  
Тюлюпов Ю.Ф. – 29  
Файнштейн Г.С. – 4  
Фильченков М.Л. – 16, 26  
Фотиева И.В. – 1  
Фролов Б.Н. – 26  
Хаврошкин О.Б. – 11  
Харитонов А.С. – 3, 28  
Харитонова Е.В. – 22  
Хлебников Г.В. – 10

Ходунов А.В. – 30  
Цетлин В.В. – 4  
Цыплаков В.В. – 11  
Черничкина А.А. – 8, 20  
Черный Ю.Ю. – 10  
Чечин Л.М. – 5, 19  
Шашлов В.А. – 28  
Шаповалов С.Н. – 4  
Шишин М.Ю. – 1  
Шишков А.М. – 25  
Шноль С.Э. – 4  
Шульман М.Х. – 26, 28  
Шустова О.Б. – 22  
Щапова Ю.Л. – 10  
Элиович А.А. – 2  
Эрекаев В.Д. – 15, 20  
Эрштейн Л.Б. – 29  
Юртаев В.И. – 8, 24, 29  
Яковлев В.А. – 3, 5, 7, 8, 17, 20, 21, 23, 26, 29  
Яковлева С.В. – 19

#### **Список авторов «Из наследия прошлого»**

Алексеев И.С. – 15, 16  
Ас-Сухраварди – 25  
Бергман П.Г. – 2, 13  
Васильев А.В. – 21  
Вернадский В.И. – 14  
Вопенка П. – 17  
Гекман Отто – 19  
Геронимус А. – 22  
Гроссетест Р. – 25  
Дирак П.А.М. – 17  
Дюгем П. – 11, 20  
Зельманов А.Л. – 2  
Йордан П. – 23  
Капица П.Л. – 14  
Кобзев А.И. – 3  
Кулаков Ю.И. – 12  
Ленин В.И. – 21  
Мандельштам Л.И. – 15  
Марков М.А. – 16  
Пименов Р.И. – 7  
Постников М.М. – 18



Рязанов Г.В. – 23  
Соловьев А.В. – 27  
Соловьев В.С. – 3  
Тамм И.Е. – 12  
Тобрум А.Г. – 8  
Том Р. – 6  
Фок В.А. – 23  
Франк С.Л. – 20  
Френкель Я.И. – 12  
Хайдеггер М. – 1  
Чижевский А.Л. – 5, 24  
Чью Дж.Ф. – 16  
Шварцшильд К. – 13  
Шлезингер А. – 24  
Эйнштейн А. – 21  
Ясперс Карл – 18

#### **Некрологи на ушедших авторов**

Брагинский В.Б. – 20  
Ванин В.А. – 8  
Левич А.П. – 20  
Липкин А.И. – 28  
Мельников В.Н. – 24  
Рязанов Г.В. – 23  
Семушкин А.В. – 8  
Скляр А.Ю. – 22

### Тематика 1–30 выпусков журнала «Метафизика»

1. (№ 1, 2011 г.) – Что такое метафизика.
2. (№ 2, 2011 г.) – Физика и метафизика.
3. (№ 1, 2012 г.) – Метафизика в ее историческом развитии.
4. (№ 2, 2012 г.) – Метафизика всеобщей связи.
5. (№ 3, 2012 г.) – Метафизика естествознания.
6. (№ 4, 2012 г.) – Метафизика гуманитарных наук.
7. (№ 1, 2013 г.) – Метафизика времени.
8. (№ 2, 2013 г.) – Наука, философия, религия.
9. (№ 3, 2013 г.) – Метафизические аспекты в работах Р. Пенроуза.
10. (№ 4, 2013 г.) – Метафизика и информатика.
11. (№ 1, 2014 г.) – Метафизика и загадочные феномены.
12. (№ 2, 2014 г.) – Реляционная парадигма в физике.
13. (№ 3, 2014 г.) – Геометрическая парадигма в физике.
14. (№ 4, 2014 г.) – Метафизические аспекты образования.
15. (№ 1, 2015 г.) – Метафизические аспекты проблемы интерпретации квантовой механики.
16. (№ 2, 2015 г.) – Метафизические аспекты проблемы интерпретации квантовой механики (продолжение).
17. (№ 3, 2015 г.) – Метафизика и метаматематика.
18. (№ 4, 2015 г.) – Метаистория.
19. (№ 1, 2016 г.) – Метафизика и космология.
20. (№ 2, 2016 г.) – Роль философии в развитии естествознания.
21. (№ 3, 2016 г.) – Метафизические воззрения Эрнста Маха.
22. (№ 4, 2016 г.) – Наука, философия, религия.
23. (№ 1, 2017 г.) – Метафизические аспекты квантовой теории.
24. (№ 2, 2017 г.) – Метафизика социальных процессов.
25. (№ 3, 2017 г.) – Метафизика света.
26. (№ 4, 2017 г.) – Основания геометрической парадигмы физики.
27. (№ 1, 2018 г.) – Основания реляционной парадигмы физики.
28. (№ 2, 2018 г.) – Основания теоретико-полевой парадигмы физики.
29. (№ 3, 2018 г.) – Философия и ее место в структуре культуры.
30. (№ 4, 2018 г.) – Метафизика и метаматематика.

