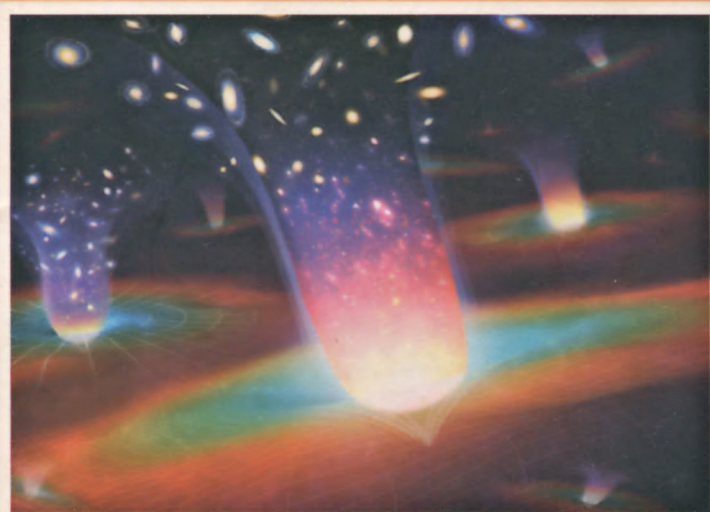


Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина



ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И КОСМОЛОГИИ



Я. В. Тарароев

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Я. В. Тарароев

**ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И КОСМОЛОГИИ**

Харьков – 2009

УДК 113/119 + 53.01:111

ББК 22.3в + 22.632

Т 19

*Утверждено на заседании Ученого совета
Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина
(протокол № 2 от 30 января 2009 г.)*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической ядерной физики ХНУ имени В. Н. Каразина
Бережной Ю. А.

доктор философских наук, профессор, ведущий научный сотрудник института философии РАН **Павленко А. Н.**

Научный редактор: доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой теории культуры и философии науки ХНУ имени В.Н. Каразина
Цехмистро И. З.

Работа выполнена при частичной поддержке проекта № Ф28.2/026 «Импликативно-логическая природа квантовых корреляций» по программе международного сотрудничества Российского ФФИ и ГФФИ Украины

Тараров Я. В. Онтологические основания современной физики и космо-
Т 19 логии. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2009. – 236 с.

ISBN 978 – 966 – 623 – 569 - 8

В монографии рассматривается процесс развития научных физических и космологических взглядов от античности до современности. Особое внимание в ней уделено онтологическим основаниям физического и космологического знаний. В монографии представлен анализ и сравнение этих двух концепций, их описание как субстанциональной и реляционной парадигм в основаниях физического знания.

Монография рассчитана на студентов, аспирантов и преподавателей философских и физических специальностей, и на всех тех, кто интересуется философскими проблемами физического и смежного с ним знания.

УДК 113/119 + 53.01:111

ББК 22.3в + 22.632

ISBN 978 – 966 – 623 – 569 - 8

© Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина, 2009

© Тараров Я. В., 2009

© Литвинова О. А., макет обложки, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1.Онтология и физика: история вопроса	12
1.1.Доаристотелевские онтологические концепции и невозможность на их основе генезиса физического знания	12
1.2.Онтологическая парадигма Аристотеля как базис его физики и космологии	20
1.3.Физика и космология Нового времени и их онтологические основания	33
1.4.Субстанциональная онтологическая парадигма как онтологический фундамент доклассической и классической наук	44
2.Современная физика и космология	50
2.1.«Век девятнадцатый. В ночь <i>умозрительных</i> понятий»: электродинамика и термодинамика	50
2.2.Революция на пороге века	68
2.3.Физика элементарных частиц – стандартная модель	95
2.4.Теория струн и её онтологическое содержание	112
2.5.Космология: релятивистская классика	126
2.6.Современная космология: инфляция и космология струн, тёмная энергия, тёмное вещество	135
2.7.Современная космологи: от Универсума к Мультиверсуму	146
2.8.Антропный принцип и современная физико-космологическая картина мира	155
3.Онтологические основания современной физики и космологии	174
3.1.Множественность как онтологическая категория	174
3.2.Реляционная онтологическая парадигма и законы логики	182
3.3. Концепция целостности (холизм)	189
3.4.Природа оснований физической реальности	200
3.5.Реляционная онтологическая парадигма как фундамент постклассической науки	206
Заключение	216
Литература	221

*Современная теоретическая физика
достигла таких успехов,
что она может посчитать даже то,
что мы не можем себе представить.*
Афоризм, приписываемый Л.Д. Ландау

*Физика представляет собой развивающуюся
логическую систему мышления,
основы которой можно получить
не выделением их какими-либо индуктивными
методами из опыта, а лишь свободным
вымыслом.*

А. Эйнштейн «Физика и реальность».

ВВЕДЕНИЕ

Проблема реальности в контексте физического знания является одной из наиболее глубоких и, в то же время, захватывающих философских проблем, связанных с естествознанием. В разные исторические периоды свои решения этой проблемы предлагали лучшие мыслители человечества. Демокрит и Аристотель, Ньютон и Эйнштейн, и многие другие создавали то, что может быть названо «научно-исследовательской программой физического познания», где вопрос о реальности, как о существовании (или бытии), являлся одним из ключевых вопросов. Так в частности, А. Пайс, один из ближайших сотрудников А. Эйнштейна и автор весьма солидной монографии¹ о нём, начинает свои воспоминания об Эйнштейне с описания эпизода диалога с Эйнштейном о «...смысле слова *существовать* в применении к неодушевлённым предметам»².

Можно без преувеличения утверждать, что онтологическая проблема физических оснований, т.е. определение того, что существует, и чего не существует в природе, является тем необходимым базисом, опираясь на который всё физическое знание приобретает определённый смысл и определённое содержание. Действительно, понимая физическое знание в широком смысле, как учение о природе в целом (от греческого φύσις – природа), для его создания, систематизации и описания необходимо определиться с тем, что такое природа, каково её бытие или (что одно и то же) что существует в природе, и соответственно, чего не существует. Другими словами, приступая ко всякому исследованию, необходимо, прежде всего, ещё до начала

¹ См. [93]

² Там же, стр. 11. Об онтологических взглядах Эйнштейна см. например: [129].

процесса, чётко и ясно определиться с предметом исследования, с базовыми (или бытийственными) системообразующими свойствами, определяющими его суть, и «границами», определяющими «место» объекта исследования в мире и принципы его взаимодействия с окружающим. Именно максимально полное онтологическое определение подобного рода, задание «начал» объекта познания формирует методологию его исследования, динамику развития представлений об объекте познания и многое другое. В применении к физическому познанию это означает, что проблема бытийственных начал в физическом знании является одной из ключевых составляющих его философского анализа, и соответственно, его философских оснований.

Особую актуальность этой проблеме для сегодняшнего дня придаёт содержание физического и космологического знания, логика его развитие. Физика и космология всё далее и далее «уходят» от непосредственного, обыденного опыта человека, и описывают такие типы и виды физической реальности, которые, как говорится в эпиграфе данной работы, трудно себе представить во всей их полноте. И если физика и космология первой половины и середины XX века целиком и полностью соответствовали общепринятым канонам взаимосвязи теоретического и эмпирического в естествознании, и имеют солидное эмпирическое обоснование, то физические и космологические теории, появившиеся под конец XX столетия, этим критериям, по крайней мере в настоящее время, не соответствуют. В определённом смысле их можно назвать теоретическими спекуляциями на физические темы в отсутствие эмпирической составляющей. К первой группе можно отнести специальную и общую теории относительности, квантовую механику, стандартную модель физики элементарных частиц. Ко второй – космологическую теорию Мультиверсума, теорию струн/М-теорию. Разумеется, сводить всё многообразие физики XXI века только к этим теоретическим спекуляциям было бы неправомерно. В настоящее время активно эмпирически открываются и исследуются новые, прежде всего астрофизические объекты, такие как гамма-всплески (гамма-бастеры), новые типы звёзд – гиперионовые звёзды, ведётся наблюдения и исследования нейтронных звёзд, активно развивается физика твёрдого тела, физика низких температур и многое другое. Однако, при всей значимости новых эмпирических и теоретических открытий в этих областях, все они решают частные и конкретные физические проблемы и задачи, тогда как «теоретические спекуляции XXI века» направлены на широкий уровень обобщение физического знания и получение того, что в англоязычной литературе называют

«теорией всего». Задача этой теории – свести всё многообразие физической реальности к относительно небольшому количеству общих принципов, из которых конкретные физические, эмпирически воспринимаемые формы выступали бы как частные случаи этих принципов. Безусловно, сама постановка задачи носит некоторый «метафизический оттенок» и поэтому нет ничего удивительного в том, что теоретическое описание реальности, в этом случае, выходит за рамки эмпирических возможностей современной науки. Однако, именно в силу своей общности и стратегичности подходов к решению широкого круга вопросов, в том числе и философских о происхождении мира, о его глобальной и локальной структуре, эти «спекулятивные теории» представляют философский, и прежде всего онтологический интерес. Проблеме бытия, уже как не философской, а физической категории, уделяется пристальное внимание не только философским, но и физическим сообществом. Именно специфика современного физического знания активно развивает своеобразный новый «жанр» специальной литературы, который можно условно назвать «физическая онтология». Среди таких авторов можно указать: К. Мичио [48], Д. Дойча [35], Б. Грина [29] и многих других.

Однако даже в таком, «трансформированном» для «чистой» философии качестве, тема не лишена внимания философского сообщества. Речь, разумеется, идёт не только о классиках мировой философской и физической мысли, таких как: Аристотель, Декарт, Лейбниц, Ньютон, Кант, Эйнштейн, Бор и другие, проводящие свои рассуждения в теснейшей взаимосвязи с физическими вопросами или в их контексте. Детальные, специализированные исследования оснований физических теорий, в том числе и онтологических, велись и другими специалистами философами, нашими соотечественниками. Это, прежде всего первый и нынешний директора института философии УССР и НАН Украины, академики М.Э. Омеляновский и М.В. Попович. Этот факт позволяет говорить об определенной школе, сложившейся в украинском философском сообществе. Спецификой этой школы является комплексный подход к основам физической теории, где онтологическая составляющая не выделяется в самостоятельный объект исследования, а рассматривается в неразрывном единстве с другими факторами³. Разумеется, это направление представлено не только этими авторами, в Институте философии НАНУ работали и продолжают работать значительное количество

³ См. например [88], [97], [52].

учёных, чьи профессиональные интересы лежат в области основ физических теорий. К ним могут быть отнесены профессора Кузнецов Б.Г., Крымский С.Б., Лукьянец В.С., Гудков Н.А., Кравченко А.М. и другие.

Однако, кроме комплексных исследований, связанных с основами физики, в советской специальной литературе онтологические основания физических теорий выделялись в отдельную тему исследований. В качестве примера можно указать работы А.М. Мостепаненко [81] и В.В. Чешева [128], а также некоторых других авторов⁴. В этом смысле тематика исследования, представленного в данной работе, не является уникальной, однако по своему содержанию она существенно отличается от подходов, предложенных ранее. В первой работе констатируется положение о том, что «...Выход физического познания из сферы макромира, в область микро- и мегамира, порождает фундаментальные гносеологические противоречия между особой сложностью и парадоксальностью изучаемых объектов, и ограниченностью применяемых нами средств познания и методов их познания. Это вынуждает исследователей при решении проблем существования в микрофизике и космологии в гораздо большей мере, чем прежде, обращаться к теоретической интерпретации опытных фактов, к философско-методологическим критериям существования...» [81, стр.151.], следствием которого является утверждение идеи качественного многообразия и неисчерпаемости материи, её (материи) структурной организации. Во второй работе автор представляет принципиально иную точку зрения и признаёт различие двух «методологических парадигм» классической и неклассической физики, в основе которых лежит субстанциональная и реляционная онтология, однако рассматривает появление второй как отход от научных канонів познания объективной действительности, реальности самой по себе, и подмену этого закреплением «...в теоретической физике математического стиля мышления, изгоняющего из неё всякое философствование, не основанное на математическом аппарате» [128, стр.249.]. Именно в силу неприятия «парадигмы относительности» автор не ставит перед собой задачу конкретизировать её, описывая основные механизмы функционирования.

Таким образом, на примере этих двух работ видны точки зрения на данную проблему. Одна из них (первая) рассматривает сложившуюся в современной физике ситуацию как закономерный процесс

⁴ См. например сборник работ [116]

развития научного знания, другая (вторая) – как отклонение от нормы, «дефект» в развитии науки. Данная работа разделяет первую точку зрения, существенно расширяя и дополняя её, признавая реляционный подход в качестве онтологической парадигмы основ физического знания, отличной от парадигмы классической науки. В ней детально разрабатывается взаимосвязь онтологических основ физического знания и логики, а так же описываются «механизмы» функционирования обоих парадигм.

Отдельно следует сказать о концепции Эрнеста Кассирера, изложенной им в работе «Познание и действительность. Понятие субстанции и понятие функции» [50]. Именно в этой работе немецкий философ разрабатывает два основных онтолого-методологических подхода к анализу действительности, в том числе и к анализу физической действительности. Однако в силу того, что работа была написана в первые годы XX, он ограничивается анализом классической физики, прежде всего классической механики, и только отчасти, далеко не в полной мере затрагивая атомизм, молекулярную физику и химию, учение о теплоте и электродинамику. Иными словами, ко времени написания этой работы он был вынужден опираться на весьма скудный фактический материал, что и привело его, в конечном итоге, к неверным выводам. Указав на связь онтологии и логики, он считает, что является заблуждением положение о том, что в основе классического естествознания лежит субстанциональная онтологическая парадигма, тогда как в действительности, по его мнению, такой основой является реляционная парадигма, представляющая объект исследования (он же, с точки зрения логики является логическим субъектом S) как функцию или связь своих отношений. Разумеется, сам Кассирер не использовал термин «парадигма» и говорил о подходах.

Данную работу можно так же представлять как некоторую трансформацию и развитие идей Кассирера, наполнением фактическим материалом и связанной с этим значительной переработкой содержания его концепции.

Проблематика онтологических основ физического знания, безусловно представляющая отдельный самостоятельный интерес, в то же время может быть «преломлена» и дифференцирована в различных аспектах своих составляющих. Укажем основные:

1. Проблема, которую условно можно назвать проблемой соотношения или присутствия логического в физике. При принятии положения о неразрывном единстве логического и онтологического в физическом знании любая трансформация онтологических осно-

ваний физического знания с необходимостью поднимает проблему логического в физическом знании. Эта проблема уже освещалась в литературе⁵. Наиболее результативно к ней подошёл А.А. Зиновьев, сформулировав эпистемическую логику [43] и логическую физику [44]. Однако предложенные им системы сконструированы исходя из постулата о том, что «...логика вообще не есть теория бытия, и её правила одинаковы для всех наук, к каким бы сферам бытия они не относились» [44, стр.175.]. В свою очередь это есть следствие утверждения о том, что «... сами правила логики не открываются людьми в окружающем нас мире, а изобретаются и совершенствуются вместе с изобретением и совершенствованием таких средств языка как логические знаки» [45, стр.129]. Очевидно, что такой «символический» подход к основам логического знания противоречит онтологическому подходу, представленному в данной работе, и интерес представляет совмещение результатов методологических решений, полученных А.А. Зиновьевым при логическом анализе физической реальности, с реляционной онтологической парадигмой, разработанной в данной работе. Иными словами, весьма перспективной представляется попытка построить «логическую физику» на основании реляционной онтологической парадигмы.

2. Второй аспект тесным образом взаимосвязан с первым и его можно сформулировать как «проблема образования и развития физических понятий». Действительно, понимая физическую теорию как совокупность понятий, отражающих природные объекты и взаимодействия, и признавая очевидное развитие физических теорий, необходимо признать и проблему трансформации физических понятий. Эта проблема является одной из основных проблем логики и методологии физического знания, которой посвящены работы отечественных и зарубежных исследователей. Так, например, полемика по этому поводу развернулась на страницах журнала «The British Journal for the Philosophy of Science» в 1971 г⁶, но ею, разумеется, интересовались не только философы, но и наиболее серьёзные физики XX столетия. Так, этой проблеме достаточно много уделял внимание В. Гейзенберг⁷. Ещё одна формулировка этой проблемы может звучать как проблема «категориального синтеза теоретического знания», расширяя своё содержание, затрагивая не только логику, но и выходя на гносеологические проблемы физического знания, как

⁵ См. например сборник статей [63].

⁶ Обзор этой дискуссии см. [94].

⁷ Работу самого В. Гейзенберга на эту тему и комментарии к ней М.Э. Омеляновского см. [25] и [87].

это показано, например, у В.А. Хромовой [124]. В каждой из формулировок эта проблема может быть «разложена» на множество составных, однако, будучи рассмотренной в контексте онтологических основ физического знания и переформулирована как «проблема трансформации объектов физического исследования», она может получить новое развитие, связанное с *практическим* взаимодействием человека с окружающей его физической реальностью и отражением этого взаимодействия в физическом языке и терминологии.

3. Ещё одним аспектом исследования онтологических оснований физической реальности является проблема, связанная с первыми двумя, и которую можно обозначить как «проблема соизмеримости научных теорий». К этой проблеме тесным образом примыкает проблема (или принцип) соответствия. Очевидно, что одним из основных критериев соизмеримости (сравнения) выступает логическая составляющая теории, и в качестве основных логических принципов, и в качестве содержания физических понятий. В то же время соответствие новых и старых теорий может быть связано не только с математическим формализмом, как это выполняется для релятивистской и квантовой механики, дающих в пределе механику Ньютона, но и для онтологических физических объектов, которые описываются этим формализмом. Такого рода проблематика получила широкое освещение в литературе, особенно в работах Т. Куна, П. Фейерабенда и других, да и в целом в направлении постпозитивистов (или критических рационалистов). В качестве примеров освещения их в отечественной литературе можно привести ряд сборников⁸, в которых особо выделить работы Е.А. Мамчур, Н.И. Степанова, У.А. Раджабова, И.А. Акчурина В.И. Аршинова и др. С точки зрения онтологических основ физического знания проблема соизмеримости, а равно как и проблема соответствия, может найти своё решение через сравнение, но не объектов (логических субъектов), имеющие различную природу в различных парадигмах, а предикатов (или свойств), которые не имеют принципиальных отличий в двух концепциях.

И, наконец, ещё одна составляющая, в которой может быть «преломлена» онтология физического знания, – гносеология. В этом аспекте можно выделить как минимум два момента, в которые данный подход вносит существенную новизну. Это, прежде всего, гносеологическая проблема взаимосвязи чувственного и рационального, которая в данном случае переводится в проблему взаимо-

⁸ См например [115], [76].

действия чувственных и логических свойств (говоря языком логики «предикатов») физической реальности. В перспективе представляет интерес использовать для анализа онтологических основ физического знания кантовскую гносеологическую концепцию описания физических явлений, соответственно, на основании этого сформулировать и обосновать гносеологические следствия обеих онтологических концепций – субстанциональной и реляционной. Ещё одним гносеологическим аспектом онтологических оснований физического знания является проблема наблюдаемости и ненаблюдаемости. В данном контексте её можно сформулировать как проблему онтологического статуса наблюдаемого и ненаблюдаемого. Эта проблема является традиционной для философии науки, ей посвящаются статьи и монографии⁹. В определённой мере наблюдаемость и ненаблюдаемость выступает одним из ключевых критериев разграничения двух онтологических парадигм. Именно полное, целостное чувственное восприятие объектов физического исследования, что предполагает и их наблюдаемость, лежит в основании субстанциональной онтологической парадигмы, тогда как частичное, или опосредованное чувственное восприятие объектов физического исследования, что предполагает в том числе и их ненаблюдаемость, лежит в основании реляционной онтологической парадигмы. Впрочем, и эта тематика требует отдельного, специального и глубокого исследования, основанного на уже имеющихся наработках. В данной работе все выше указанные аспекты и следствия онтологии физического знания «выносятся за скобки» исследования и всё его внимание сосредотачивается только на сугубо онтологических концепциях, лежащих в основ физического и космологического знаний.

⁹ См. например: [20], [96], [124].

1.ОНТОЛОГИЯ И ФИЗИКА: ИСТОРИЯ ВОПРОСА.

1.1.Доаристотелевские онтологические концепции и невозможность на их основе генезиса физического знания

Анализ истории взаимодействия и взаимосвязи физики и онтологии вполне естественно начать с античности как эпохи, в которой произошёл генезис этих двух отраслей человеческого знания. Именно в античной философии и зарождающейся античной науке их взаимосвязь была наиболее «рельефной», и в силу этой «рельефности» онтологическая составляющая физического научного знания «обнаруживает» себя достаточно легко. Однако, как показывает история философии, далеко не каждая онтологическая система оказалась «благоприятной» для генезиса физического знания. Между первыми натурфилософскими концепциями и возникновением физики, как относительно самостоятельной научной дисциплины прошло достаточно много времени, на протяжении которого возник целый ряд онтологических систем, на базе которых, однако, так и не произошёл генезис физического *научного* знания, пусть даже и в относительно простых формах. Почему это так, мы и рассмотрим ниже.

Общеизвестно, что первые философские знания (по крайней мере, в Европе) непосредственно относились к предмету исследования физики и представляли собой размышления об основах окружающего мира. Эти размышления получили название натурфилософия (философия природы), в лице которой физика и онтология совпадали по своему содержанию, образуя тождество. Немного позже проблема была расширена и в лице Парменида получила уже не физический, а онтологический характер. Вопрос о материальных основах мира был заменён вопросом о существовании как таковом, безотносительно к его конкретным формам. Так натурфилософия расширилась до онтологии. Разумеется, эта трансформация происходила не сразу. В специальных исследованиях¹⁰ достаточно чётко проводится логическая цепочка от натурфилософии к онтологии Парменида. Эта цепочка включает в себя философские системы Гераклита и Пифагора, как необходимые предусловия возникновения парменидовской концепции бытия. Однако именно Пармениду удалось «синтезировать» философскую систему, в которой явления или вещи объективной реальности и, прежде всего, природы *совпали*

¹⁰ См. например [34].

с человеческой мыслью о них, образовав тем самым тождество объективной реальности и мысли, – объективную мысль о реальности. Как писал сам Парменид: «Одно и то же – мышление и то, о чём мысль, ибо без сущего, в котором она высказана, тебе не найти мышления» [7, стр.48]. Центральным «ядром» такой системы выступила категория «бытия», в которой это тождество и фиксируется. Синтез этой категории для дальнейшего развития науки имел принципиальное значение. Результаты размышлений о природе отныне были уже не просто «играми разума» или «умозрительными спекуляциями на предмет природы», которые носил к тому же логически аморфный, расплывчатый характер. С введением в рассмотрение «бытия» подобные размышления приобретали почти тот же самый научный «вес» и мировоззренческую ценность, которыми они обладают и в форме современных физических теорий. Это были уже размышление о *существующем*, которые к тому же уже можно было задавать в определённой системе, поскольку это понятие, в силу своей общности, пусть даже и потенциально, задаёт определённую *иерархию* понятий, через которые необходимо раскрыть *его содержание*. Иными словами, парменидовский «синтез» или «открытие» онтологии и её «ядра» – категории «бытия» – создало прочный и долговечный онтологический фундамент научных теоретических построений. С этого момента прерогатива науки, её несокрушимая сила – заниматься *существующим*, тем, что *есть на самом деле*, отдав на «откуп» другим формам интеллектуальной деятельности остальные, спорные в своём онтологическом статусе объекты. Значение для будущего развития науки, созданного Парменидом, трудно переоценить, и в этом смысле вполне уместна широко известная оценка, сделанная М. Хайдеггером о том, что «атомная бомба впервые взорвалась в поэме Парменида «О Природе»».

Однако сама онтология в «версии» Парменида имела ряд существенных недостатков, препятствующих возникновению «на её почве» физики как научной дисциплины, исследующие общие свойства и закономерности природы. Концепцию Парменида, как и ещё ряд других онтологических концепций античности, о которых будет сказано ниже, можно назвать концепциями, в которых бытие «содержится» *вне вещи*. Действительно, согласно Пармениду, бытие обладает рядом характеристик: «Что сущее не рождено, оно не подвержено и гибели, целокупное, однородное, бездорожное и законченное, Оно не было когда – то и не будет, так как оно едино и есть сейчас, оно и непрерывно ... оно и неделимо, ибо всё есть одинаково, ... неподвижно в границах великих оков, оно

безначально и непрерывно, ... оно закончено, Со всех сторон похоже на глыбу совершенно круглого шара. В каждой точке равноудалённое от центра... оно однородно внутри своих границ...» [7, стр.47-48.]. Очевидно, что все эти характеристики неприемлемы к изменяющимся множественным вещам, непосредственно окружающим нас и составляющим природу как таковую. Они (вещи) текучи, изменчивы и непостоянны. Отсюда следовало, что эти вещи не обладают бытийсвенным статусом, они не есть существующие. Подобное доказывал и ученик Парменида – Зенон в своих знаменитых апориях. Их задача показать, что всякое движение, всякая множественность кажущиеся, не истины в смысле своего онтологического статуса. Ни множество, ни движение, согласно элеатам, не существуют, и это принципиальная позиция их школы. Вполне очевидно, что физика, в её античном варианте, не может не только развиваться, но даже возникнуть, исходя из этих положений. Множественность и изменчивость (движение) есть фундаментальные, основные и системообразующие свойства природы, зафиксированные ещё первыми философами, особенно Гераклитом Эфеским, и без учёта этих свойств никакое учение о природе не имеет смысла.

Ещё одна античная онтологическая концепция возникла как противоположность концепции Парменида. Она оппонировала основным его положениям¹¹. Один из возможных путей решения апорий Зенона заключался не в отрицании движения и множественности, а в утверждении *предела* любого деления окружающих нас элементов действительности, прежде всего: пространственных отрезков, промежутков времени и материальных тел. Так появляется ещё одна античная доаристотелевская онтологическая концепция – атомизм. Её суть заключается в том, что все окружающие нас тела состоят из мельчайших неделимых частиц – атомов, что буквально означает «неразрезаемый». Впервые подобные идеи высказали Левкипп и Демокрит. Атомы, различным образом соединяясь между собой, образуют всё многообразие окружающих нас вещей, явлений и процессов. В мире нет ничего, кроме атомов и пустоты, в которой они движутся. «Гален *de elem. sec. Hipp. I 2*. ... Итак, атомы суть возможные маленькие тела, не

¹¹ Разумеется, эта попытка была далеко не единственной. В качестве таковых в определённом смысле возможно указать на концепции Эмпедокла и Анаксагора. Последняя, в частности, преодолевала элеатское отрицание множественности путём введения в рассмотрение гомеомерий, или «семян» вещей. Однако эти концепции можно рассматривать как своеобразные «тупиковые ветви» в генезисе онтологических оснований физического знания. По крайней мере, к ним в дальнейшем сами физики обращались очень редко.

имеющие качеств, пустота же – некоторое место, в котором все эти тела, в течение всей вечности носясь вверх и вниз или сплетаясь каким-нибудь образом между собой, или наталкиваются друг на друга и отскакивают, расходятся и сходятся снова между собой в такие соединения, и таким образом они производят и все прочие сложные [тела] и наши тела, и их состояния и ощущения...» [74, стр.61.]. Атомам Демокрит ставит в соответствие бытие, а пустоте – небытие. «Симплиций *phys.* 28,4 (из Теофраста *Phys.* Op. f. 8). ... Притом же бытие существует несколько не более, чем небытие, и оба они одинаково являются причинами для возникновения [вещей]. А именно, предполагая сущность атомов абсолютно плотной и полной, он называл их бытием, учил, что они носятся в пустоте, которую он называл небытием, и говорил, что последнее существует не менее, чем бытие...» [74, стр.58.]. Об этом же говорит и Аристотель: «А Левкипп и его последователь Демокрит признают элементами полноту и пустоту, называя одно сущим, другое – несущим, а пустое и <разреженное> – не сущим (потому они и говорят, что сущее существует несколько не больше, чем несущее, потому что и тело существует несколько не больше, чем не пустота), а материальной причиной они называют и то, и другое. И так же как те, кто признаёт основную сущность единой, а всё остальное выводит из её свойств, принимая разреженное и плотное за основания (*archai*) свойств [вещи], так и Левкипп и Демокрит утверждают, что отличия [атомов] суть причины всего остального» [8, стр.75.]. Таким образом, единичные природные тела, окружающие нас, и в концепции атомистов не наделены полноценным онтологическим статусом. Они только системы или *формы* группировок атомов, выступающие по отношению к самим атомам вторичным явлением. В этом смысле и атомистическую онтологию также можно отнести к классу концепций «*бытие вне вещей*». При всей своей содержательной близости современной физической картине мира атомистическая онтологическая концепция имела один существенный недостаток. Согласно ей, истинное бытие – атомы, в силу своей малости, находились за порогом чувственного восприятия человека. Они оставались только умозрительными, логическими (если такой термин уместен в то время, когда сама логика ещё не получила теоретического оформления) конструкциями, не имеющими эмпирической реализации. «Симплиций *de coelo* p. 294. 33 Heid ... Демокрит полагает, что вечные [начала] по своей природе суть маленькие сущности, бесконечно многие по числу. Кроме них он предлагает [истинно сущим] ещё другое – место, бесконечно большое по

величине. Называет он [это] место следующими именами: «пустой», «ничем», «беспредельным», а каждую из [вышеупомянутых] сущностей [называет] «что», «полное» и «бытие». Он полагает, что сущности настолько малы, недоступны [восприятию] наших органов чувств. У них разнообразные формы и разнообразные фигуры, и они различаются по величине» [74, стр.62.]. И именно поэтому античная физика не смогла «взять» в качестве своего базиса атомистическую онтологическую концепцию. Постигание природы и свойств окружающих вещей вне чувственного восприятия, познание только при помощи размышлений не является эффективным для физического знания. Несмотря на то, что и свойство множественности, и свойство изменчивости (движения) органически входят в эту концепцию и объясняются ею, она всё же не стала основой античной физики.

Ещё одной онтологической концепцией, которая существенным образом способствовала зарождению научного знания вообще, и физического в частности, однако также имевшая неполный, «половинчатый» по отношению к физическому знанию характер, была онтологическая система Платона, сформулированная в виде теории идей. Само по себе творчество Платона настолько многогранно и многосторонне, что его исследование продолжается уже не одну тысячу лет, однако в контексте данного вопроса хотелось бы отметить два его основных момента:

1. Теория идей Платона имеет одним из своих оснований космологическую картину мира и является её строгим продолжением и завершением.

2. Теория идей, как учение о примате *общих* понятий и определений над *частными*, формирует «предлогические» основания теоретического знания как определённого типа мышления и определённого способа восприятия мира. Фактически платонизм стоял у истоков феномена европейской науки, хотя и оформил её онтологические основания уже Аристотель. Впрочем, обо всём по порядку.

Напомним, что свою космологическую картину мира Платон в основном изложил в нескольких произведениях – диалогах «Государство», «Тимей», «Политик» и некоторых других. Её основные положения можно резюмировать следующим образом:

1. Мир в целом неоднороден. Он разделяется на два мира: мир материальный, воспринимаемый нашими органами чувств, и мир идей, или «умозрительный» мир, который наши органы чувств не могут воспринять.

2. Материальный мир, или «тело космоса», имеет сложную и совершенную структуру.

3. Материальный космос представляет собой целостный, единый объект.

Эти, и некоторые другие положения платоновской космологии сами по себе представляют широкое поле для исследований, однако в контексте данной работы особое внимание хотелось бы обратить на её первое положение и на его онтологическую составляющую.

Прежде всего, необходимо отметить, что к платоновской картине мира в полной мере применима категория «пространство». Более того, на наш взгляд, эта категория является ключевой для её понимания. Как пишет сам Платон: «Мы видим его (пространство – Т.Я.) как бы в грёзах и утверждаем, будто *всякому бытию непременно должно* быть где-то, в каком то месте и *занимать какое-то пространство*¹², (выделено мной – Т.Я.), а то, что не находится ни на земле, ни на небесах, будто бы и не существует. Эти и родственные им понятия *мы* в сонном забытьи *переносим и на непричастную сну природу истинного бытия*¹³... (выделено мной – Т.Я.)» (Тимей; 52-b). Конечно же, толкование этого термина Платоном отчасти не совпадает с тем, что мы понимаем под пространством сейчас, хотя бы потому, что Платон отождествляет его с местом, а не с протяжённостью, как оно понимается в современной науке. Однако, кроме *хώρα*, Платон использует ещё один синоним этого слова, который по смыслу гораздо ближе современному пониманию: *область* (*τόπος*). В 6-ой книге «Государства» он прямо говорит о двух областях – *умопостигаемого* и *видимого мира* и об их разграничении (Государство, книга 6; 509-d,e; 510-b,c). Таким образом, мы можем заключить, что Платон рисует две, качественно различные области пространства, два различных *топоса* (*τόπος*). Границей между ними является сфера неподвижных звёзд, или *небо*¹⁴ (*οὐρανός*), на которой закреплены видимые «неподвижные» светила. Сама эта сфера ещё принадлежит «чувственному» топосу. Как отмечает сам Платон: «Оно (небо – Т.Я.) возникло, ведь оно зримо, осязаемо, телесно, а все вещи такого рода осязательны и, воспринимаясь в результате ощущения мнением, оказываются возникающими и пораженными¹⁵» (Тимей; 28-c). Этому же топосу принадлежит и всё, что находится *внутри*¹⁶ этой сферы, и, соответственно, всё, что находится *вне её*¹⁷, принадлежит другому,

¹² Здесь Платон использует термин *хώρα* – Т.Я.

¹³ Т.е. на всё то, что вечно и неизменно и находится вне наших ощущений. – Т.Я.

¹⁴ Как сказано в определениях: «Небо – тело, охватывающее собой все чувственные вещи, кроме самого высшего воздуха» [107, стр.615].

¹⁵ Т.е. принадлежащим видимому, чувственному топосу – Т.Я.

¹⁶ Очевидно, что «чувственный» топос конечен, т.е. его объём – есть конечная величина.

¹⁷ Т.е. «умопостигаемый» топос бесконечен.

«умопостигаемому» топосу. При такой космологической картине мира вполне логично объяснима его структура - «умопостигаемый» топос *масштабно* расположен дальше от Земли, которая находится в центре *непосредственно* окружающего её «чувственного» топоса.

Платоновский топос «умопостигаемого» мира появился у него не случайно. Вся платоновская философия пронизана пафосом несовершенства мира, воспринимаемого нашими чувствами. Это несовершенство заключалось не только в его «текучести» и изменчивости, но и в неполноте, логической противоречивости и несогласованности, в его дисгармоничности и парадоксальности. Несовершенный чувственный топос требовал более совершенного логического обоснования, находящегося за пределами наших чувств. Таким обоснованием и выступал умопостигаемый топос, причём, в космологии Платона тот факт, что он находился за пределами наших чувственных ощущений, ничуть не уменьшал его реальности. В «Тимее» Платон называет этот топос «истинным бытием», подчёркивая тем самым его онтологический характер. Это же неоднократно отмечал Платон и в «Государстве», сравнивая умопостигаемый топос¹⁸ с Солнцем (в том числе и в знаменитом символе пещеры в 7-ой книге «Государства»), которое даёт всему «...что мы видим, не только возможность быть видимым, но и рождение (*γένεσιν*), рост, а так же питание, хотя само оно не есть становление (*γένεσιν*)» (Государство, Книга 6; 509 – b). «... Оно (благо – Т.Я.) даёт им и бытие, и существование, хотя само благо не есть существование, оно – за пределами существования, превышая его достоинством и силой» (Государство, Книга 6; 509 – c). Таким образом, природа, (*φύσις*) как совокупность единичных, чувственно воспринимаемых вещей, лишена полноценного онтологического статуса. Правда, материя сама по себе, как *material*, из которого Демиург при помощи идей создал единичные вещи, имеет определённый онтологический вес. Как отмечает сам Платон: «Вторых, есть нечто подобное этой идее (умопостигаемой сути вещей – Т.Я.), и носящая то же имя – осязаемое, рождённое, вечно движущееся, возникающее в некотором месте и вновь из него исчезающее, – оно воспринимается посредством мнения, соединённого с ощущением». (Тимей 52). Однако очевидно, что этого «веса» для возникновения физики явно недостаточно. Возможность восприятия «посредством мнения, соединённого с ощущением», допускается только для материи в целом, как одного (наравне с идеей и прост-

¹⁸ В своих «диалогах» Платон даёт умопостигаемому топосу различные названия. В данном месте своей работы он отождествляет его с *благом*.

ранством) из «начал» мира. В таком качестве она рассматривается как *общая* категория, тогда как суть частных (единичных) вещей в их идеях, которые только и достойны познания. Несовершенство чувственно воспринимаемых единичных вещей, их изменчивость (подвижность), противоречивость и непостоянство, и отсутствие у них, в силу этого, значимого онтологического статуса приводит к отрицанию (говоря современным языком) познания эмпирического и, соответственно, утверждение, как единственно возможного, познания теоретического. Безусловно, такой подход не может быть заложен в основания физического знания, однако как «вспомогательная конструкция» он является весьма продуктивным, особенно в контексте теории идей Платона. Сама же эта теория, если ей дать краткую характеристику, может рассматриваться как теория примата *общего* над *частным*. Её несомненная удача – разрешение проблемы соотношения единого и многого, которое, трансформируясь и определённым образом «преломляясь» в логике Аристотеля, используется в основаниях науки и по настоящее время. Идеи, как общие понятия, «аккумулирующие» в себе общие признаки класса единичных чувственных вещей, и по Платону онтологически первичнее самих вещей. Эта первичность была отвергнута уже в онтологии Аристотеля, чем и была открыта дорога к генезису физического знания как самостоятельного, а введение в рассмотрение системы общих понятий было и остаётся гениальнейшим «изобретением» Платона, без которого возникновение никакого научного, в том числе и физического знания, просто не смогло бы состояться. По сути, Платон своей теорией идей заложил «логический каркас» теоретического знания и понимания мира. Основу такого каркаса составляет система общих понятий, в которых описывается мир, и «механизм», пусть и в неявной форме, их генезиса человеческим разумом. Разумеется, с точки зрения Платона, никакого генезиса не было, было только припоминание, однако это несколько не умаляет его значения. Будущим ученикам Платона, прежде всего Аристотелю, останется только, опираясь на представление о системе общих понятий, выписать механизм их генезиса в явном виде, дополнив его законами логики, которые бы регламентировали и этот механизм, и операции с самими понятиями. Всё это и было сделано Аристотелем. Для этого ему, правда, пришлось пересмотреть платоновскую онтологическую концепцию, однако об этом немного ниже, а сейчас вполне уместно подвести некоторые предварительные итоги развития доаристотелевских онтологических концепций:

1. Философия, возникнув из решения естественных проблем физического характера (о первоначалах всего существующего), по мере своего развития, внутри себя самой синтезировала онтологию как дисциплину о существовании «самом по себе», безотносительно к конкретным формам.

2. Все первые античные онтологические концепции, включая и теорию идей Платона, можно назвать концепциями «бытие вне вещи», поскольку онтологически значимые качества, бытие «находились» вне единичных, чувственно воспринимаемых вещей, множество которых и образует природу.

3. Возникновение онтологии способствовало дальнейшему развитию знаний о природе, однако онтологическая концепция «бытие вне вещи» не могла выступать основой генезиса научного физического знания. Это объясняется тем, что эта концепция не брала в рассмотрение и не обеспечивала рефлексии над чувственными свойствами единичных вещей, что «закрывало ход» развитию эмпирического познания, без которого физическое научное знание невозможно.

4. В развитии античной онтологии, как потенциального основания физического знания, можно выделить определённую логику. Начав собственно с генезиса самого понятия «бытие» в онтологической системе Парменида, через атомистическую концепцию, в лице теории идей Платона античная онтология пришла к возможности логического выражения, через их онтологизацию, свойств единичных вещей. Представление о понятиях, об их родах и видах, вытекающие из теории идей, становится логическим каркасом теоретического знания вообще, и физического в частности. Следующий шаг, необходимый для возникновения физики, – онтологически обосновать необходимость исследования эмпирических свойств и увязать их с логической формой выражения. Эту задачу блестяще решил Аристотель, и именно в его лице рождение физики, как научной дисциплины, состоялось. Рассмотрим подробнее.

1.2. Онтологическая парадигма Аристотеля как базис его физики и космологии

Основные онтологические принципы Аристотель изложил в сочинении, получившем в I в.н.э. название *Метафизика*¹⁹, означающее на греческом «после физики». Связь между физикой и онтологией, зафиксированная²⁰ в этом названии, имеет глубокий смысл,

¹⁹ Строго говоря, онтологическое учение Аристотеля не вполне «сконцентрировано» и «локализовано» в «Метафизике», его элементы как элементы целостной системы присутствуют в ряде других работ, таких как: «Физика», «О небе», «Категории» и др.

²⁰ Эта связь фиксируется не только в названии, но и в самом тексте, где Аристотель очень часто ссылается на свой трактат «Физика».

хотя, вероятно, что автор этого термина – Андроник Родосский в полной мере не осознавал этого. Онтология, как учение о наиболее общих свойствах и принципах бытия, выступает с одной стороны как результат обобщения «первых принципов» природы, которые и изучает физика, а с другой – как «руководящее» методологическое начало для познания этих природных (физических) принципов, их расширение и углубление. Подобный вид отношения между «физикой» и «метафизикой» объясняет, почему именно Аристотель заложил основы античного естествознания, прежде всего физики. Именно в лице Аристотеля как онтолога, онтология создала благоприятные условия для генезиса этих дисциплин.