## НАШИ АВТОРЫ

**АРИСТОВ Владимир Владимирович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором Вычислительного центра имени А.А. Дородницына РАН.

**БАХТИЯРОВ Камиль Ибрагимович** – доктор философских наук, кандидат технических наук, профессор Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина.

**ВИЗГИН Владимир Павлович** – доктор физико-математических наук, профессор Института истории естествознания и техники РАН.

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

**ЗАХАРОВ Валерий Дмитриевич** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всероссийского института научной и технической информации.

**КАТАСОНОВ Владимир Николаевич** – доктор философских наук, доктор богословия, профессор, заведующий кафедрой философии Общецерковной аспирантуры и докторантуры имени святых равноапостольных Кирилла и Мефодия.

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

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

**НУГАЕВ Ринат Магдиевич** – доктор философских наук, профессор кафедры философии Казанского государственного университета.

**РЫБАКОВ Юрий Петрович** – доктор физико-математических наук, профессор Российского университета дружбы народов.

**СЕРОВАЙСКИЙ Семен Яковлевич** – доктор физико-математических наук, профессор Казахского национального университета имени аль Фараби (Алма-Ата).

**ХОДУНОВ Александр Васильевич** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института системных исследований РАН.

## Общие требования по оформлению статей для журнала «Метафизика»

Автор представляет Ответственному секретарю текст статьи, оформленной в соответствии с правилами Редакции. После согласования с Главным редактором статья направляется на внутреннее рецензирование и затем принимается решение о возможности ее опубликования в журнале «Метафизика». О принятом решении автор информируется.

### Формат статьи:

- Текст статьи – до 20–40 тыс. знаков в электронном формате.
- Язык публикации – русский/английский.
- Краткая аннотация статьи (два-три предложения, до 10-15 строк) на русском и английском языках.
- Ключевые слова – не более 12.
- Информация об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень и звание, место работы, должность, почтовый служебный адрес, контактные телефоны и адрес электронной почты.

### Формат текста:

- шрифт: Times New Roman; кегль: 14; интервал: 1,5; выравнивание: по ширине;
- абзац: отступ (1,25), выбирается в меню – «Главная» – «Абзац – Первая строка – Отступ – ОК» (то есть выставляется автоматически).
- ✓ Шрифтовые выделения в тексте рукописи допускаются только в виде курсива.
- ✓ Заголовки внутри текста (названия частей, подразделов) даются выделением «Ж» (полужирный).
- ✓ Разрядка текста, абзацы и переносы, расставленные вручную, не допускаются.
- ✓ Рисунки и схемы допускаются в компьютерном формате.
- ✓ Века даются только римскими цифрами: XX век.
- ✓ Ссылки на литературу даются по факту со сквозной нумерацией (не по алфавиту) и оформляются в тексте арабскими цифрами, взятыми в квадратные скобки, после цифры ставится точка и указывается страница/страницы: [1. С. 5–6].
- ✓ Номер сноски в списке литературы дается арабскими цифрами без скобок.
- ✓ Примечания (если они необходимы) оформляются автоматическими подстрочными сносками со сквозной нумерацией.

### Например:

- На место классовой организации общества приходят «общности на основе объективно существующей опасности» [2. С. 57].
- О России начала XX века Н.А. Бердяев писал, что «постыдно лишь отрицательно определяться волей врага» [3. С. 142].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адорно Т.В. Эстетическая теория. – М.: Республика, 2001.
2. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
3. Бердяев Н.А. Судьба России. Кризис искусства. – М.: Канон +, 2004.
4. Савичева Е.М. Ливан и Турция: конструктивный диалог в сложной региональной обстановке // Вестник РУДН, серия «Международные отношения». – 2008. – № 4. – С. 52–62.
5. Хабермас Ю. Политические работы. – М.: Праксис, 2005.

С увеличением 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