Основные положения онтологии Аристотеля можно представить следующим образом. Центральным понятием своей онтологической системы Аристотель делает понятие «субстанция» – латинский перевод того, что сам Аристотель назвал «сущностью». Сущность, (суть), по Аристотелю, определяется как: «...суть бытия каждой вещи означает то, что эта вещь есть сама по себе» [8, стр.191.]. «Итак, сущее и единое – одно и то же, и природа у них одна... Действительно, одно и то же – «один человек» и «человек», «существующий человек» и «человек», повторение в речи «он есть один человек» и «он есть человек» не выражает что-то разное... Кроме того, сущность каждой вещи есть «единое» не приводящим образом, и точно так же она по существу своему есть сущее» [8, стр.120-121.]. Другими словами, суть бытия каждой единичной вещи и сама вещь – это одно и то же. Это тождество Аристотель развивает далее и получает тождество бытия каждой вещи с ней самой: «Таким образом, ясно, что бытие каждой вещи, обозначаемое как первичное само по себе сущее, и сама эта вещь тождественны и составляют одно» [8, стр.197.]. Таким образом, у Аристотеля получается тройное отождествление: вещь, её бытие и сущность (субстанция) – это одно и то же. Это отождествление имеет далеко идущие следствия. Оно означает, что каждая единичная, данная нам в чувственном опыте вещь есть субстанция в том смысле, что её существование является автономным, и эта вещь не нуждается ни в чём другом для своего существования. Очевидно, что тождество вещи и её бытия можно, в противовес вышеупомянутым концепциям «*бытие вне вещей*», назвав концепцией «*бытие в вещах*». Подобный подход может быть наглядно проиллюстрирован. Представим, проведя мысленный эксперимент, что из мира исчезают все вещи, кроме одной (для определённости пусть это будет какой-нибудь единичный предмет, например стул). Согласно онтологической картине мира Платона,

стул, в отсутствие идеи стула в особом мире идей, находящейся за сферой неподвижных звёзд, утрачивает своё свойство «стульности» и перестаёт быть таковым. У Аристотеля ситуация другая. Даже если в мире нет ничего, кроме этого единственного стула, он в этой ситуации останется самим собой и будет тождественен самому себе. Концепция Аристотеля «бытие в вещах» действительно является огромным достижением человеческого разума, без которого ни физика, ни наука, ни в целом европейская цивилизация и европейская рациональность не достигли бы современного уровня развития. Наиболее очевидное её преимущество перед другими античными онтологическими концепциями – необходимость для процесса познания эмпирической рефлексии над каждой единичной, чувственно данной вещью. А это и есть то, чего не хватало предшественникам Аристотеля. Впрочем, эффективность данной концепции только этим не ограничивается, да и сама эмпирическая составляющая требует взаимосвязи с теоретической составляющей познания и логической формой выражения вещи. И эта проблема также была решена Аристотелем.

Всякая субстанция, согласно Аристотелю, есть сочетание двух «составляющих» – материи и формы. «Итак, из сказанного очевидно, что то, что обозначается как форма или сущность, не возникает, а возникает сочетание, получающее от неё своё наименование, и что во всяком возникающем есть материя, так что одно [в нём] есть материя, а другое – форма» [8, стр.201.]. Материя есть то, что потенциально способно «принять» форму и что актуализирует эту потенцию: «А под материей я разумею то, что само по себе не обозначается ни как суть вещи (ti), ни как что-то количественное, ни как что-либо другое, чем определено сущее» [8, стр.190.]. В определении материи Аристотель подчёркивает несколько моментов, давая его различным образом, однако, говоря о природных объектах реальности, которыми призвано заниматься учение о природе (физика), Аристотель акцентирует внимание, что свойством материи в этом случае является её воспринимаемость нашими чувствами: «А есть с одной стороны материя, воспринимаемая чувствами, а с другой – постигаемая умом; воспринимаемая чувствами, как, например: медь, дерево, или всякая движущаяся материя, а постигаемая умом – та, которая находится в чувственно воспринимаемом не поскольку оно чувственно воспринимаемое, например, предметы математики» [8, стр.207.]. Под чувственно воспринимаемой материей он имеет ввиду объекты физической (природной) реальности, оговаривая

перед этим²¹, что движущаяся материя и есть природа, а под «постигаемой умом» – «чистое» пространство, которое согласно позднепифагорейской традиции, выступает «материалом» для геометрических фигур. Таким образом «материальный компонент» триединства «вещи – бытия – субстанции» «несёт ответственность» за всякое чувственное познание и делает его начальной ступенью любого процесса познания, связанной с объективной действительностью, в том числе и вещами и явлениями природы (физикой).

Форма Аристотелем понимается как очертание-образ, выраженный в понятии. Системообразующей составляющей в тандеме материя – форма, (для каждой вещи) безусловно, является форма. «Формой я называю суть бытия каждой вещи и её первую сущность» [8, стр.198.]. Первой сущностью всякого предмета, по Аристотелю, является его бытие как логическое выражение, понятие о нём, в котором фиксируются его основные свойства. «Бытие само по себе приписывается всему тому, что обозначается через формы категориального высказывания, ибо сколькими способами делаются эти высказывания, в стольких же смыслах обозначается бытие. А так как одни высказывания обозначают суть вещи, другие – качество, иные – количество, иные – отношения, иные – действие или претерпевание, иные – «где», иные – «когда», то сообразно с каждым из них те же значения имеет и бытие. Ибо никакой нет разницы сказать: «человек есть здоровый» или «человек здоров», и точно так же: «человек есть идущий или режущий» или же «человек идёт или режет»; и подобным образом во всех других случаях» [8, стр.156.]. Иными словами, формой является логическое содержание понятия данной вещи, которое, по Аристотелю, и образует саму вещь «присовокуплением» к нему материи. Например, формой вышеупомянутого стула является все те признаки, которые мы мыслим в понятии «стул». Присовокупив эти признаки к материи – древесине, металлу, пластику или ещё чему-либо, мы получаем стул как конкретный единичный предмет, воспринимаемый нашими органами чувств.

Аристотелевская онтологическая концепция в виде учения о субстанции, материи и форме «появилась на свет» прежде всего как критика платоновской онтологии, и вне подобного контекста вряд ли смогла реализоваться. И, прежде всего, это касается базисного понятия всей онтологической системы – «формы». Как

²¹ «... природа, или естество, в первичном и собственном смысле есть сущность, а именно сущность того, что имеет начало движения в самом себе как таковом: материя называется естеством потому, что она способна принимать эту сущность, а возникновение разного рода и рост именуется естеством потому, что они движения, исходящие от этой сущности.» [8, стр.150.].

отмечают специалисты по античной классике А.Ф. Лосев и А.А. Тахо-Годи: «...центральная категория философии Платона, а именно идея, или как говорили тогда эйдос, перешла к Аристотелю почти целиком. Кто поймёт эту категорию у Платона, тот в основном овладеет также и главнейшим принципом философии самого Аристотеля, хотя этот принцип заново будет пересмотрен Аристотелем» [64, стр.311.]. «Эйдос» Платона и «форма» Аристотеля обозначают фактически одно – логическое содержание любого общего понятия, совокупность его (понятия) системообразующих признаков. Тот знаменитый спор между Платоном и Аристотелем, зафиксированный Рафаэлем на его фреске «Античная школа», идёт лишь об одном – «привязке» этих признаков. У Платона они существуют отдельно и независимо от вещи, и «привязаны» к специальному миру идей, у Аристотеля они достаточно жёстко «привязаны» к конкретной единичной вещи и «отделяются» от неё нашим сознанием специальным методом, разработанным Аристотелем. Однако логическая взаимосвязь Платона и Аристотеля нисколько не умаляет ни значения системы Аристотеля, ни значимости её творца – самого Стагирита, поскольку из подобного подхода следуют два принципиальных следствия, имеющие первостепенное значение и для развития научного знания вообще, и лежащего в основе генезиса и развития классического научного знания в частности:

1. Вводя представление о форме как о логическом содержании понятия, Аристотель тем самым фактически задаёт основы классической рациональности в виде формальной, называемой ещё Аристотелевой, логики. Как отмечает Эрнест Кассирер: «Аристотелевская логика представляет собой в своих общих принципах точное выражение и отражение аристотелевской метафизики. Её с её своеобразными мотивами можно понять лишь в связи с теми воззрениями, на которых покоится последняя. Учение о сущности и расчленение бытия (на материю и форму – Т.Я.) обуславливает собой учение об основных формах мышления» [50, стр.9.]. И это действительно так:

Во-первых, три закона логики, а именно закон тождества, закон противоречия и закон исключённого третьего, не противоречат и могут быть выведены как следствия основного положения «Метафизики» о субстанциональности единичного бытия и органически вплетены в «ткань» этой работы. Формулировке и обоснованию двух последних законов посвящена четвёртая книга «Метафизики», закон противоречия толкуется Аристотелем как «универсальный принцип

бытия» [8, стр.464.]. В его подходе закон тождества может рассматриваться как следствие представления о понятии как неизменной форме. И у Платона, и у Аристотеля системообразующие признаки данного предмета не меняются, в противном случае он перестал бы быть самим собой. В силу этого понятие будет всегда тождественно самому себе, что и фиксирует этот закон. Таким образом, онтологическое представление Аристотеля о субстанции задаёт определённые нормы и правила классического рационального мышления.

Во-вторых, следствием положения о форме, как понятии, является возможность мысленного отображения как единичных, так и общих свойств объектов материального мира и возможность «конструировать» эти понятия, фиксируя в них те или иные существенные свойства единичных вещей. «Для Аристотеля, во всяком случае, понятие не есть голая субъективная схема, в которой мы объединяем общие элементы какой-нибудь любой группы вещей. Это извлечение общих признаков было бы пустой игрой мысли, если бы в основе его не лежало допущение: что-то, что получается таким образом, есть в то же время реальная *форма*, служащая нам порукой за казуальную и телеологическую *связь* отдельных вещей. Настоящие и последние общие элементы вещей – это в то же время творческие силы, из которых они вытекают и сообразно которым они формируются»[50, стр.13.]. Наличие «механизма» генезиса понятий у Аристотеля является принципиальным. Мало того, особой заслугой Аристотеля, без которой дальнейшее развитие логики и теоретического знания было бы невозможно, является разработка этого механизма, который называется «абстракция». Вот как описывает его Э. Кассирер: «...здесь предполагается лишь наличность самих вещей в их, на первый взгляд, невообразимом многообразии и способность духа извлекать из этой массы индивидуальных единичных существований те моменты, которые общи множеству подобных существований. Соединяя, таким образом, в классы объекты, обладающие одним и тем же общим свойством, и продолжая повторять этот процесс на высших ступенях, мы получаем мало-помалу всё более прочную классификацию и расчленение бытия по градациям вещественных *сходств*, обнаруживающихся в отдельных вещах. Основные функции мышления сводятся здесь исключительно к процессу *сравнения* и *различения* данных чувственных многообразий. Рефлексия, обращающаяся то к одному, то к другому, чтобы убедиться в существенных чертах и сходствах, ведёт сама по себе к абстракции, которая очищает все эти родственные черты от различных примесей несходных составных частей и таким образом их выделяет.

Эта концепция – и в этом, по-видимому, заключается её своеобразное преимущество и оправдание – нигде таким образом не нарушает и не портит *единства* естественного образа мира. Понятие не является чем-то чуждым миру чувственной действительности, оно образует часть самой этой действительности, экстракт из того, что содержится в ней непосредственно» [50, стр.10-11.]. Разработка и широкое использование механизма генезиса общих понятий в рамках онтологической схемы Аристотеля позволяет создать иерархию понятий, что открывает дорогу созданию понятийного (категориального) аппарата отдельных дисциплин, в том числе и естественнонаучного характера. А это, в свою очередь, уже позволяет задавать некоторый «теоретический каркас» естественных наук и начать формировать теоретическое естественнонаучное знание. Впрочем, нечто подобное можно было делать, пользуясь и онтологией Платона в форме теории идей, поскольку и у него в системе эти понятия играют ключевую роль, соотносясь с реальностью в несколько ином качестве, что в конечном итоге и является недостатком (по крайней мере, с точки зрения основ физического знания) системы Платона.

2. Кроме возможности генезиса логико-теоретического «каркаса» научного знания, включающего в себя законы логики и механизм генезиса общих (абстрактных) понятий, ещё одним следствием онтологической концепции Аристотеля является возможность развивать знание эмпирическое, которое, в совокупности с теоретическим, образует естественные науки. Принципиальными являются ещё два момента.

Во-первых, как уже говорилось выше, положение о субстанции, как единичной вещи, придаёт гносеологический «вес» и значимость этой вещи, для познания этой вещи разрешает и в определённой степени вынуждает исследователя рефлексировать именно над *ней*, а не только над *её общими свойствами* или принципами. Эта рефлексия с необходимостью должна включать в себя эмпирическую составляющую. Как отмечает А.Н. Павленко: «...для Аристотеля *подлинно сущим* (подлежащим) являются только единичные вещи, например: вот этот человек. Но спрашивается, как мы вообще можем выделить для себя единичную вещь – «вот этого человека»? Для Аристотеля ответ очень прост: мы его *чувственно воспринимаем* (курсив мой - Т.Я.). Это абсолютно очевидная данность единичной вещи» [90, стр.77.]. Для этого чувственного восприятия Аристотель ещё не разработал специальных эмпирических научных методов, таких как наблюдение или эксперимент, эмпирические методы

представлены им в наивной форме – в виде созерцания, поскольку, по Аристотелю, оно и есть начало познания: «Поэтому необходимо продвигаться именно таким образом: от менее явного по природе, а для нас более явного, к более явному и понятному по природе. Для нас же в первую очередь ясны и явны скорее слитные [вещи], и уж затем из них путём расчленения становятся известные элементы и начала. Поэтому надо идти от вещей [воспринимаемых] в общем, к их составным частям: ведь целое скорее уясняется *чувством* (выделено мной – Т.Я.), а общее есть нечто целое...» [10, стр.61.]. Как сказано И.Д. Рожанским в примечании к этому отрывку, здесь говорится о том, что Аристотель предлагает идти от «непосредственного восприятия вещи в её целостности и нерасчленённости» к «уяснению элементов, из которых она состоит» [10, стр.560.]. Этими элементами являются материя и форма. Аргументацию Аристотеля, в которой он опирается на чувственные данные в решении целого ряда физических и космологических вопросов, можно, например, назвать, как это делает А.Н. Павленко, «аргументами от очевидности»²². В качестве наиболее значимых примеров использования чувственных данных для решения некоторых космологических проблем можно указать на выбор между геоцентрической и гелиоцентрической системами мира. Аристотель при этом пользуется уже вполне научным обоснованием, опираясь и на определённый теоретический каркас, и на эмпирические данные, причём последние являются необходимым условием соответствия истине. «Кроме того, наблюдения показывают, что все [небесные тела], обладающие круговым движением, за исключением первой сферы, запаздывают и движутся несколькими движениями. Поэтому и Земля, – движется ли она вокруг центра или находится в центре – по необходимости должна двигаться двумя положениями. Если это так, то должны происходить отклонения и попятные движения неподвижных звёзд. Однако этого не наблюдается: одни и те же звёзды всегда восходят и заходят в одних и тех же местах Земли» [9, стр.336.]. В данном случае мы имеем типичную схему, широко используемую уже в классической науке: эмпирическое обобщение – теоретическая формализация – эмпирическая проверка. И в такой постановке вопроса, и в методологическом его решении Аристотель прав. В этом месте речь идёт о явлении параллакса, которое заключается в *кажущемся* описании «неподвижными звёздами» эллипсов на небесной сфере вследствие того, что из-за движения

²² Термин «очевидный» говорит сам за себя, т.е. то, что видят очи (глаза), а с учётом того, что глаза есть органы чувств, то шире – что воспринимают наши органы чувств.

Земли они (звёзды) наблюдаются с разных точек орбиты. Это явление действительно было открыто, но гораздо позднее, по мере развития и совершенствования наблюдательной техники и технологий, и, прежде всего, использования телескопа. Вследствие своей малости эффект параллакса не мог быть открыт во времена Аристотеля, предполагать же его а priori, ссылаясь на большие расстояния до звёзд, Аристотель, как добросовестный учёный, не мог. В этом смысле можно утверждать, что его положение о неподвижности Земли научно обосновано и подтверждается эмпирическими данными того времени. Правда, уже после смерти Аристотеля Аристарх Самосский предложил первую в истории науки гелиоцентрическую систему мира, которая в своих основаниях опиралась на эмпирические данные, связанные с измерением углов в треугольнике Солнце – Луна – Земля. Однако в силу ряда причин, в том числе и ненаучного характера, эта концепция не получила дальнейшего развития в античности, и не получила той законченности, которую получила геоцентрическая система Аристотеля в космологии Птолемея.

Ещё один эмпирический аргумент против движения Земли вокруг своей оси заключается в том, что все тела, брошенные вверх, падают вертикально на то же самое место, не отклоняясь в сторону в своём полёте (296b-20-25). Аналогичным образом, также опираясь на эмпирические данные, Аристотель рассуждает и против пифагорейско-платоновской «музыки небесных сфер»: «Абсурдно не только то, что мы ничего не слышим (музыки сфер – Т.Я.) (это они ещё пытаются как то объяснить), но и то, что не испытываем на себе никакого другого действия [звука], не опосредованного ощущением. Очень громкие звуки сокрушают, как известно, цельность даже неодушевлённых тел, например, звук грома расщепляет камни и наипрочнейшие тела. Если же движется такое количество столь огромных тел, а проникающая способность и сила звука прямо пропорциональны движущейся величине, то он должен и доходить сюда, и обладать невообразимой сокрушительной силой. Однако мы и не слышим, и не видим (выделено мной – Т.Я.) чтобы тела подвергались какому-либо насильственному воздействию, и не трудно объяснить почему: потому что никакого звука нет»[9, стр.323.]. На эмпирический материал (прежде всего данные астрономии) Аристотель ссылается и при решении вопроса об относительных расстояниях планет, вращении Луны вокруг своей оси, шарообразности Земли, которая «доказывается чувственным опытом» (297b-25).

В физике Аристотеля это ещё более наглядно. Так, например, при решении проблем, связанных с движением, Аристотель многократно ссылается на очевидное: «Равным образом невозможно, чтобы все [предметы] находились в движении или же чтобы они всегда двигались, а другие всегда покоились. Против всего этого достаточно одного довода, *ведь мы видим* (курсив мой - Т.Я.), что одни [предметы] иногда движутся, иногда покоятся» [10, стр.230.]. «Кроме того, части животных движутся часто против природы, против их положения и [обычных] способов их движения; и в большинстве случаев движение, вызванное чем-то другим, *наглядно проявляется* (курсив мой – Т.Я.): в [телах] движущихся против природы, так как здесь ясно, что они движутся другим» [9, стр.231.]. «*Мы видим ведь воочию* (курсив мой – Т.Я.) существа, которые движут сами себя, например, те, которые принадлежат к роду одушевлённых существ и животных. Это именно и внушило мнение [гл.2]: не может ли возникнуть движение, которого раньше совсем не было...» [9, стр.243.]. Именно обобщение множества очевидных (воспринимаемых чувствами) явлений объективной действительности подталкивают Аристотеля объявить движение основным природным свойством («природа есть начало движения» (253b-5)), которое выступает центральным, смыслообразующим «стержнем» его физики. Но и сама физика, прежде всего как учение о движении, также опирается на чувственные данные. Так, например, он опирается на чувственные данные при утверждении дискретности качественных изменений (253b-15-35), разделении тел на тяжёлые и лёгкие (255b-5-35). Особенно много внимания Стагерит уделяет чувственным данным при рассмотрении проблемы пустоты, ссылаясь при этом как на физические опыты своих предшественников (Анаксагора) (213a-25), так и на собственный повседневный опыт плаванья игральной кости в воде (216a -30). Ссылается Аристотель и на чувственные данные при построении теории о «естественном месте» каждой вещи (230b-10, 231a-10).

Широкой эмпирической базой Аристотель пользуется и при рассмотрении вопросов «практической физики» в своём труде «Метеорологика», которая, как отмечает И.Д. Рожанский, «...явилась первой в истории философии европейской науки попыткой дать рациональное объяснение окружающего нас мира с точки зрения единой теоретической концепции» [9, стр.51.]. Этой теоретической концепцией и была физика как учение о природе, которая включала в себя концепцию движения, концепцию об отсутствии пустоты, концепцию об элементах, космологию и некоторые другие. Да

и в целом сама механическая концепция Аристотеля, утверждавшая абсолютность покоя и необходимость приложения силы для любого механического движения, что эквивалентно отсутствию закона инерции, безусловно, опирается на повседневный чувственный опыт. Действительно, любое движение в среде, для своего продолжения, для преодоления силы сопротивления среды требует приложение силы. В отсутствие пустоты, которое доказывал Аристотель, его положение вполне справедливо. Аристотелевская механическая концепция об отсутствии инерции была преодолена гораздо позднее, только в эпоху Возрождения и Нового времени именно с опорой на эксперимент (подробно об этом будет сказано ниже). Здесь же хотелось бы отметить, что опора Аристотелем на чувственные данные повседневной действительности, а не на эксперимент или наблюдение имеет под собой объективные основания. Наибольшей эффективности наблюдения и эксперименты достигают только при количественном описании, что требует определённого математического формализма. С учётом того, что уже самим Аристотелем движение объявлялось основным природным свойством (подробнее об этом чуть ниже), очевидно, что количественное описание движения наиболее действенно при помощи *переменных* математических величин и других математических объектов, построенных на их основе, например функциях. Между тем, греческая математика в целом не достигла того уровня, который позволял бы ей быть основой экспериментального знания, а геометрия, развитая у греков, могла носить в описании физических явлений только иллюстративный, а не эвристический характер. Это понимал и Аристотель, говоря: «В самом деле, есть у точности что-то такое, из-за чего она как в делах, так и в рассуждениях некоторым кажется неизменной....А математической точности нужно требовать не для всех предметов, а лишь для нематериальных. Вот почему этот способ не подходит для рассуждающего о природе, ибо вся природа, можно сказать, материальна» [8, стр.98.]. Сами же переменные величины появились в математике только в XVII веке, именно в эпоху развития новой физики. Впрочем, надо отдать должное, установка на качественный эксперимент, в эпоху Возрождения и Нового времени появилась раньше, чем возникла математическая база – проведение количественных экспериментов. И в этом смысле отсутствие установки на систематическое наблюдение и эксперимент у Аристотеля имеет и другие причины, которые мы оставляем за рамками данной работы.

Вторым важным следствием наличия у Аристотеля эмпирической составляющей бытия и рассмотрения природы как изменяющегося объекта является возможность, на этой основе, определённым образом систематизировать учение о природе, задавая некоторый «базис» изучения природы в виде механики как дисциплины или учения о пространственном перемещении. Аристотель определяет предмет своих физических исследований следующим образом: «Наука о природе изучает преимущественно тела и величины, их свойства и виды движения, и, кроме того, начала такого рода бытия. Что очевидно, так как [всё] существующее от природы подразделяется на [1] тела и величины, [2] то, что имеет тело и величину, [3] начало того, что имеет [тело и величину]²³» [9, стр.256.]. Такое определение, как будет показано ниже, вполне (разве что за исключением п.3, т.е. «начал», о которых Ньютон сказал «Гипотез не измышляю») справедливо для физики вплоть до XIX века. Действительно, тела и величины, или то, что их имеет, составляли основной предмет изучения классической физики. Наш непосредственный чувственный опыт даёт нам одно из основных свойств тел – их изменчивость. Это же свойство фиксируется всей античной философией, разделив философов по этому вопросу на два «лагеря». Первые (Парменид, Зенон, Платон) считали, что именно из-за этого свойства чувственно воспринимаемые единичные вещи не обладают онтологическим статусом, тогда как другие (Гераклит, атомисты) утверждали, что свойство изменчивости неотъемлемо присуще вещам и является их одной из основных характеристик. Аристотель, утверждая онтологическую первичность единичных вещей, не мог не онтологизировать их свойство изменчивости, и не сделать его центральным в познании природы. «Чувственно воспринимаемые сущности составляют предмет учения о природе (ибо им свойственно движение)... Сущность, воспринимаемая чувствами, подвержена изменению» [8, стр.300.]. Собственно говоря, и саму природу (φύσις) Аристотель определяет через движение: «...природа, или естество, в первичном и собственном смысле есть сущность, а именно сущность того, что имеет начало движения в самом себе как таковом...»[8, стр.150.]. Под движением Аристотель понимает не столько механическое движение, а движение вообще, как всякое изменение. «...Движение есть осуществление того, что есть в возможности...»[8, стр.289.]. В той же «Метафизике» (книга 11, глава 11-12,

²³ Здесь следует понимать, что сам Аристотель под величиной имел в виду только лишь *геометрическое* описание и интерпретацию физических тел и их свойств, тогда как последующая физика Нового времени пользовалась, прежде всего, *алгебраическим* описанием и алгебраическими величинами.

книга 12, главы 1-8) Аристотель создаёт «онтологический каркас» теории движения, классифицируя изменения на четыре рода, первичной основой которых выступает один из них – перемещение в пространстве (механическое движение). Эту же проблематику он поднимает в первых книгах «Физики», где рассматривает проблему начал, проблему причин, проблемы бесконечности, непрерывности, пустоты, места²⁴ и времени, рассматривает проблему движения как любого вида изменения, и, наконец, проведя такую подготовительную работу, Аристотель качественно описывает теорию механического движения. Следующий его шаг, сделанный в трактате «О небе», – развитие того, что в современной терминологии можно назвать «физикой космоса», т.е. приложение ранее развитых физических принципов к Вселенной, с указанием и рассмотрением её (Вселенной) специфики. Одним из элементов такой специфики являются «основы космоса», который, по Аристотелю, состоит из пятого элемента – эфира. Ещё одна специфика Вселенной есть наличие у неё перводвигателя, «ответственного» за бесконечное движение небесных тел, которое, согласно его механике, невозможно без внешнего воздействия²⁵. И, наконец, «прикладная физика» рассматривается им в завершающем «физическую серию» трактате «Метеорологика». Разумеется, многое из того, о чём писал в своих физических произведениях Аристотель, уже с эпохи Нового времени не представляет научной ценности, однако, по крайней мере, в «новой философии» его подход важен не *содержательно*, а *структурно*. Учение «о телах, которые изменяются» и «первичность» механического движения по отношению к другим видам изменения, задаёт определённую структуру физического знания, которая претерпела существенную трансформацию только в XX столетии. Первая ступень физического знания – учение о движении как таковом без участия сил. Оно получило название «кинематика», от греческого слова κίνημα – состояние движения. Разумеется, у Аристотеля, у которого любое механическое движение происходило под действием сил, такого движения не было. Однако в рамках его кинематики

²⁴ Следует помнить, что Аристотель (равно как и греки в целом) широко пользовался не понятием «пространство» (χώρα), а понятием «место» (или «область») (τόπος). Отличие первого от второго заключается в том, что «место» есть «локализованное пространство», тогда как просто «пространство», по крайней мере, в неявном виде предполагает своё бесконечное представление, которое было реализовано уже в эпоху Нового времени.

²⁵ Следует понимать, что сами произведения Аристотеля носят более хаотический и не системный характер. Некоторые из указанных выше проблем рассматриваются «не в своих» произведениях, например физические в «метафизике», космологические – в «физике», проблемы начал – «О небе», а например проблеме возникновения и уничтожения Аристотель посвятил специальный одноимённый трактат.

(понимаемой в современном значении) эти силы можно было оставить «за рамками рассмотрения» и рассматривать движение в «чистом виде», что Аристотель и делал на первых этапах анализа проблемы движения. Следующий шаг – «введение в рассмотрение» сил и создание теории механического движения при помощи непосредственно действующих сил²⁶ – динамики (от греческого δύναμις – сила). Центральный термин, характеризующий механическое движения в классической физике, – энергия, также позаимствован у Аристотеля, в обозначении деятельности (ἐνέργεια). Да и последующее структурное ветвление классической физики, возникновение термодинамики и электродинамики вполне вписывается в эту схему, как и возникновение наук об особых видах движения под действием специального класса сил. Аналогично аэро- и гидродинамик, которые рассматривают движение под действием сил в особых средах. Особняком здесь стоит оптика, однако в целом можно говорить о том, что аристотелевская и классическая физики близки по своей структуре, связанной с предметом исследования. Впрочем, этот вопрос подробно будет рассмотрен ниже.

1.3. Физика и космология Нового времени и их онтологические основания

Как общеизвестно, достижения Аристотеля в области онтологии, физики и космологии на протяжении всего средневековья (после их «переоткрытия» через исламскую культуру) считались высшими достижениями человеческой мысли по рассматриваемым им вопросам. Физическая и космологическая мысль в эту эпоху не создали ничего *концептуально* нового ни в христианской, ни в исламской культурах. Стремительное развитие новых физических концепций (как говорили тогда «новой философии») началось в европейской культуре в эпоху Возрождения и Нового времени. Оно закончилось созданием «стройного», и по-своему гармоничного «здания» классического естествознания, главным образом – физики.

Целью данной работы является не исследование собственно истории физики и космологии, а поиск их онтологических основ. И с этой точки зрения, нет необходимости детально пересказывать историю этих дисциплин и процессы их становления как классических наук, тем более что этому посвящён огромный массив литературы²⁷. В контексте нашего исследования задача данной главы –

²⁶ У Аристотеля, отрицавшего пустоту, все силы действовали непосредственно. В физике Нового времени некоторые силы действовали на расстоянии, однако они так же являлись объектом изучения динамики.

²⁷ См. например: [14],[37], [38], [65]и многие другие.

показать, что возникновение и развитие классической физики и космологии имело те же онтологические основания в лице метафизики Аристотеля, что и его (Аристотеля) физика и космология. Именно это развитие обусловило содержательную разницу между ними, благодаря которой классическое естествознание (прежде всего физика) достигли таких значительных успехов.

Выше (в параграфе 1.2.) было выделено пять специфических черт онтологии Аристотеля, благодаря которым она может рассматриваться как онтологический базис физического знания. Укажем их ещё раз, кратко формулируя их содержание.

1. Учение Аристотеля о субстанции единичных вещей, т.е. о том, что только единичные вещи обладают полноценным онтологическим статусом.

2. Учение Аристотеля о материи, как составной части субстанции единичных вещей, из которого следует необходимость именно их (вещей) чувственного познания.

3. Учение Аристотеля о форме, как составной части субстанции единичных вещей, и понимание формы, – как понятийно-логического выражения вещи, из которых следует определённый механизм формирования понятий.

4. Наличие в учении о форме определённого механизма формирования понятий требует определённых логических законов, по которым происходит это формирование. Этими законами являются три закона логики, которые Аристотель рассматривает как «универсальные принципы бытия».

5. Рассмотрение природы, как совокупности «тел и величин», и постоянная изменчивость первых, а, равно как и определение природы в целом: как то, что «имеет причину изменения в самом себе» и предполагает определённую структуру знаний о природе, ядром которой выступает динамика, как дисциплина, исследующая механическое движение под действием сил.

Анализируя классическую физику и космологию XVII-XIX столетий, представляет интерес рассмотреть вопрос о том, насколько эти факторы имели место быть в качестве их онтологических основ, насколько они и по отдельности, и во всей своей полноте повлияли на становление той физической картины мира, которая сформировалась к середине XIX века. Начнём с наиболее важного пункта – учения о субстанции как автономной сущности, и положения о том, что единичные вещи являются такими субстанциями.

Прежде всего, следует отметить, что термин «субстанция», как в целом и теория субстанций, получили широкое использование

целым рядом философов-классиков эпохи Возрождения и Нового времени, такими как: Дж. Бруно, Б. Спинозой, Р. Декартом, Г. Лейбницем и многими другими. Причем он (термин) подразумевался именно в том самом смысле, в котором его использовал Аристотель – то, что вполне самодостаточно и не нуждается ни в чём другом для своего существования.

Однако тут необходимо сделать оговорку. Субстанцией различные философские школы называли различные явления. Если Декарт и Лейбниц говорили о субстанции²⁸ как единичных вещах, то Дж. Бруно и Б. Спиноза, известные как пантеисты, понимали под субстанцией единую сущность – природу в целом. «... Одно дело сказать, как мне известно, сказать относительно любой вещи, чуждой божественной природе, что это – акциденция, другое дело, что это – его (бога – Т.Я.) акциденция, и другое дело, что это – как бы его акциденция. Последним способом ... вы хотите сказать, что вещи суть следствия божественного действия; каковые, хотя они и суть субстанции вещей, а также сами природные субстанции, тем не менее, суть как бы отдалённые акциденции, поскольку дело идёт о том, чтобы мы, благодаря им, получили адекватное познание божественной сверхприродной сущности ... Так что об этой божественной субстанции мы ничего не можем узнать как потому, что она бесконечна, так и потому, что она весьма далеко отстоит от этих следствий, являющихся крайним пределом достижений нашей дискурсивной способности; мы можем узнать лишь следы её, как говорят платоники, отдалённые следствия, как говорят перипатетики, оболочку, как говорят кабалисты; мы можем созерцать её как бы сзади, как говорят талмудисты, в зеркале, в тени и посредством загадок, как говорят теософы» [21, стр.325.]. Из приведенной цитаты очевидно, что подобное понимание субстанции имело те же недостатки, что и концепции бытия Парменида и Платона, и никак не могло быть положено в основу возникающей и развивающейся физики. Между тем концепции субстанции Декарта и Лейбница, отождествляющие её с единичной вещью, как минимум, не противоречили этому и в определённом смысле могут рассматриваться как продолжение субстанциональной теории единичных вещей Аристотеля. В письме к Якобу Томази Лейбниц пишет: «В... многочисленных рассуждениях Аристотеля в XIII книге «Физика», во всей «Метафизике», «Логике», и «Этике» ни один здравомыслящий человек не усомнится. Кто откажется принять именно субстанцио-

²⁸ Следует понимать, что в христианской Европе вещи не могли обладать полной автономией, как в античной Греции, поскольку все они в той или иной степени завесили от Бога, как их творца.

нальную форму – то, чем субстанция одного тела отличается от субстанции другого» [60, стр. 87.]. В другой работе он отмечает: «... что во всяком теле есть некоторая субстанциональная форма, и что она действительно механически действует, или, лучше сказать, является ближайшей причиной того, почему природа механически действует, но в специальном объяснении природных явлений нет никакой необходимости упоминать об этом и достаточно, чтобы они всегда дедуцировалась из установленных законов движения» [60, стр.177.]. Именно исходя из учения о субстанции становится вполне понятно, почему творцами «новой науки» и «новой философии», под которой понималось, прежде всего, физическое и космологическое знание Нового времени, по праву считаются Декарт и Лейбниц, а не Бруно и Спиноза. Это же положение проглядывает и в основной работе Ньютона «Математические начала натуральной философии», присутствуя там, хотя и в неявном виде, поскольку с одной стороны работа посвящена не онтологии физики, а другому вопросу – основным принципам механики, а с другой стороны – это положение настолько очевидно, что не нуждается в акцентировании внимания на нём. Между тем, по косвенным признакам мы можем судить о том, что Ньютон (а в целом и вся классическая механика) исходили из этого положения. Действительно, в предисловии издателя ко второму изданию Роджер Котес, рассуждая о трёх методологиях изложения в физике (перипатетиков, атомистов и последователей экспериментальной философии), говорит о том, что задачей физики является познание сущности вещей, противопоставляя методологию «экспериментальной философии» двум остальным: «Силы природы и простейшие законы их действия они (сторонники экспериментальной философии) выводят из каких-либо избранных явлений, а затем синтетически получают законы остальных явлений» [83, стр.6.]. Исходя из предшествующего текста Роджера Котеса, под понятием «избранные явления» здесь как раз и подразумеваются единичные тела. Дальнейшее изложение этого предисловия подтверждает это. В качестве «простейших законов природы» им указываются свойство всех тел взаимно притягиваться, т.е. всемирное тяготение. Да и сам Ньютон, давая ряд определений, начиная от массы, свойства инерции, понятия силы, а также места, абсолютного движения, свойства покоя, свойства движения, и другие, как основное использует понятие «тела» (corpus), невольно подчёркивая тем самым его онтологический статус и «вес», как первичного или истинного бытия. Таким образом, определение «науки о природе», как «учение о телах (σώμα) и величинах», данное Аристотелем, в полной мере подходит к классической физике Нового времени.

Следующим фактором, позволяющим утверждать тождественность *онтологических оснований* физики и космологии Нового времени и античной физики и космологии Аристотеля, является та значимость и важность, которыми обладают эмпирическая составляющая физического знания в обеих физических концепциях. Эмпирическая основа необходима и для Аристотеля, и для Ньютона. Эта необходимость однозначным образом следует из представления природы как множества тел, и представления тел как первичной онтологической реальности. Действительно, всякое начальное представление о теле, если его существование является первичным по отношению ко всему остальному, начинается с чувственного познания, в котором мы получаем различную информацию о теле, определяем его пространственную границу и т.п. Опора на чувственное познание многократно подчёркивалась многими философами Нового времени, начиная от Ф. Бекона и заканчивая И. Ньютоном, и в этом смысле, по сравнению с классической физикой, самым «уязвимым» местом аристотелевского подхода является отсутствие системности *в этом способе познания*, неверная интерпретация эмпирических данных. Однако здесь следует иметь в виду, что подобное положение дел обусловлено не собственно онтологическими, а скорее методологическими причинами. Они заключаются в неразработанности методологии наблюдения и эксперимента, незрелости, во времена Аристотеля, математического аппарата как инструмента количественного описания, без которого любая эмпирика, по крайней мере, в физике и космологии всегда будет неполной и неэффективной. В этом смысле можно говорить о том, что Аристотель попал в некоторую «историческую ловушку». Действительно, с одной стороны одним из основных свойств, которыми он наделял природу, было свойство изменчивости, однако математический аппарат и прежде всего «неизменные числа» не годились для количественного описания этих изменений. Для такого описания необходимым был особый класс величин – *переменные* величины, которые появились уже гораздо позднее, и на базе которых «строятся» другие математические объекты, участвующие в описании физических явлений – функции и многие другие. Да и в целом методология математического формального описания появилась также гораздо позднее²⁹, а без неё количественное описание, в том числе и эмпирических данных, было весьма сложным и громоздким делом. Те же «величины», о которых Аристотель говорит в первых

²⁹ См. [51].

строках трактата «О небе», представляют собой скорее «геометрические иллюстрации», не имеющие такого эвристического действия, как алгебраический подход, эффективность которого и была доказана «новой философией». Впрочем, обо всём этом уже говорилось выше, в предыдущем параграфе, и вывод из сказанного очевиден: будь в античности те математические знания, что уже существовали в эпоху Возрождения и Нового времени и разработай древние греки соответствующие эмпирические методы (наблюдение, эксперимент), по своему содержанию античная физика и космология была бы гораздо ближе к классическим. Это признают и сами творцы классической науки: «Сальвиати. ...Я скажу, что в наш век есть такие новые обстоятельства и наблюдения, которые, в этом я нисколько не сомневаюсь, заставили бы Аристотеля, если бы он жил в наше время, переменить своё мнение. Это с очевидностью вытекает из самого его способа философствования... Я считаю твёрдо установленным, что он сначала старался путём чувственных опытов и наблюдений удостовериться, насколько можно, в своих заключениях, а после этого изыскивал средства доказать их...» [24, стр.148.]. Характерно, что Галилей на протяжении своей работы многократно подчёркивает эту мысль, лишняя раз настаивая на её правоте. В предыдущем параграфе об этом уже шла речь, следует только напомнить, что пример с годичным параллаксом «неподвижных звёзд» наиболее наглядно подтверждает это. Разумеется, неразвитость математического аппарата, слабость «технологии» наблюдений и экспериментов, отсутствие системы и методологии эмпирических исследований – не единственная причина неудачи Аристотеля в опоре на эмпирику. Здесь имели место и другие факторы, однако преодоление недостатков эмпирической составляющей в физическом и космологическом учении Аристотеля с точки зрения онтологических оснований физики можно рассматривать как эффективное развитие его основного тезиса о чувственном опыте как начале всякого исследования.

Следующим аспектом, на основании которого можно говорить о тождественности онтологических основ классической физики и космологии и физики и космологии Аристотеля является роль понятия как базиса теоретико-логического описания мира, и самое главное, раскрытие содержания понятия через механизм абстракции. Напомним, что сам Аристотель, утверждая онтологическую первичность самого понятия (логического субъекта) как логической формы субстанции, производил раскрытие его содержания через перечисление (или «извлечение» из субъекта) свойств данной вещи,

выраженных в других понятиях (логических предикатах), тем самым задавая логический «каркас» теоретического «здания». Классическая наука также не отрицала заслуг аристотелизма в логико-понятийных основаниях науки. Она в большинстве пользовалась понятиями, «сконструированными» Аристотелем, либо «конструировала» их сама по тому же принципу. Роджер Котес, автор предисловия издателя ко второму изданию (1713 г.) ньютоновских «Математических начал натуральной философии», писал: «Пытавшихся излагать физику можно вообще отнести к трём категориям. Прежде всего выделяются приписывавшие разного рода предметам специальные скрытые качества, от которых неизвестно каким образом и должны происходить, по их мнению, взаимодействия отдельных тел. В этом заключается сущность схоластических учений, берущих своё начало от Аристотеля и перипатетиков. Они утверждали, что отдельные действия тел происходят вследствие особенностей самой природы, в чём же эти особенности состоят, тому они не учили, следовательно, в сущности, они ничему не учили. Таким образом, всё сводилось к наименованию отдельных предметов, а не к самой сущности дела, и можно сказать, что ими создан философский (имеется ввиду не только собственно философия, но и «новая философия» или естествознание – Т.Я.) язык, а не сама философия» [83, стр.5]. И хотя суть аристотелизма здесь «преломлена» через схоластику и отсутствует обращение к первоисточнику, заслуга Аристотеля в создании языка науки (как целостной системы определённых понятий) очевидно признана. Впрочем, физика и космология эпохи Возрождения и Нового Времени и в этом вопросе, не отрицая механизмы раскрытия содержания понятий, предложенные Аристотелем, творчески подошла к их развитию, существенным образом расширив и систематизировав, тем самым внося существенный вклад в революционные изменения в физическом знании. Принцип общих и частных качеств, содержащихся в понятии, был неоспорим для учёных «новой философии». И Галилей, и Декарт не отрицали, а наоборот, исходили из положения Аристотеля об общих и частных свойствах, содержащихся в понятии, и которые оттуда необходимо «извлечь». Позднее принцип первичных и вторичных качеств был сформулирован Локком как самостоятельный принцип теории познания, однако изначально в «новой философии» он использовался как один из основных принципов генезиса физического знания. Как отмечает Марио Льюцци: «Разделение свойств на первичные и вторичные (как назвал их Локк), за которое некоторые критики упрекают Галилея, считая, что это послужило основанием

для философского дуализма, есть характерная особенность галилеевой физики» [65, стр.71.]. Об этом же пишет и Дж. Бернал: «Галилей выразил более чётко, чем кто-либо другой до него, мысль о том, что необходимыми и существенными свойствами материи – единственными свойствами действительности, к которым можно подходить математически, а, следовательно, и с некоторой определённой, – является протяжённость, положение и плотность. Все другие свойства «вкус, запах, цвет являются по отношению к объекту, в котором они кажутся присутствующим, не чем иным, как простыми названиями. Они существуют только в осязающем теле...» [14, стр.236.]. Аналогично и по отношению к Декарту: «Принимая галилееву концепцию вторичных качеств, заключённых не в телах, а в осязаемом субъекте, Декарт кладёт в основу своего рассмотрения лишь две сущности – протяжённость и движение, которые представляются ему интуитивно понятными, и, будучи убеждён в невозможности существования пустоты в природе, наполняет протяжённость «тонкой материей», которую Бог наделяет непрерывным движением». Физический мир состоит, таким образом, только из двух сущностей: материи как простой «...протяжённости, наделённой формой (выделенной мной – Т.Я.), лишенной всех качеств, кроме геометрических, и движения» [65, стр.82.]. Таким образом, новая физика в лице Галилея и Декарта существенно упрощает механизм «конструкции» физических понятий, который заключается в раскрытии физического содержания, т.е. выделении общих физических свойств первичных объектов существования – физических тел. Именно таким механизмом пользуется Ньютон. Свой фундаментальный труд, систематизирующий и обобщающий основные достижения своего времени, он начинает с определения основных физических понятий. И даже с учётом того, что, как замечает Я.Г. Дорфман, в его времена физические понятия не были ещё «отшлифованными» и устоявшимися [37], очевидно, что механизм их формирования, в своей основе тот же, что и у Аристотеля, который требует тех же онтологических оснований, но, конечно же, уже с учётом положений первичных и вторичных свойств тел Галилея и Декарта. Очевидно, что Ньютон вслед за своими предшественниками в специальном разделе своей работы «поучение» в качестве основных или первичных выделяет [83, стр.30.] четыре свойства: время, пространство, место и движение, в свою очередь, разделяя их на абсолютные и относительные. Аристотелевская идея субстанции и здесь берёт вверх. Если относительные свойства действительно относятся к физическим телам, то – абсолютные

пространство – и время сами рассматриваются Ньютоном как субстанции. Впрочем, уже сам Ньютон признавал их абстрактный и не зависящий от чувств характер, и в этом смысле они всё-таки не обладали тем же онтологическим «весом», каким обладали физические тела. Появление абсолютных пространства и времени скорее определялось логической необходимостью и представляло собой логическую конструкцию, построенную по аналогии со *свойствами* физических тел, выполняющую к тому же методологическую функцию. Концепция абсолютных пространства и времени получила название субстанциональной концепции пространства и времени. Она ни в коем случае не отрицала механизм образования понятий, предложенных Аристотелем, а скорее дополняла и расширяла его. Кроме субстанциональных физических тел со своими пространственными и временными свойствами и свойствами, характеризующими их материальность, в ней появляются ещё две субстанции: абсолютные пространство и время, но уже вне человеческой чувствительности. Однако эти два дополнительных элемента реальности не вступают в противоречие с положением о субстанциональности единичных физических тел, и в этом смысле в части механизма «формирования» физических понятий онтологические основы «новой философии» тождественны онтологическим основаниям физики и космологии Аристотеля.

Ещё проще с логическими законами, согласно которым формируются эти понятия. Законы формальной логики, являющиеся следствием и неотъемлемой составной частью онтологии Аристотеля, никто из творцов и создателей классической науки, вплоть до Гегеля, серьёзно не опровергал, и они органическим образом входили в структуру и основу научного знания. Заслуги Аристотеля как логика творцами классического естествознания были оценены по достоинству: «Симпличио (сторонник перипатетиков – Т.Я.). Прошу вас, синьор Сальвиати, говорите об Аристотеле более почтительно... он, который был первым, единственным, и изумительным изъяснителем силлогистики, доказательства, эленхий, способов распознавания софизмов, паралогизмов, словом, всей логики, сам допустил потом столь тяжкую ошибку, приняв за известное то, что заключается в вопросе?... Сальвиати. (сторонник «новой философии» – Т.Я.). ... Замете, что логика, как вы прекрасно знаете, есть инструмент, которым пользуются в философии; и как можно быть превосходным мастером в построении инструмента, не умея извлечь из него ни одного звука, так же можно быть великим логиком, не умея как следует пользоваться логикой; ... доказательствам (мы обучаемся – Т.Я.)

путём чтения книг, содержащих доказательства, а таковы только книги по математике, а не по логике» [24, стр.132.]. В той же работе (а, равно как и других) Галилей при доказательстве своих положений активно использует законы Аристотеля, например закон исключённого третьего: «Сальвиати. ...Думаете ли вы, что в одном и том же физическом теле могут пребывать внутренние принципы, друг другу противоположные? Симпличио. Думаю, что никоим образом» [24, стр.335]. Собственно говоря, «действие» этих законов нетрудно обнаружить во всех работах творцов классической физики и эти законы, безусловно, являются неотъемлемой составной классической физики.

И, наконец, последнее – структура классической физики и космологии, и связь этой структуры с онтологическими основами физики. Можно утверждать, что именно благодаря этим основам системообразующим структурным принципом классической физики стал разработанный и реализованный в программе Ньютона, как его называет Я.Г. Дорфман, феноменологический метод. Его сущность, согласно Дорфману, заключается в следующем. «... Она (программа Ньютона – Т.Я.) позволяла изучать движение, происходящее под действием любых факторов – «физических», «механических» или даже «метафизических» чисто феноменологически, т.е. независимо от их происхождения и природы. Согласно ньютоновой программе, эти факторы автоматически заменялись соответствующими механическими «силами», вызывающими аналогичное «эквивалентное» перемещение. Следовательно, метод Ньютона позволял решать как прямую, так и обратную задачу динамики, не вдаваясь в природу и происхождение действующих «сил». ... Поскольку правомерность замены любых действующих факторов механическими «силами» не вызывала сомнений ни у самого Ньютона, ни у его современников и приемников, то его феноменологический метод стал рассматриваться как универсальный метод построения теории физических явлений. Тем самым ньютонова динамика становилась фундаментом теоретической физики. Но математический аппарат механики был ещё слишком несовершенным для столь широкого её применения. И потому не удивительно, что разработка аппарата механики и различных методологических приёмов для решения конкретных задач стала очень скоро предметом исследования плеяды выдающихся физиков-теоретиков и крупнейших математиков. Так возникла классическая теоретическая физика» [37, стр.249 – 250.]. Таким образом, силы, как и в физике Аристотеля, в новой физике являлись одним из основных понятий, связанных с «телом» как первичной

онтологической реальностью. Это подтверждает и Л. Больцман: «...старая (имеется в виду физика Ньютона, которая здесь сравнивается с более «молодой» физикой Фарадея – Т.Я.) система принимала *силовые центры* просто за *реальность*, а силы – за *математические понятия* (выделено мной – Т.Я.)» [15. стр.63]. Иными словами, «силовые центры», или источники сил, под которыми подразумевались тела, выступали в классической физике истинно сущим, «первым бытием», а сами силы, рассматривались как их *характеристики*, выраженные в понятиях (математических). Разумеется, «тела» классической физики и «тела» физики Аристотеля существенным образом отличались друг от друга. И это отличие заключено в той самой теории первичных и вторичных качеств, о которой говорилось выше. И если Аристотель понимал под «телами» вещи обыденной действительности, окружавшей нас, со всем многообразием их свойств³⁰, то «тела» классической физики уже были более абстрактны в том смысле, что целый ряд их индивидуальных или частных свойств (лёгкость, цвет и т.п.) не брался в рассмотрение, это были «физические тела», в которых интерес представляли их «общефизические» свойства, связанные, в первую очередь, как и у Аристотеля с механическим движением. Об этом говорит сам Ньютон: «Последователи Аристотеля дают название скрытых качеств не явным качествам, но только таким, которые ... кроются в телах и являются неизвестными причинами явных явлений.... Такие скрытые качества останавливают преуспевание естествознания и поэтому отброшены за последние годы. Сказать, что каждый род вещей наделён особым скрытым качеством, при помощи которого он действует, производит явные эффекты – значит, ничего не сказать. Но вывести два или три общих основания движения из явлений и после этого изложить, каким образом свойства и действия всех телесных вещей вытекают из этих явных начал, – было бы очень важным шагом в науке, хотя бы причины этих основ и не были ещё открыты. Поэтому я, не сомневаясь, предлагаю принципы движения... имеющие весьма общее значение, и оставляю причины их для дальнейшего исследования» [84, стр.321.]. Те «общие принципы движения», о которых пишет Ньютон, есть три закона его механики, описывающие «общефизические свойства», связанные с движением *первично существующих* тел, а его феноменологический метод, основанный на переходе в описании от тел

³⁰ При всём том, что Аристотель делил свойства тел так же на общие и частные, по крайней мере, как говорилось выше, у него общих свойств у тела было гораздо больше, чем в физике Нового времени.

к силам, также исходит из первичности *существования тел*. В конечном итоге, именно подход Аристотеля в рассмотрении тела как первичной субстанции, трансформированный в «новой философии» всеми вышеуказанными факторами, задаёт в классической физике определённое «ядро» в виде динамики, как дисциплины о телах, «заменённых» силами. Вокруг этого «ядра» могут наращиваться другие дисциплины, исследующие специфические силы и соответственно специфические тела. В качестве таких дисциплин можно указать аэродинамику, гидродинамику, электродинамику, термодинамику. Две последних сыграли исключительную роль в возникновении уже не классической физики, которая имела иные онтологические основания. Но об этом будет сказано ниже, а сейчас обобщим всё, что было сказано об онтологических основаниях аристотелевской и классической физик.

1.4. Субстанциональная онтологическая парадигма как онтологический фундамент доклассической и классической наук.

Из всего вышесказанного можно сделать ряд выводов относительно взаимосвязи физики с одной стороны, и онтологии, как учения о первых принципах, основах и началах бытия, с другой. Одним из первых выводов будет тезис о том, что противопоставлять физику и онтологию друг другу, а тем более утверждать эффективность первой и бессодержательность второй не вполне корректно. Исторический опыт учит нас, что они имеют один объект изучения – природу в целом, и в этом смысле они выступают в неразрывности и единстве. Принципиальная разница между ними выразима в соотношении категорий «общего» и «частного». Физику в этом смысле можно рассматривать как уточнение и конкретизацию общих онтологических принципов, а онтологию соответственно как неотъемлемый и составной базис физического знания. В зависимости от методов и способов этой конкретизации получаем тот или иной вариант физического знания, что очевидно из сравнения физики Аристотеля и классической физики. Однако и в том и в другом случае онтологическая составляющая или основа физического знания была одна и та же, и представляла собой учение о первичном существовании единичных тел. Эти тела были полностью субстанциональными, т.е. не нуждающимися ни в чём другом для своего существования у Аристотеля, и «квазисубстанциональными» в классической физике, где они нуждались только в пространстве и времени, которые уже действительно были абсолютными субстанциями. Само

же первичное существование и в том, и в другом случае (аристотелевская и классическая физики) предполагало две обязательных составных: чувственное восприятие и логическую (рациональную) форму выражения. Всё это вместе, т.е. учение о субстанции как единичных вещах и их (вещей) чувственная и логическая форма выражения (плюс положение о том, что природа представляет собой совокупность единичных вещей), образует смысловое ядро того, что можно назвать «субстанциональной онтологической парадигмой в основаниях физического знания». Это ядро инвариантно и для аристотелевской, и для классической физик, хотя сама парадигма в некоторых аспектах имеет существенные отличия, тогда как в других наблюдается тождество. По наиболее существенным чертам этой парадигмы можно сказать следующее.

1. Чувственная составляющая бытия и физическое знание. В этом аспекте Аристотель довольствовался обыденными и непосредственными чувственными данными, тогда как классическая наука требовала специальных чувственных данных, какими были результаты наблюдений и экспериментов. Эти данные носили уже опосредованный характер, между физической реальностью и человеческими органами чувств появлялся посредник – прибор. Кроме того, эти данные в большинстве носили количественное описание, что придавало им максимальную эффективность и что было обусловлено широким использованием математических методов в физике, тогда как у Аристотеля описание обыденных и непосредственных чувственных данных носило только качественный характер. Исходя из этого, было бы некорректным противопоставлять метод созерцания Аристотеля и методы наблюдения и эксперимента классической физики, скорее наоборот, эти два метода явились логическим продолжением метода созерцания и исходят из единого онтологического положения – необходимости наличия у бытия чувственной составляющей.

2. Логическая составляющая бытия и физическое знание. Логическая форма выражения является неотъемлемой составной любого знания, и в первую очередь научного, и представляет собой «каркас» теоретического представления и описания. Его «атомарным» элементом выступает понятие как название или наименование того, о чём идёт речь. У Аристотеля понятие выступало как «вторая сущность», которая неотделима от первой (единичного субстанционального тела) и, в этом смысле, является такой же данностью, как и само бытие этого тела. Понятие предмета, о котором идёт речь в высказывании, в логике получило название «логический субъект»

и обозначение S . Согласно Аристотелю, всякому субстанциональному телу присущи определённые свойства, и, соответственно, эти же свойства присущи и самому понятию (логическому субъекту). Сами свойства можно поделить на общие (для определённого класса тел) и частные, и вся их полнота образует содержание этого понятия. Механизм раскрытия этих свойств у Аристотеля называется абстракцией, при котором сначала рассматриваются максимально общие свойства, а потом менее общие. Его можно представить следующим образом: $S = \sum P_i$, где S – логический субъект, т.е. понятие самого предмета, а P_i – свойства этого логического субъекта, которое каждое в отдельности называется предикатом. Соответственно, механизм абстракции можно представить как разложение логического субъекта в предикативный ряд. Аналогичным образом ситуация складывается и в классической физике, в том смысле, что первичная онтологическая реальность – тело обладает рядом общих и частных свойств, логически эта реальность выразима в понятии, следовательно, эти свойства уже «содержатся» в понятии, а задачей исследователя является их раскрытие или обнаружение. Таким образом, схема «тело – понятие – свойства» «работает» и в классической физике, однако со своими характерными особенностями. Эти особенности заключаются в разработанной Галилеем, Декартом и другими мыслителями «теории» общих и частных свойств, согласно которой общефизических свойств у тел «стало» гораздо меньше, чем это было у Аристотеля. По сути дела, уже в «Началах» у Ньютона в качестве таковых³¹ рассматривались только количественная характеристика материальности – масса, а также пространственные и временные свойства тела. От тел с многообразием свойств классическая физика переходит к *физическим телам* с небольшим набором свойств. Эта специфика в определённой степени усложняет процедуру исследования в виде раскрытия содержания понятия. Её теперь можно представить следующим образом: первый шаг разложения субъекта в предикативный ряд остаётся тем же $S = \sum P_i$, однако далее происходит своеобразная операция обращения, при которой полученные предикаты обретают статус субъектов $P_i \Rightarrow S'$ и теперь уже «новообращённые» субъекты вновь раскладываются в предикативный ряд $S' = \sum P'_i$. Это можно наглядно продемонстрировать на примере ньютоновских определений. Вот как Ньютон определяет инерцию: «Определение III. Врождённая сила материи

³¹ Эти характеристики или свойства указаны Ньютоном в определениях и поучениях. Ещё два понятия, указанные там, – сила и движение являются характеристиками соответственно *действия*, производимого над телом, и *перемещения* тела. [83, стр. 30].

есть присущая ей способность сопротивления, с помощью которой всякое определённо взятое тело, поскольку оно представлено самому себе, удерживает своё состояние покоя или равномерного прямолинейного движения» [83, стр.24]. Из него наглядно видно, что первичным объектом реальности, обладающим «истинным существованием» (первичным субъектом S) является «определённо взятое тело», далее этот субъект S «разлагается» в предикативный ряд, из которого «изымается» для самостоятельного исследования один предикат P_i («врождённая сила материи»³²), и далее, этот предикат, трансформируя в субъект, $P_i \Rightarrow S'$ вновь разлагает в предикативный ряд $S' = \sum P_i'$, получая его новое свойство (новый предикат P_i' - «способность сопротивления, ... удерживает своё состояние покоя или равномерного прямолинейного движения»). Таким образом, хотя может быть и несколько опосредовано, чем у Аристотеля, в классической физике понятие также имеет онтологический статус и вес в том смысле, что обозначает некоторые аспекты объективной реальности, а сам логический субъект, как предмет физических исследований, абсолютно объективен и независим в своём существовании от исследователя, т.е. субстанционален.

3.Разложение в предикативный ряд и у Аристотеля, и в классической физике подчиняется определённым законам. Это есть три известных закона логики, которые сам Аристотель рассматривал как универсальные принципы бытия³³. Их универсализм вполне ясен: если логический субъект рационально выражает онтологическую данность, и свойства этой данности (предикаты) присутствуют и в субстанции (теле), и в понятии, её выражающем, то «извлечь» их отсюда можно однозначным образом руководствуясь некоторыми правилами. Эти правила так же носят однозначный и незыблемый характер. К ним относятся закон противоречия и закон исключённого третьего, которые говорят о том, как нужно субъекты разлагать в предикативный ряд, и чего при этом нужно избегать. Закон тождества фиксирует неизменность понятия, которое является следствием *логического* тождества первой (тела-субстанции) и второй (его понятийного выражения) сущностей. Как говорит сам Аристотель «... сама отдельная вещь и суть её бытия есть одно и то же...» [8, стр. 196.]. Подобным образом дела обстоят и в классической физике, где

³² Под врожденной силой материи И. Ньютон здесь имеет виду «силу инерции», количественной характеристикой которых выступает масса.

³³ Зачастую в учебниках логики эти законы называют законами мышления. Это верно только отчасти, они действительно описывают мышление, но с учётом того, что понятия, как «атомарные» элементы рационального мышления, являются неотъемлемым атрибутом бытия, эти законы имеют и онтологический статус.

логика так же единственна и универсальна, и где все три закона не подвергаются ни малейшему сомнению, а вопрос об ограниченности их применения даже не возникает. Этот факт является ещё одним аргументом в защиту тезиса о близости онтологических оснований классической физики и физики Аристотеля и о выделении этих основ в единую (для аристотелевской и классической физики и космологии) онтологическую парадигму.

4. Положение о бытии как субстанциональном единичном теле предполагает собой и определённое содержательное описание физических процессов. Основы этого описания были заложены Аристотелем его онтологией и физикой, а в классической физике они получили своё дальнейшее развитие. Логическая цепочка «тело – движение – сила» одинаково работает и там, и там. Различие заключается в том, что у Аристотеля, как уже говорилось выше, «тело» есть конкретное тело окружающей нас действительности, а в физике Нового времени – физическое тело, в рассмотрении которого берутся только общие физические свойства. Кроме того, определяя природу через изменения, Аристотель доказывает, что в основании всякого изменения (которые он классифицирует на четыре вида) лежит механическое движение: «И так как нет движения ни для сущности, ни отношения и претерпевания, то остаётся сказать, что движение имеется для качества, количества и «где» (ибо для каждого из них имеется противоположность); а имею я ввиду не то качество, которое принадлежит сущности (предикативные свойства – Т.Я.) (ведь и видовое отличие есть качество), а то, которое способно претерпевать (субъект, или тело – Т.Я.) (ввиду чего о чём-то говорят, что оно что-то претерпевает) или не способно претерпевать» [8, стр.297.]. В физике и космологии Нового времени положение о первичности механического движения и сводимости к нему всех остальных типов изменений является неоспоримым, и это положение было положено в основу мировоззренческой концепции механицизма, просуществовавшей вплоть до XIX века. И, наконец, переход от изменения (частный случай – механическое перемещение) к его причинам или началам (силе) также определяется онтологией Аристотеля и обуславливается им самим: «Итак, основное определение способности (*δύναμις*) в её первичном смысле будет такое: оно *начало изменения вещи*, (выделено мной – Т.Я.) находящейся в ином или в ней самой, поскольку она – иное» [8, стр.164.]. В механике Аристотеля начало механического перемещения называется силой (всё та же *δύναμις*), так же это начало или причина называется и в классической

механике. Отличие между ними заключается в том, что у Аристотеля эта причина необходима для любого движения, тогда как в классической физике – только для ускоренного. Пользуясь триадой «тело – движение – сила» и исходящей из неё возможностью перейти от тела к причинам изменения его механистических (пространственных и временных) свойств (силам), Ньютон создаёт свой феноменологический метод, который стал основным теоретическим «ядром» классической физики. Он (метод) непосредственным образом связан с онтологией и является, в некотором смысле, физической реализацией субстанциональной онтологической концепции. Вот как характеризует этот метод А. Эйнштейн: «Согласно ньютоновской схеме, физическая реальность характеризуется понятиями *пространства, времени, материальной точки и силы* (взаимодействия материальных точек). В ньютоновской концепции под физическими событиями следует понимать движение материальных точек в пространстве, управляемых неизменными законами. *Материальная точка есть единственный способ нашего представления реальности* (выделено мной – Т.Я), поскольку реальное способно к изменению. *Понятию материальной точки соответствуют обычные воспринимаемые нами тела* (выделено мной – Т.Я); материальную точку мыслят как аналогию подвижных тел, лишённых таких признаков, как: протяжённость, форма, ориентация в пространстве, и всех «внутренних» свойств, за исключением только инерции и перемещения, и с добавлением понятия силы. Материальные тела, которые психологически привели к образованию понятия «материальной точки», должны были сами теперь рассматриваться как системы материальных точек» [132, стр.136 – 137.]. Метод Ньютона позволял исследовать и силы особой природы, такие как силы электрических и магнитных взаимодействий, силы теплоты и прочие. Исследование этих сил в XIX веке носили механическую аналогию, от которой однако в дальнейшем пришлось отказаться. Этот отказ, в совокупности с другими обстоятельствами и обусловил постепенный «отход» от субстанциональной онтологической парадигмы в основаниях физического знания, которая успешно «работала» на протяжении 23 столетий. Разумеется, «отход» не означал полный отказ от того, что было сделано Аристотелем и усовершенствовано в дальнейшем, но для решения стоящей перед физикой задач субстанциональная парадигма уже не могла служить «надёжным» и «твёрдым» фундаментом. Впрочем, все это детально и подробно будет рассмотрено ниже.

2. СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

2.1. «Век девятнадцатый. В ночь умозрительных понятий»: электродинамика и термодинамика

Одним из результатов всего рассмотренного выше, будет положение о том, что наряду с целым рядом других критериев, классическую физику от неклассической, (или постклассической), можно отличать и по критериям онтологических оснований. В этом смысле классическая физика наряду с широким использованием эмпирических методов исследования и методов количественного описания в качестве онтологических основ использовала субстанциональную онтологическую парадигму, согласно которой первичной реальностью представлялась единичная, чувственно данная во всей своей полноте, субстанциональная вещь. Эта парадигма была трансформирована и заменена новой в неклассической физике, хотя, безусловно, предпосылки перехода к новой онтологической парадигме возникли ещё в лоне классической физики. «Предгрозовыми факторами» в этом смысле выступили классическая электродинамика и термодинамика, а также (ещё в большей степени) следующая из неё молекулярно – кинетическая теория, которые своим возникновением и развитием пробили первую серьёзную брешь в субстанциональном онтологическом фундаменте физического знания. Однако говорить об изменении онтологических оснований в этих теориях ещё не представляется возможным, это произошло уже позднее в XX столетии. Физические теории XIX века в большей степени «опирались» на субстанциональные онтологические основания, и именно они показали, что эта опора ненадёжна. Переход к неклассическим теориям XX столетия связан, в том числе и с трансформацией онтологических основ физики.

В данной работе нет необходимости подробно рассматривать историю развития учения об электричестве и магнетизме, этому посвящён целый ряд работ³⁴ по истории физики. Трудami целого ряда выдающихся учёных, таких как: Фарадей, Ом, Кулон, Ампер, Нейман, Вебер, Гельмгольц, Феличи и многих других – электродинамика была оформлена как самостоятельная дисциплина, причём не только оформлена, но благодаря последним четырём учёным в выше указанном списке как отмечает Марио Льюцци «...электродинамика считалась уже наукой окончательно систематизированной, с чётко определёнными границами. Основные исследования теперь уже, казалось, должны идти по пути нахождения и вывода всех следствий из установленных принципов, и их практического применения, к которому уже приступили изобретатели техники.

³⁴ См. например: [14], [38], [65] и многие другие.
50

Однако перспективу такой спокойной работы нарушил молодой шотландский физик Джеймс Кларк Максвелл, указав на гораздо более широкую область применения электродинамики» [65, стр.283.]. Домаксвелловская электродинамика (может быть, за исключением работ Фарадея) вполне укладывалась в схему классической физики, описанной в первой главе: $S = \sum P_i$, где S – физическое тело, P_i – электрическое или магнитное свойство, которое присуще некоторым физическим телам, далее уже непосредственно в электродинамике мы делаем замену: $P_i \Rightarrow S'$ т.е. электрические и магнитные свойства тел в ней становятся основным объектом исследования и описания, и $S' = \sum P_j'$, которое описывается через её свойства P_j' . Однако процесс расширения Максвеллом области электродинамики привёл к отрицанию этой схемы, что и будет показано ниже. Эта «гораздо более широкая область применения» включала в себя, прежде всего, *теорию среды*, в которой распространялась электромагнитное взаимодействие, и *теорию света*, как электромагнитного явления. Таким образом, расширяя свою теорию от прикладного и чисто технического значения, до универсального описания света и среды (эфира), в которой он распространяется, Максвелл так или иначе, пусть даже и не вполне осознано, затрагивает онтологические основания физического знания. И сам свет (и не только свет, но и электромагнитные волны вообще всех диапазонов) и – что гораздо важнее – среда (эфир) имеют в его теории не частный, а общий и универсальный характер и выступают всеобщим *условием* всех физических процессов. А это, безусловно, придаёт ей (среде) значительный онтологический вес. Эфир, в котором распространяются электромагнитные волны, одним из видов которых является и видимый свет, в теории Максвелла приобретает такое же онтологическое значение, как и пространство, и время в ньютоновской механике, являясь одной из основных характеристик существования Универсума как единого, целостного и всеобъемлющего бытия. Подобный подход вновь актуализирует вопрос об онтологических основах физического знания, хотя он и был сформулирован и поставлен несколько позднее, при неудачных попытках обнаружить *присутствие* эфира эмпирически, через фиксацию эфирного ветра, и при теоретических попытках совместить электродинамику Максвелла с преобразованиями Галилея. Впрочем, об этом подробнее будет сказано ниже, а сейчас рассмотрим процесс содержательного генезиса понятия «эфир» как онтологического объекта физических исследований и как основного логического субъекта (S) электродинамической теории Максвелла.

Прежде всего, следует отметить, что заслугой Максвелла является не «изобретение» эфира как такового, а создание его теории, его теоретическое описание и теоретическое «вписание» в систему других, разработанных и наполненных рациональным содержанием понятий физики вообще и электродинамики в частности. Само понятие эфира, как универсальной среды, было предложено и востребовано ранее для концепции близкодействия, которую развивал Фарадей. Он ввёл подобные представления для описания электромагнитного взаимодействия, которое осуществляется посредством «поля сил». В отличие от классической ньютоновской механики «поле сил» означало наличие сил не только в одной точке какого-либо тела – центре сил, из которой силы действовали через пустоту на расстоянии, а в каждой точке пространства. Каждая точка пространства при наличии в ней поля сил характеризовалась «напряжённостью» поля, аналогом которой выступало статическое механическое напряжение твёрдого тела. Наглядным представлением этого поля являлись силовые линии.

Аналогичным образом эфир стал необходимостью и в оптике, после формулировки Френелем волновой теории света. Согласно этой теории свет представляет собой волну, распространяющуюся в особой среде, которая пронизывает собой всё пространство. Его теория описывала и объясняла эмпирические данные, связанные с явлениями дифракции и поляризации и в этом она имела преимущества перед корпускулярными теориями света. Одной из основных её проблем являлся эфир, точнее, трудность его теоретического описания, которое и смог выполнить Максвелл. Как отмечает Дж. Бернал: «... требовалась какая-то среда, которая должна была передавать волны даже через обширную пустоту пространства, и «светоносный эфир», обладавший несовместимыми свойствами высокой степени разреженности и одновременно высокой упругости, *должен был выполнять роль подлежащего сказуемого «колебаться»* (выделено мной – Т.Я.)³⁵. Однако давно известно так же и то, что электричество и магнетизм могут передаваться через пустое пространство. Для них были созданы одинаково неосязаемые поля. Максвелл действительно показал, что один-единственный, но всё ещё таинственный эфир ... пригоден для всех трёх случаев. Он добился большей лаконичности и упрощения физики, что вскоре должно было иметь весьма важные последствия» [14, стр.341.]. Его лаконичность и упрощение физики заключалось, прежде всего, в *конструировании* эфира как объекта изучения и, соответственно,

³⁵ К этой фразе мы ещё вернёмся немного ниже.

объекта физической реальности, *наполнении* этого понятия определённым физическим *содержанием*. Как говорит сам Максвелл: «Таким образом, все эти теории приводят к концепции среды, в которой имеет место распространение. И если мы примем эту среду в качестве гипотезы, то я считаю, что она должна занимать выдающееся место в наших исследованиях, и что нам следовало бы попытаться *сконструировать рациональное представление* (выделено мной – Т.Я) о всех деталях её действия, что и было постоянной целью в этом трактате»[67, стр.632.]. «Сконструировать рациональное представление» об эфире и означает связать в единое целое все уже известные нам свойства (прежде всего, быть передаточной средой электромагнитных волн), и уже из этой единой связи, которая и будет образовывать понятие «эфир», вывести его новые, не известные пока нам свойства. Говоря языком логики, можно утверждать, что эфир и распространяющиеся в нём волны – электромагнитное поле – есть один из первых объектов³⁶ в истории физики³⁷, универсальных и онтологически значимых, но данных не посредством логического субъекта *S* (как непосредственная данность, субстанциональный предмет), а только посредством своих свойств – предикатов. Ни эфир, ни электромагнитное поле *непосредственно* не верифицируются, и наглядно, во всей полноте чувственных данных не даны нам в опыте. На начальных этапах изучения они описываются при помощи аналогий, которые, однако, не противоречат наблюдательным данным. Об этом же напрямую говорит и Дж. Бернал в выше приведенной цитате, с учётом того, что понятие «подлежащее» можно преобразовать в понятие «логический субъект», а «сказуемое» преобразовать в понятие «логический предикат».

Особенно очевиден подобный подход при приписывании свету электромагнитной природы. Это отождествление происходит на основании экспериментального тождества скорости света и скорости электромагнитных волн³⁸, т.е. вновь, как и с эфиром, положение об электромагнитной природе света опиралась, прежде всего, на *его* (света) *свойства*.

Однако наличие только свойств того же эфира, взяты самих по себе, для «конструирования рационального представления о нём» – мало, эти свойства должны быть приведены в систему, *оформ-*

³⁶ В качестве ещё одного объекта можно указать знаменитый теплород, однако его теория, в отличие от теории электромагнитных волн и эфира, не была разработана и математически представлена в полной мере.

³⁷ Здесь речь идёт уже о физике, как о полноценной самостоятельной дисциплине со своими определёнными предметом и методами, т.е. о физике классической науки и не рассматриваются натурфилософские античные концепции.

³⁸ См. например [38, стр. 104 - 106].

лены³⁹ определённым образом, и определённым образом увязаны между собой. Для этого необходимы некоторые системообразующие принципы. Очевидно, что некоторыми из таких принципов будут обычные законы логики Аристотеля, о которых говорилось выше. Эти законы являются логическим фундаментом теории Максвелла. Вот, например, как Максвелл пользуется законами тождества противоречия и исключённого третьего: «...мы не в состоянии понимать распределение во времени иначе, как *только двумя способами* (выделено мной – Т.Я., закон исключённого третьего): как полёт материальной субстанции через пространство, или как распространение состояния движения или напряжения в среде, уже существующей в пространстве. В теории Неймана фигурирует математическая концепция, называемая потенциалом. *Потенциал мы не можем рассматривать как материальную субстанцию* (выделено мной – Т.Я., закон тождества), однако предполагается, что он передаётся от одной частицы к другой. Эта передача происходит способом, который совершенно независим от среды и который, как Нейман сам подчёркивает, чрезвычайно отличен от способа распространения света...

Как бы то ни было, все эти теории вызывают вопрос: Если нечто передаётся от одной частицы к другой на расстояние, каково состояние этого нечто после того, как оно покинуло одну частицу и ещё не достигло другой? Если это нечто есть потенциальная энергия двух частиц, как в теории Неймана, должны ли мы рассматривать эту *энергию как существующую* в какой-то точке пространства (выделено мной – Т. Я., закон противоречия, энергия либо существует, либо не существует в этой точке), не совпадающую ни с той, ни с другой частицей? Действительно, каким бы способом энергия не передавалась от одного тела к другому, во времени, должна быть среда или субстанция, в которой энергия существует после того, как энергия оставила одно (частицу, материальное тело – Т.Я.) и ещё не достигла другого...» [67, стр.631 – 632].

Однако одной формальной логики явно недостаточно, поскольку она носит слишком обобщённый характер. Для конструирования физических понятий необходимы ещё и специальные системообразующие принципы, в качестве которых Максвелл берёт механическую аналогию. «Для составления физических представлений без принятия специальной физической теории следует освоиться с существованием физических аналогий. Под физической аналогией я разумею

³⁹ В терминологии Аристотеля именно «*оформлены*», т.е. они должны быть сведены в форму т.е. понятие, которое имеет осмысленное содержание.

то частное сходство между законами двух каких либо областей науки, благодаря которым она является иллюстрацией для другой» [67, стр.12.]. Наиболее очевидной является аналогия эфира и механической диэлектрической среды. Как отмечает Я.Г. Дорфман: «...Максвелл настойчиво ищет в свойствах эфира черты, сходные с обыкновенным веществом. В этом он видит «рациональное объяснение» его свойств. Но вместе с тем Максвелл далёк от построения каких-либо конкретных моделей эфира, которые пытались построить его предшественники и современники. Максвелл, подобно Фарадею, нигде не настаивает на наглядности всех свойств эфира. Эфир, по представлениям Максвелла, хотя и имеет некоторое сходство с обыкновенным веществом, но, в то же время, эта субстанция особого рода, которую нельзя описать в обычных терминах или наглядно представить» [38, стр.104.]. Об этом же пишет и Л. Больцман, обобщая метод Максвелла на целый ряд решений физических и химических проблем: «...старые гипотезы могли до тех пор считаться справедливыми, пока всё совпадало, теперь же некоторое несогласие не могло повредить, т.к. простой аналогии нельзя поставить в вину, что она хромает в отдельных пунктах. Поэтому вскоре и другие старые теории, например, упругая теория света, теория газов, химическая схема бензолового кольца и т.д. стали приниматься только за механические аналогии, и, в конце концов, философия максвелловских идей была обобщена в учении о том, что познание вообще не представляет собой ничего иного, как обнаружение аналогий. Тем самым старый научный метод опять был исключён путём определения и наука заговорила больше при помощи сравнений» [15, стр.66.]. «Философию максвелловских идей» и «новый метод», о которых пишет Больцман, условно можно представить следующей схемой: эмпирические данные → математический формализм → формальная логика → механическая аналогия → объект физических исследований. Причём «формальная логика» и «механическая аналогия», равно как и «эмпирические данные» и «математический формализм» вовсе не обязательно имеют причинно-следственную связь, они могут являться и независимыми друг от друга «параметрами». Обозначая эмпирические данные как свойства исследуемого явления (P), и точно таким же образом обозначив математический формализм, который так же отражает определённые свойства исследуемого объекта, а сам объект как логический субъект (S), механическую аналогию и формальную логику мы можем обозначить как закон функциональной зависимости S от P , тем самым получив новый механизм образования или

раскрытия содержания физических понятий, который можно представить следующим образом: $S = f(P_j)$. Его отличие будет принципиально иным, чем обозначенный в главе 1, где он представлен как: $S' = \sum P_j'$. Это отличие позволяет утверждать, что электродинамика явилась одной из первых физических дисциплин, в основу которой была положена другая, новая онтологическая парадигма, чем субстанциональная парадигма, рассмотренная ранее. Причиной перехода к новой парадигме является неочевидность самого логического субъекта S (он же объект исследования), его сложность и невозможность его образного, нерасчленённого на свойства восприятия. Как отмечает Я.Г. Дорфман: «Наглядность механических моделей должна была, по его мысли, облегчить *понимание не наглядных* (выделено мной – Т.Я.) электромагнитных явлений. ...Эфир, по представлениям Максвелла, хотя и имеет некоторое сходство с обыкновенным веществом, но, в то же время, это субстанция особого рода, которую нельзя описать в обычных терминах или наглядно представить» [38, стр.96.]. И эфир, и электромагнитные волны не даны нам непосредственно в нашем восприятии, в отличие от наглядных объектов «старой» (в терминологии Больцмана) физики. Пользуясь выражением А.А. Блока, вынесенным в заглавие данного параграфа, их с полным правом можно считать теми самыми «*умозрительными* понятиями».

Впрочем, в случае с электродинамикой, как и в целом с физикой XIX века, говорить об утверждении новой онтологической парадигмы ещё рано, скорее это её первые «шаги становления», а сама она в целом «пропитана» «рудиментами» старой, субстанциональной парадигмы.

Пользуясь критериями, рассмотренными в предыдущей главе, в качестве таковых можно указать следующие:

1. Субстанциональный характер «конструируемых» объектов, который никоим образом не ставился под сомнение. И эфир, и распространяющиеся в нём электромагнитные волны представляли собой классические субстанции, вполне самодостаточные, описываемые однозначным образом, и для своего существования не нуждающиеся ни в чём другом. Именно субстанциональный характер эфира, его подобие механической среде обусловили в начале XX столетия крах представлений о нём, который, безусловно, стимулировал дальнейшее развитие и становление новой, «постсубстанциональной» онтологической парадигмы в основах физического знания.

2. Вышеуказанные законы формальной логики, которую ни электродинамика, ни физика XIX века в целом не собирались отрицать.

Теория эфира и теория электромагнитных волн никоим образом не входили в противоречие с формальной логикой Аристотеля: она была одним из оснований этой дисциплины.

3. Представления об эфире как о субстанции не произвели революцию в *концептуальном* описании физических процессов, хотя, безусловно, можно утверждать, что они заложили некоторые её предпосылки, так сказать «создали революционную ситуацию», хотя сама революция и произошла позднее, в начале XX столетия. Одним из факторов таких изменений является переход от сил, действующих из точки в определённом направлении через пустоту на объект, к понятию «поле сил», или просто поле, о чём уже говорилось выше. И электрическое, и магнитное поле (а в целом и электромагнитное поле) также имели силовые характеристики, но это уже были не собственно силы, а силы, нормированные на определённые величины. В случае электрического поля они нормировались на электрический заряд, и в случае магнитного поля – на силу тока и единицу длины. Соответственно, эти нормированные силы действовали уже не в одной точке через пустоту на другую точку, а в любой точке поля. В теории Максвелла они носили специальный характер, действуя только на «предметы» электромагнитной природы, и в этом смысле их «универсализация», т.е. установление взаимосвязи с обычными механическими силами дальнего действия представлялась задачей будущего. Вот как это свойство в математических терминах описывал А. Эйнштейн: «...мы можем сказать, что до Максвелла физическая реальность, поскольку она должна была представлять процессы в природе (о чём говорил ещё Аристотель – Т.Я.), мыслилась в виде материальных точек (как ранее замечает Эйнштейн в этой же работе, под ними подразумевались обычные воспринимаемые нами тела), изменения которых состоят только в движении, описываемом обыкновенным дифференциальными уравнениями. После Максвелла физическая реальность мыслилась в виде непрерывных, не поддающихся механическому объяснению полей, описываемыми дифференциальными уравнениями в частных производных. Это изменение понятия реальности является наиболее глубоким и плодотворным из тех, которые испытала физика со времён Ньютона. Нужно также добавить, что полная реализация этой программной идеи ещё не удалась» [132, стр.138.]. Переход от обычных дифференциальных уравнений к дифференциальным уравнениям в частных производных, о которых пишет Эйнштейн, как раз и связан с переходом от «прямолинейных» сил, имеющим источником *одну точку* и действующих без «посредников» в пустом пространстве, к «криволинейным» нормированным силам, источником которых является *каждая* точка пространства.

Именно этот шаг в геометрическом представлении физической реальности, обусловивший усложнение математического аппарата, дал первый «импульс» развитию ещё одной тенденции развития физических знаний, которая уже в XX столетии стала набирать всё большее значение. Речь идёт об относительно самостоятельной значимости математического аппарата и математического формализма. Если со времён Галилея реализовывалась установка «эмпирическая реальность \rightarrow теоретическое описание \rightarrow математический формализм»⁴⁰, то по мере усложнения последнего, он всё более и более стал претендовать на то, чтобы возглавить эту триаду. И если в физике Ньютона первичная реальность давалась, прежде всего, в чувственном образе предмета, который и представлял собой логический субъект (S), а математически выраженные свойства играли подчинённую роль, то в том случае, когда субъект (S) стал функцией предикатов, свойства, выраженные математически, могли претендовать на ту же значимость, что и свойства, зафиксированные эмпирически. Иными словами, предикаты математического формализма (P_m), как аргументы функции (S) *равнозначны* эмпирическим предикатам (P_{em}).

Всё вышесказанное относится к электродинамике, как к одной из стремительно развивающихся физических дисциплин XIX века, однако подобные изменения, может быть даже с ещё более серьёзными последствиями, происходили и в другой отрасли физики, также являющейся детищем XIX века – термодинамике и статистической физике.

Толчком к изменениям в этой области послужило открытие, сделанное Майером и Джоулем, которое впоследствии получило название «принцип эквивалентности». В этом принципе установлена (на основании экспериментов и наблюдений) эквивалентность между количеством тепла и механической работой. Чуть позже принцип эквивалентности был обобщён Гемгольцем, в виде закона сохранения энергии. Открытие этого закона трудно переоценить для дальнейшего развития физики. Впрочем, он имел не только физическое, но и философское содержание, что, например, позволило Ф. Энгельсу указать на этот закон как на один из источников марксизма⁴¹. В контексте рассматриваемого вопроса он также имеет принципиальное значение. Как отмечает Марио Льюцци: «...чтобы понять новизну подхода Гемгольца, достаточно вспомнить, что Майер и Джоуль рассматривали лишь частный случай, пусть даже

⁴⁰ Что подтверждает знаменитая фраза Ньютона: «гипотез не измышляю».

⁴¹ См., например, [71].

и очень важный, тогда как Гемгольц ввёл в физику величину, ранее неизвестную или смешиваемую с понятие силы, величину, участвующую во всех физических явлениях, способную меняться по форме, но неуничтожимую, невесомую, но *определяющую форму существования материи* (выделено мной – Т.Я.). Вся физика второй половины XIX века покоится на двух различных сущностях – материи (веществе – Т.Я.) и энергии, подчиняющихся каждая своему закону сохранения. Характерным различием этих сущностей является то, что материя обладает весом, тогда как энергия невесома» [65, стр.234.]. Хотелось бы особое внимание обратить на выделенные слова об энергии как «форме существования материи». Исходя из этого, можно утверждать, что: во-первых, энергия, безусловно, имеет онтологический статус, и, во-вторых, в таком качестве её можно представить как всеобщий, универсальный *предикат* (наряду с пространственными и временными характеристиками), всех физических процессов и явлений, как всеобщую характеристику, которая имеет количественное выражение и является инвариантом относительно всех физических преобразований. Именно после введение в рассмотрение энергии и формулировки закона её сохранения (которое, как выяснилось уже позже, связано с однородностью «течения» времени⁴²) подтвердить высказывание о *физическом существовании* какого-либо объекта достаточно указанием его пространственных (в нашем трёхмерном пространстве их будет три), временной и энергетической характеристик. В этом смысле энергию можно рассматривать как определённую количественную характеристику материальности физического объекта или системы. И хотя эта характеристика не имеет массы, и мы не можем её непосредственно зафиксировать органами чувств, тем не менее, в силу принципа эквивалентности она, являясь абстрактной или умозрительной характеристикой⁴³, *всегда* может быть преобразована или сведена к тому, что мы воспринимаем органами чувств непосредственно или посредством приборов, в том числе и механической работе, как самой наглядной и чувственно воспринимаемой её форме.

Открытие этого закона почти сразу явилось мощным импульсом для дальнейшего развития физики. Была создана дисциплина, которую Р. Клаузиус назвал «механической теорией тепла»,

⁴² См., например, [58].

⁴³ Для наглядности и простоты понимания роли энергии в физике вполне уместна аналогия с той ролью, которую играют деньги в жизнедеятельности общества. Сами по себе денежные знаки являются фетишем и фикцией, бумажками или кусочками металла и не представляют никакой ценности. Но их ценность заключается в том, что они всегда могут быть обменяны на любой товар, представляющий потребительскую ценность, задавая этому товару определённую количественную характеристику.

а В. Томсон – термодинамикой. Как отмечает Я.Г. Дорфман: «Предмет изучения этой теории – протекающие в макроскопических телах процессы превращения тепла в любые другие виды движения и взаимодействия или, наоборот, их превращение в тепло. Специфические особенности метода, применяемого в термодинамике, – феноменологическое изучение превращений, т.е. оставляющее без рассмотрения внутреннюю природу или механизм этих превращений» [38, стр.122.]. В свете тематики данного исследования необходимо указать, что сам предмет термодинамики – тепло, достаточно нагляден и очевиден в смысле чувственного восприятия. Эта наглядность и очевидность и послужила оправданием предшествующей термодинамике в описании тепловых явлений теории теплорода, как субстанциональной, независимой сущности. В этом смысле само «тепло» и в теории теплорода, и в термодинамике, как науке о превращении тепла в движение, вполне укладывается в схему классической физики, описанную в первой главе: $S = \sum P_i$, где S – любое физическое тело, P_i – свойство теплоты (тепло), которое присуще любому физическому телу. Далее делается замена: $P_i \Rightarrow S'$ т.е. теплота в ней становится основным объектом исследования и описания⁴⁴, $S' = \sum P_j'$, которое описывается через её свойства P_j' . С точки зрения онтологических оснований физики, принципиальное отличие между теорией теплорода и термодинамикой заключалось в свойствах термодинамических систем. Если теплород был субстанционален, то теплота в термодинамике характеризовалась рядом хотя и объективных, но «умозрительных», абстрактных понятий, не имеющих чувственного выражения и взаимосвязанных с более общими, не тепловыми по своей природе процессами. Одной из них являлась энергия, другой – ещё более «экзотической», с точки зрения теории теплорода, – энтропия, которую ввёл в рассмотрение Клаузиус. Её название происходит от греческого глагола *ἐντρέτειν* – превращать, и её первоначальный смысл – сумма всех превращений, приведшие к нынешнему состоянию системы. Однако, как отмечает Марио Льюцци: «...новая величина – энтропия – математически строго определена, но физически малонаглядна. Клаузиус показал, что абсолютное значение энтропии остаётся неопределённым, определены лишь её изменения в термически изолированных необратимых системах; в идеальном случае обратимых процессов энтропия остаётся постоянной.

⁴⁴ Наглядным подтверждением реализации этой схемы является формулировка второго закона термодинамики, данная Р. Клаузиусом: «Переход тепла, от более холодного к более тёплому телу (выделено мной – Т.Я) не может совершаться без компенсации» [38, стр.123.].

Введению этой новой величины физики противодействовали весьма энергично, особенно из-за её таинственного характера, обусловленного главным образом тем, что она не действует на наши органы чувств. Поскольку её изменение равно нулю для идеальных обратимых процессов, то энтропия есть мера отклонения реального процесса от идеального» [65, стр.236.]. Таким образом, введением в рассмотрение энтропии ряд предикатов теплоты в термодинамике пополнился ещё одним членом, не имеющим аналогов в теории теплорода.

Однако этим вклад в «расшатывание» основ старой (субстанциональной) онтологической парадигмы термодинамикой не исчерпывается. Не менее, если даже не более значимый вклад в этот процесс внесло её логическое продолжение и развитие в виде молекулярно-кинетической теории. Разумеется, представления об атомном и молекулярном строении сред высказывались и ранее. Классическим примером является античный атомизм, а позднее в ряду тех, кто делал подобные утверждения, достаточно назвать имена Бойля, Ломоносова, Бернулли, Лапласа, Ампера, Дальтона, Авогадро, Фарадея и многих других, однако только развитие термодинамики перевело эту проблематику из разряда гипотетических, или спекулятивных, в разряд серьёзных физических проблем. Причиной тому явился принцип эквивалентности, согласно которому теплота эквивалентна работе и поэтому с необходимостью должна быть связана с механическим движением мельчайших невидимых частиц. Таким образом, были «синтезированы» новые объекты физических исследований, в отличие от частиц, определяемыми всеми вышеперечисленными учёными, имеющие уже не гипотетический, а достоверный онтологический статус – молекулы и атомы. Однако в отличие от объектов классической физики эти объекты эмпирически были даны исследователю не непосредственно, а в виде ансамблей (множеств), которые обладали определёнными свойствами. Вот как характеризовал их Максвелл: «Молекула есть мельчайшая возможная часть какого-либо определённого вещества. Никто никогда не видел и не держал в руках отдельной молекулы. Следовательно, наука о молекулах есть одна из тех областей знания, которые имеют дело с вещами, невидимыми и невоспринимаемыми нашими чувствами, и которые недоступны прямому опыту» [68, стр.71.]. Аналогичным образом Максвелл характеризует и атомы: «Всякое вещество, простое или сложное, имеет свою молекулу. Если её разделить, то её части будут молекулами вещества или веществ, отличных от того вещества, частью которого была целая молекула. Атом, если такая

вещь существует, должен быть молекулой элементарного вещества. Так как не всякая молекула есть атом, но всякий атом есть молекула, я буду пользоваться словом «молекула» как более общим термином» [68, стр.73 - 74]. Как видим, терминология физики микромира в рассматриваемый период не была ещё достаточно устоявшейся (сам термин молекула происходит от новолатинского *molecula*, уменьшительное от латинского *moles* – масса), однако объект исследования уже был выделен, и следующий необходимый его шаг – наполнение этого понятия определённым физическим содержанием, т.е. описание молекулы через её свойства. Собственно говоря, кроме факта логической необходимости существования молекул, исследователи не располагали о них никакой более информацией. В этом случае творцы молекулярно-кинетической теории – Клаузиус, Максвелл, Больцман – пошли по тому же пути, что и Максвелл при создании электродинамики, – аналогии. Как писал сам Максвелл: «Я выведу законы движения неограниченного числа маленьких, твёрдых и совершенно упругих сфер, действующих друг на друга только во время столкновений. Ежели свойства такой системы тел окажутся соответствующими свойствам газов, то тем самым будет установлена важная физическая аналогия, которая может способствовать более глубокому пониманию свойств веществ. Вместо того, чтобы говорить, что все частицы тверды, шарообразны и упруги, можно, если угодно, сказать, что эти частицы являются центрами сил, действие которых ощутимо лишь на некотором малом расстоянии, где оно проявляется внезапно в виде очень интенсивной силы отталкивания» [69. стр.70.]. Аналогии, как методу, Людвиг Больцман поставил в соответствие методологию, которую он назвал «феноменологической атомистикой» и рассматривает её как определённое противопоставление «математическо-физической феноменологии» классической физики. Суть этой методологии можно охарактеризовать следующими словами Больцмана: «... современная атомистика стремится подогнать друг к другу основы различных феноменологических атомистик, произвольно дополняя и изменяя свойства атомов нужных для различных групп явлений так, чтобы они годились для одновременного изображения многих областей»⁴⁵.

⁴⁵Вышеприведенными рассуждениями мы не хотим, конечно, сказать, что феноменологические уравнения во времени всегда предшествовали успехам современной атомистики. Большинство феноменологических уравнений были получены из рассмотрения специальных атомов, взятых из другой области явлений (механики); только позднее они приобрели характер феноменологических уравнений путём отделения от этих наглядных образов. Это обстоятельство не может нас удивить, так как мы знаем, что смысл этих уравнений в действительности всегда заключается в требовании атомистических образов, и этот смысл высказывается ещё больше в пользу атомистики.

Она разлагает свойства атомов, необходимых для изображения отдельной группы фактов, на компоненты... так, чтобы они подходили к нескольким группам фактов. Это невозможно, само собой разумеется, без известного, выходящего за пределы факта произвола, совершенно так же, как и разложение сил на их компоненты⁴⁶. Однако атомистика достигает этим того преимущества, что становится в состоянии дать простой и наглядный образ гораздо большей сумме фактов» [16, стр.124 – 125.]. И немного ниже он отмечает: «...главной задачей науки является придание такого вида образам, служащим для представления ряда фактов, чтобы на основе их можно было бы предсказать протекание других фактов, подобных первым. Предсказание должно быть, разумеется, проверено экспериментом. По всей вероятности оно подтвердится лишь частично. Тогда ещё есть надежда так изменить и дополнить образы, что они будут соответствовать новым фактам (мы узнаем новое о структуре атома)» [16, стр.126.].

Принципиально новая ситуация, возникшая в науке вместе со становлением молекулярно-кинетической теории, затрагивала целый ряд смежных с физикой проблем. В области математических методов это был впервые широко использованный переход к методам математической статистики в описании поведения больших ансамблей частиц, а из вышеуказанных размышлений Максвелла и Больцмана можно сделать заключение о том, что эти изменения произошли и в онтологических основаниях науки. Как и в случае с эфиром, принципиальное отличие этой ситуации от ситуации классической физики заключается в том, что здесь объект исследования, или он же логический субъект не дан непосредственно как чувственный образ. Исследователь, как и в случае с эфиром «конструирует» его из его же свойств. Другими словами, субъект представим как $S = f(P_j)$. Сами предикаты или свойства, выступающие аргументом для субъекта, условно можно разделить на три группы: эмпирически данные свойства $P_{эм}$ (в частности, у Максвелла свойства газов, которые рассматриваются как системы, состоящие из молекул), математические свойства P_m (феноменологические уравнения Больцмана, основанные на атомистических представлениях). Кроме

⁴⁶ Неизменность атомов является произвольно приданной образу атома чертой... Упомянутые нами выше «атомы-векторы» эфира не были бы, например, неизменяемы. Таким образом, неизменяемость атомов принадлежит к тем представлениям, которые оказались весьма полезны, хотя метафизические рассуждения, при помощи которых они были достигнуты, не выдерживали беспристрастной критики. Именно из-за этой многосторонней пользы и нужно допустить известную долю вероятности, что так называемая лучистая энергия тоже может быть представлена таким же образом, как и материя (что световой эфир – материя).

этих двух, ещё можно указать и на гипотетические свойства P_{hy} , которые могут быть впоследствии обнаружены эмпирически или описаны математически, и которые необходимы для логической связи первых двух в единую целостную непротиворечивую систему (больцмановское свойство неизменяемости атомов). Разумеется, последние также присутствовали и в теории эфира, однако они занимали там более скромное место, чем в молекулярно-кинетической теории, где в силу её большей сложности эти свойства играли (как видно из цитаты Больцмана) одну из основных ролей. Однако этим отличие в подходе к онтологическим основаниям физического знания в электродинамике и молекулярно-кинетической теории не ограничивается. Как было сказано выше, в генезисе электродинамики в качестве рациональных оснований выступала формальная логика Аристотеля, которую никто не ставил под сомнение. Совсем другая ситуация наблюдается в молекулярно-кинетической теории. Людвиг Больцман, как один из создателей молекулярно-кинетической теории, понимал, что предлагаемая им методология «феноменологической атомистики» требует пересмотра норм и принципов. В работе «О статистической механике» он, критикуя третью антиномию Канта в его «системе космологических идей», изложенной в знаменитой работе «Критика чистого разума», замечает: «...для философа самое простое оказывается самым загадочным, и он на каждом шагу встречает противоречия. Но эти противоречия представляют собой не что иное, как целесообразные воспроизведения нашим мышлением данного нам в опыте. В самих же данных опыта не может быть противоречий. Поэтому, как только мы оказываемся как будто не в состоянии устранить противоречия, мы должны сейчас же проверить, расширить, изменить то, что мы называем законами мышления и что на самом деле есть не что иное, как унаследованные, привычные нам на практике оказавшиеся полезными представления, выработанные веками. ...нашей задачей является не данные опыта судить с помощью наших законов мышления, а наоборот, приспособить наш образ мыслей, представления и понятия к данным опыта (выделено мной – Т.Я). Так как сложные соотношения мы выражаем словами, написанными, произнесёнными или молча мыслимыми, то мы должны эти слова соединить таким образом, чтобы они сообщали данному опыту подходящее выражение, чтобы связи, устанавливаемые нами между словами, по возможности были адекватны связям, существующим в действительном опыте. Раз мы поставили вопрос именно таким образом, то, хотя его решение и может быть ещё сопряжено

с величайшими трудностями, цель будет намечена и нам уже не придется спотыкаться о затруднения, уготованные самим себе» [17, стр.170 – 171.]. Как видно из цитаты, Больцман напрямую ставит вопрос об ограничении возможностей использования формальной логики Аристотеля, из которого следует возможность существования других, не аристотелевских логик. Подобная постановка вопроса явно не вписывается в субстанциональную онтологическую парадигму оснований физического знания, по крайней мере, в форме, описанной в параграфе 1.4, и, безусловно, серьёзным образом подрывает её. По сути дела, проблемы, поднятые молекулярно-кинетической теорией, и методы их решения, предложенные её творцами, фактически пересматривают все выше обозначенные составные парадигмы онтологических оснований классической физики. О механизме генезиса и раскрытия содержания понятий уже было сказано. В этом механизме разложения субъекта в предикативный ряд $S' = \sum P_j'$ было заменено функциональной зависимостью субъекта от предикатов $S = f(P_j)$, законы формальной логики были также поставлены под сомнения. Кроме того, существенные изменения произошли и в содержательном описании физических процессов. Это, прежде всего, относится к противопоставлению и замене феноменологии Ньютона, как феноменологии сил, где силы рассматривались как определённые абстрактные математические конструкции, при помощи которых можно описывать физические процессы, атомистической феноменологией, где все физические процессы можно описать уже не при помощи сил, а при помощи мельчайших частиц. Именно на это многократно указывает Больцман, в том числе и в выше приведенных цитатах. И с точки зрения Больцмана (его правоту подтвердило дальнейшее развитие физики), замена феноменологических подходов существенным образом «переформатирует» физику, изменяя её структуру и способы изложения, что и будет показано в дальнейшем.

И, наконец, молекулярно-кинетическая теория затронула чувственную составляющую физического познания. Она, как и в случае с электродинамикой, вследствие «ухода» объекта исследования из непосредственной эмпирической данности, утратила монопольное право выступать базой теории, наряду с эмпирическими свойствами объекта исследования не менее важную роль стали играть «математическо-формальные» и гипотетические, которые, однако, по своим функциям не могли заменить эмпирические.

Однако несмотря на все эти изменения в основах физического знания, новая онтологическая парадигма ещё не получила полного завершения, и в этом смысле, исходя только из электродинамики

и молекулярно-кинетической теории, говорить о формировании именно новой парадигмы не представляется возможным. И в том, и в другом случае объекты исследования (они же логические субъекты *S*) не имели полноценного онтологического статуса. Аристотелевская традиция, настаивающая на *целостности чувственных восприятий*, была, пожалуй, наиболее инерциальной из всего античного онтологического наследия, прилагаемого к физическому знанию. Именно она мешала наделить и атомы (молекулы), и эфир полноценным онтологическим статусом. Эти два объекта, в отсутствие *непосредственных чувственных данных* о них, отсутствием их образной (целостной) чувственной данности, представляли собой «умозрительные», вспомогательные логические конструкции, не имеющие онтологического содержания. На это положение в своих рассуждениях опирается Больцман (и не только он один), с одной стороны противопоставляя «математическо-физической феноменологии» атомистическую феноменологию, а с другой указывая на их сходство: «Дифференциальные уравнения математическо-физической феноменологии (феноменологического метода Ньютона, основного метода классической физики – Т.Я.) представляют собой, очевидно, не что иное, как правила для образования и связывания чисел и геометрических понятий, а последнее – опять-таки не что иное, как мысленные образы, посредством которых могут быть предсказаны явления. То же самое относится и к представлениям атомистики; я не могу заметить здесь ни малейшей разницы» [17, стр.177.]. Напомним, что суть феноменологического метода Ньютона, рассмотренного в п. 1.3, заключается в переходе от онтологической реальности физических тел к определённым умозрительным понятиям, т.е. математическим и логическим конструкциям (правила для образования и связывания чисел и геометрических понятий в терминологии Больцмана), при помощи которых и происходит описание физической реальности, состоящей из физических тел. Основным понятийным ядром такого подхода выступает позаимствованное ещё у Аристотеля понятие «сила». Схожесть этой феноменологии с феноменологией атомизма, о которой пишет Больцман, как раз и заключается в том, что атомы (молекулы) являются не полноценными объектами реальности, а *вспомогательными, умозрительными логическими конструкциями*, при помощи которых описываются объекты физической *реальности* – физические *тела*. Разница между классическим представлением физического тела и его же представлением второй половины XIX века заключена в том, что понятие расширено, в него были включены газообразные,

жидкие тела, а также (в качестве гипотезы) эфирные объекты. Без получения молекулами (атомами) статуса полноценных объектов реальности мы не можем говорить о возникновении новой онтологической парадигмы. Этот статус не был получен по итогам работ Лошмидта, Стони, Томсона и Майера по численному определению диаметров молекул⁴⁷, ни по вихревой модели атома, предложенной Ранкиным и Томсоном на основе гидромеханики вихревых колец, разработанной Гемгольцем. Мало того, «онтологическая неполноценность» этих объектов выступила как один из элементов базы системы философских основ физики, получившей название «эмпириокритицизм» – разновидности позитивизма. Эту систему выражал и развивал австрийский физик и философ Э.Мах. Исследованию, анализу и критике эмпириокритицизма посвящено значительное количество литературы⁴⁸, в том числе и известная книга В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». В контексте рассматриваемой проблемы – онтологических оснований физического знания в конце XIX века – можно утверждать, что философские (онтологические) следствия молекулярно-кинетической теории, как минимум, не противоречили «психологизму», который проповедовал эмпириокритицизм. Согласно ему объекты физических исследований представляют собой не более чем «комплекс ощущений» и в соответствии с принципом «экономии мышления» никаким онтологическим содержанием наполняться не должны. Иными словами, эмпириокритицизм опирался, кроме всего прочего, на то же представление физических понятий, как: $S = f(P_i)$, где преимущества отдавалось чувственным предикатам. Согласно этому, все содержательные логические конструкции в виде логического субъекта S носят вспомогательный, условный характер. «Если ... рассматривать активность человека, то окажется, что человек ...приспосабливается к факторам внешней среды, а его «концепция объекта» (логический субъект S – Т.Я.) есть не что иное, как фиксация более или менее устойчивых корреляций факторов внешней среды (чувственные предикаты – Т.Я.), устанавливаемая вследствие «приспособления мышления к фактам опыта» [128, стр.68.]. Сами же чувственные предикаты не являются независимыми аргументами, а в свою очередь выступают функцией человеческой психики. «Приспосабливающийся к среде субъект (индивид) рассматривается Махом как живое физическое тело,

⁴⁷ Эти результаты, разумеется, были основаны на косвенных физических методах, таких как, сравнение плотности, жидкого и газообразного агрегатных состояний и получение отсюда коэффициента трения в газообразном состоянии, измерение толщины мыльных плёнок, электрическое действие между цинком и медью.

⁴⁸ См., например, [128].

в котором совершаются процессы, подобные процессам, происходящим вне его. Эти процессы Мах обозначает термином «психическое», противопоставляя им факторы внешней среды, обозначаемое термином «физическое». Собственно в приспособительной деятельности субъекта участвуют как физические, так и психические факторы. Различаются они Махом по принципу «внешнее – внутреннее». ... внешние «физические» факторы даны субъекту в форме ощущения и по существу тождественны с ним, ибо ощущение не представляет собой ничего иного, как продолженное «внутри индивида» физическое взаимодействие. Поэтому гносеологическое различие физических и психических элементов, для Маха, относительно, оно определяется точкой зрения. Рассмотрение взаимных корреляций физических элементов вне их связи с состоянием субъекта приводит к идее физической реальности (физического). Те же самые элементы, взятые в отношении к субъекту, превращаются в элементы психические, тождественные в сущности физическому...» [128, стр.68 – 69.]. Можно утверждать, что онтологические следствия в меньшей степени электродинамики, и в большей степени молекулярно-кинетической теории, представляли собой, по сути дела, «подготовительную работу», и весьма значительную для генезиса новой онтологической парадигмы в основаниях физического знания. Эта «подготовительная работа» касалась всех её (онтологической парадигмы) составляющих, однако она несла в себе некоторую «вилку» – разветвления и выбора между «онтологическим» и «психическим». Этот выбор, в результате которого стало возможно говорить о возникновении и генезисе новой онтологической парадигмы в основаниях физического знания, произошёл немного позднее – в самом начале XX столетия, вместе с революционным пересмотром целого ряда фундаментальных физических представлений. Однако вместе с тем, эта «революция на пороге века» была обусловлена развитием физики второй половины XIX века и явилась её закономерным логическим продолжением. Подробно и детально весь этот процесс и будет рассмотрен ниже.

2.2. Революция на пороге века

Прошедшее XX столетие с полным правом можно считать веком революционных преобразований в обществе. Кроме очевидных социальных трансформаций, это положение справедливо и для различных форм общественного сознания, в том числе и науки. На протяжении этого столетия содержание научного знания трансформировалось кардинальным образом, оно изменилось и количественно,

и качественно, охватывая всё новые предметы исследования, генерируя всё новые методы. По сути, на протяжении всего XX столетия в науке «бушевала» непрерывающаяся «перманентная революция». Наиболее системным изменениям в этом столетии подверглось физическое и космологическое знание и «фитиль» революции в этих дисциплинах, и, в первую очередь, в физике был зажжен с самого его (века) начала. Именно тогда были сформированы системные основы одних из наиболее грандиозных достижений физики XX столетия: квантовой физики, специальной (СТО) и общей (ОТО) теорий относительности, которые определили «лицо» физического знания на всём его протяжении. Именно в становлении этих достижений мы можем говорить не только о фундаментальном изменении физического знания как такового, но и об изменении его онтологических основ, а, следовательно, и об изменении онтологической парадигмы оснований физического знания. Особый интерес представляет процесс генезиса трёх вышеназванных дисциплин. Начнём с самого первого революционного события в физике, происшедшего в самый канун нового столетия – генезис квантовой гипотезы Планка. Разумеется, этому событию посвящена специальная литература⁴⁹, однако в нашей работе оно будет рассмотрено «через призму» специальных положений онтологической парадигмы оснований физического знания, выделенных в параграфе 1.4.

Как уже достаточно подробно рассматривалось в предыдущем параграфе, к концу XIX века представления об атомарном и молекулярном строении вещества уже стали содержанием научного знания. Однако представления об *излучении* были несовместимы с представлениями о дискретности⁵⁰. Сама же проблема излучения приобрела актуальность не столько с развитием электродинамики Максвелла, которая раскрывала физическую природу света и ввела в рассмотрение среду его распространения – эфир, а в большей степени с ещё одним замечательным достижением физики XX века – открытием спектрального анализа⁵¹. Ещё в 1859 году для объяснения обнаруженного им эффекта поглощения парами горящего натрия солнечного излучения (потемнение фраунгоферовых линий в спектре) Кирхгоф сформулировал проблему соотношения поглощённой и излучённой энергий физического тела, и для её решения предложил

⁴⁹ См., например: [105].

⁵⁰ Хотя в предыдущем параграфе и были процитированы высказывания Больцмана об «атомах-векторах эфира», подобные взгляды были не более, чем спекулятивными предположениями, не имевшими ни эмпирического обоснования, ни математического описания и даже сколь-нибудь глубокого содержания.

⁵¹ Подробное описание генезиса квантовой гипотезы М. Планком см., например: [93. стр. 346-355].

модель абсолютно чёрного тела, т.е. тела, которое поглощает всё падающее на него излучение. Согласно теореме Кирхгофа, для абсолютно чёрного тела излучаемая энергия (излучательная способность чёрного тела) является функцией от частоты излучения и температуры, и не зависит от каких-либо других физических параметров. Эта теорема, как показал Кирхгоф, связана со вторым началом термодинамики. Задача, которую он поставил как перед теоретиками, так и перед экспериментаторами заключалась в нахождении вида этой функции. Эта задача решалась более сорока лет. В её решении участвовали Стефан и Больцман, установившие зависимость энергии от температуры, однако только в 1896 году Вин предложил первый вариант полной зависимости и от температуры, и от частоты, который был в том же году подтверждён экспериментами Пашена. Однако выполненные в 1899 – 1900 годах в берлинском Физико-техническом институте рядом исследователей на различных длинах волн (в диапазоне десятков микрометров) эксперименты показали, что в этом диапазоне закон Вина «не работает». Было предложено несколько вариантов расчётных формул, в том числе и вариант Рэлея, который получил впоследствии название закон Рэлея–Джинса. Свою формулу он основывал на классическом принципе равномерного распределения энергии по степеням свободы, который был установлен Больцманом и Максвеллом. Однако, как выяснилось⁵², этот закон «работал» только для малых частот, соответствующих инфракрасному спектру. Максимально приближенной к результатам эксперимента оказалась формула, предложенная Планком. В ней фигурировали три постоянные. Природа двух из них была ясна, поскольку речь шла об излучении энергии в эфире, следовательно, одной была скорость света, а другой – постоянная Больцмана, как результат использования Планком статистических представлений. Однако природа третьей была совсем не ясна. Сразу вслед за этим насущной необходимостью стала содержательная интерпретация этой формулы и наполнение физическим смыслом оставшейся постоянной. Отталкиваясь именно от этого, Планк называет её элементарным квантом действия (h), даёт физическое объяснение формуле. Для этого он совершил, как их называет Пайс, два «отчаянных шага». Во-первых, Планк «...приписал физический смысл конечным «порциям энергии»» [93, стр.353]. Иными словами,

⁵² Окончательно он был сформулирован только в 1905 году, и только тогда стало ясно, что для больших частот он неадекватен экспериментальным данным. Это было одним из серьёзных аргументов против рассмотрения постоянной Планка h как феноменологического параметра, который не представляет собой никакой физической реальности.

введённое им понятие, или *свойство* дискретности, которое до этого рассматривалась как сугубо вещественное свойство, было приписано *излучению*. И, во-вторых, к дискретному *излучению* Планк применил процедуру статистического подсчёта, применяемую ранее только к дискретным вещественным формам материи. В результате этого в физике появляется новый объект реальности – квант (от лат. *quantum* – «сколько»), как неделимая порция энергии. Его существование входило в противоречие с классическими представлениями оптики и электродинамики, и поэтому даже сам Планк не придал кванту полноценного онтологического статуса. Согласно его мнению (и не только его одного, а целого ряда ведущих специалистов), которое он отстаивал длительное время, квантами происходит только *процесс испускания и поглощения* излучения, а само излучение является непрерывным. В первые годы нового столетия общепринятым было мнение, что квант действия и в целом квантовое описание не более чем феноменологическая игра, удобная и эффективно «подгоняющая» математический формализм под данные эмпирического опыта, однако, не имеющая под собой онтологических оснований. Полностью онтологизировал квант энергии только А. Эйнштейн в 1905 году, распространяя представление о кванте и на само излучение. Это означало, что квант, или порция энергии, обладает статусом полноценного физического объекта и после акта испускания квант энергии не рассеивается в пространстве (как это представлялось Планку⁵³), а сохраняют свою локализацию в дальнейшем. Предпосылкой к такому заключению А. Эйнштейна явилось желание получить каким-либо независимым образом закон излучения и понять, почему не выполняется закон Рэлея-Джинса для больших частот. Для этого, как отмечает А. Пайс, «Эйнштейн решил рассматривать проблему излучения «... в связи с опытом», феноменологически. За новый отправной пункт он взял догадку Вина (формула Вина, предложенная им в 1896 г., – Т.Я.)... справедливость которой была подтверждена экспериментально (Пашенном – Т.Я.)... Эйнштейн постулировал существование световых квантов, *проведя аналогию* (выделено мной – Т.Я.) между излучением в режиме Вина и поведением классического идеального газа, состоящего из материальных частиц» [93. стр.359.]. Начав с рассмотрения классического случая возрастания энтропии при постоянной температуре для определённого количества молекул газа, Эйнштейн приходит (через понятие «плотность энтропии», которая связывает плотность

⁵³ Серьёзной проблемой в таком понимании квантовой гипотезы является проблема времени рассеивания кванта.

энергии в единице объёма при определённой частоте и температуре) к гипотезе световых квантов: «Монохроматическое (одной длинны волны или частоты – Т.Я.) излучение малой плотности (в пределах области применимости закона излучения Вина) в смысле теории ведёт себя так, как будто оно состоит из независимых друг от друга квантов энергии величиной $... = h\nu$ » [93, стр.360.], где постоянная Планка h является комбинацией различных других постоянных. Таким образом, и Эйнштейн, и Планк сгенерировали один и тот же объект – квант, исходя из сходных «начальных условий» – положений статистической механики и применения их к процессам излучения. Как стало ясно гораздо позднее, аналогия между веществом и излучением в этом вопросе не полна. «Фотонный газ» подчиняется статистике не Больцмана, а Бозе – Эйнштейна, однако в случае «режима Вина» и та, и другая дают одинаковые результаты. Несмотря на качественную схожесть полученных результатов, в содержательном смысле Эйнштейн пошёл дальше Планка. Он логически расширил свою гипотезу от утверждения, что кванты не более чем *свойства* свободного излучения, находящегося в тепловом равновесии, т.е. положение о том, что они выполняют вспомогательную функцию и не являются объектами существования в физике, до положения о том, что кванты *есть форма существования электромагнитного излучения*, т.е. придал квантам онтологическую значимость и вес. Подобный шаг имел не только онтологическую, но и в определённой степени практическую ценность, поскольку объяснял явление фотоэффекта, как эффекта взаимодействия вещества и излучения, которое экспериментально было подтверждено в 1915 г., и за которое Эйнштейн в 1922 г. получил Нобелевскую премию по физике. Разумеется теория квантов возникла не сразу, она развивалась ещё на протяжении 1905 – 1917 годов, были добавлены импульс кванта света (квант импульса) как одна из его основных характеристик, установлена связь между квантом импульса и квантом энергии и тем самым была построена основа теории кванта света, который в 1926 г. химиком Льюисом был назван фотоном (от др.-греч. φῶς, род. пад. φωτός, «свет»). Окончательное экспериментальное подтверждение существования кванта света – фотона произошло только в 1923, когда Комптон и Дебай обнаружили эффект рассеяния фотона на свободном электроне. Этот эффект взаимодействия вещества и излучения давал различие количественных характеристик в случае непрерывной (классические представления Максвелла) и в случае дискретной (квантовые представления Эйнштейна) природы излучения. Экспери-

менты рассеяния на сложных атомах, выполненные ранее, позволяли интерпретировать их результаты в смысле понимания Планка, а именно *дискретность кванта как дискретность процессов взаимодействия вещества и излучения*, обусловленного свойствами *вещества*, а не излучения. К тому времени Бором, Зоммерфельдом и другими были созданы модели сложного атома с дискретными уровнями энергии, наличием которых при взаимодействии непрерывного излучения и вещества, в принципе, можно было бы объяснить появление квантов. Только рассеяние фотона свободным электроном, который не имеет внутренней структуры и, соответственно, не мог иметь энергетических уровней, заставило многих поверить в квантовую природу света, и рассматривать эксперименты Комптона как непосредственное подтверждение существования квантов излучения. Таким образом, квант, как физическая реальность, обрёл полноценный онтологический статус, тем самым сформировав новую дисциплину – квантовую физику. Она получила дальнейшее развитие и сформировала качественно иное видение реальности. Процесс формирования и развитие самой квантовой механики будут рассмотрены немного ниже, а сейчас кратко обобщим всё, что было сказано относительно генезиса основного объекта квантовой физики и придания ему онтологического статуса:

1. Истоки процессов, приведших к возникновению квантовой теории, лежали в классической физике и классической онтологической парадигме в основах физического знания. Они вполне «вписываются» в её (парадигмы) механизм формирования и раскрытия содержания понятий, описанный выше, а именно: $S = \sum P_i$, где S – физическое тело как онтологическая, чувственно данная реальность, трансформированная в специальное «абсолютно чёрное» тело, а P_i – его излучающие и соответственно поглощающие свойства. Далее эти свойства «обращаются» в самостоятельный объект исследования: $P_i \Rightarrow S'$. Этим объектом исследования является классический эфир Максвелла, при помощи которого и *должны* объясняться свойства излучения. Однако на данном этапе происходит «сбой» в работе этой парадигмы, эфир «не раскладывается» в те эмпирические свойства (в дальнейшем получившие выражение в виде математического формализма), которые даёт эксперимент, и процедура $S' = \sum P_j'$ становится невыполнимой. Задача, встающая на этом этапе и перед Планком, и перед Эйнштейном, – «сконструировать» из имеющихся свойств (предикатов) новый логический субъект – квант. Планк в этом направлении делает первые шаги, не доводя их до конца и объясняя квант как *свойство взаимодействия вещества и*

излучения, и только Эйнштейн, как говорилось выше, «конструирует» такой объект, наделяя его свойствами онтологической реальности. Это «конструирование» осуществляется тем же самым способом, каким была осуществлена «реконструкция» и атомов, и молекул, и эфира, а именно: $S = f(P_i)$, поскольку происходило фактически в тех же самых условиях. «Механизм» образования этого логического субъекта (он же объект исследования) можно представить следующим образом: эмпирические данные → математический формализм → формальная логика → вещественная термодинамическая аналогия → объект физических исследований (квант). Место формальной логики и логики вообще в процессе генезиса, а также понятия «квант» и квантовой механики в целом будут рассмотрены немного ниже, а сейчас обратим внимание на аналогии.

2. Как видно из вышесказанного, и М. Планк, и А. Эйнштейн пользовались аналогиями термодинамических закономерностей, характерными для вещественных форм материи, а как было показано выше, механические аналогии использовались и Л. Больцманом и Д. К. Максвеллом при построении и статистической физики, и при построении электродинамики. Подобное положение дел объясняется одним: во всех этих случаях их основной объект исследования (он же логический субъект S) не был дан непосредственно и в виде образа, во всей своей полноте и целостности при помощи органов чувств, как до этого были даны тела Аристотеля или тела классической физики Ньютона. Эфир, атомы, молекулы, кванты находятся «за границами» чувственного восприятия и не являются непосредственно наблюдаемыми. Они проявляют себя только через свои *некоторые свойства*, из которых мы вынуждены их «конструировать». Аналогия в этом случае является одним из необходимых элементов конструкции, пусть даже появляющаяся, наподобие строительных лесов, только во время процесса «конструирования». Как мы знаем, значительная часть вещественных термодинамических аналогий, которыми пользовались Планк и Эйнштейн, были впоследствии «убраны», а механистические аналогии, «заложенные» в представления об эфире, привели к его краху, о чём подробнее будет сказано ниже. Однако, как мы увидим в дальнейшем, во всех подобных ситуациях, хотя бы на начальных этапах, аналогии будут являться методологически необходимым элементом.

3. Формирование понятия «квант» как онтологической реальности ознаменует собой возникновение и новой дисциплины – квантовой механики, которая существенным образом изменила содержание физического знания и завершила его «переформатирование», начатое

молекулярно-кинетической теорией. Она, а также специальная и общая теории относительности, о которых будет сказано ниже, «вытесняют» физические тела классической физики, а вместе с ними и их феноменологическое описание посредством сил и концепции дальнего действия. «Новая феноменология», которая впервые появляется в молекулярно-кинетической теории, сводит всю физическую реальность к частицам поля и вещества, и описание их взаимодействия в пространстве и времени посредством не силовых, а энергетических характеристик. Тем самым физическое знание приобретает новое онтологическое содержание и новый смысл, по сравнению с классикой Ньютона. Впрочем, к этому мы ещё вернёмся, а сейчас рассмотрим роль и место логики в формировании понятия «квант» и в целом в квантовой механике.

Как уже говорилось выше, ещё Больцман ставил под сомнение универсальность законов формальной логики Аристотеля в приложении к молекулярно-кинетической теории. Однако там не было очевидно в полной мере, как не было очевидно и на заре становления квантовых представлений, по крайней мере, в явном виде этот вопрос не возникал в первые несколько лет её развития. Впервые он встал в 1909 году, когда А. Эйнштейн определил флуктуацию энергии излучения абсолютно чёрного тела в определённом интервале частот. Полученная им формула давала зависимость флуктуации энергии от её спектральной плотности (плотности энергии в единице объёма при определённой частоте), которая в свою очередь, могла, как было описано выше, быть задана тремя законами: Релея–Джинса, Вина и законом Планка. В первом случае (закон Релея–Джинса) флуктуация энергии носила явно волновой характер, что было вполне совместимо с классическими представлениями Максвелла о волновой природе света. В случае закона Вина флуктуации энергии были явно квантовые или порционные, что согласовывалось с утверждениями Эйнштейна о квантовой природе излучения, однако в случае закона Планка эта зависимость имела две составных, из которых одна соответствовала волновым представлениям, а другая квантовым [93, стр.385.]. Это означает, что в излучении присутствуют одновременно и волновая и корпускулярная составляющая. Вот как подобную ситуацию, по словам А. Пайса, охарактеризовал сам Эйнштейн: «То, что наши теперешние основы теории излучения должны быть отброшены, я уже пытался показать ранее... Я считаю, что следующая фаза развития теоретической физики даст нам теорию света, которая будет в каком-то смысле слиянием волновой теории света с теорией истечения... Нельзя

считать несовместимыми обе структуры (волновую и квантовую) ... Тот факт, что речь идёт лишь о *модификации* наших современных теорий, а не о полном *отказе* от них, вытекает из того, что закон Джинса в пределе... видимо выполняется».

Упомянутое слияние сейчас называют дополнительностью. Ссылку на закон Джинса сегодня мы назвали бы применением принципа соответствия» [93, стр.386.].

Рассматривая волновые и квантовые свойства излучения как противоречащие⁵⁴ по отношению друг к другу, можно констатировать, что из утверждения Эйнштейна об актуальной совместимости обеих структур, следует отрицание одного из фундаментальных законов классической логики – законов противоречия. Это отрицание не является случайным, впоследствии оно станет одной из специфических особенностей квантовой механики.

Формулировка, развитие и дальнейшее исследование этой специфической особенности непосредственно связано с именем другого великого физика XX столетия – Нильса Бора, который с начала столетия занимался исследованием дискретного строения вещественных форм материи⁵⁵. В этом контексте представления о квантах излучения рассматривались им в связи с дискретным строением вещества и соответствующих этому дискретному строению уровнях энергии. Они (кванты) были связаны только с процессами взаимодействия веществ и излучения и, в его представлении, не имели самостоятельного существования. Иными словами, Бором признавались кванты энергии в понимании Планка, и отвергались, как ненужные, в понимании Эйнштейна.

Вехой на пути становления принципа дополнительности стала работа Бора – Крамерса – Слэтера 1924 года, которую можно назвать программой исследования и в которой они предлагали описывать противоречивый процесс взаимодействия вещества и излучения новыми принципами. Одним из таких принципов являлся отказ от закона сохранения энергии и импульса. Он был обусловлен несовместимостью и соответственно невозможностью полного сохранения *непрерывно изменяющейся* энергии поля и *дискретно изменяющейся* энергии атома. Очевидно, что между дискретным и непрерывным

⁵⁴ Такое рассмотрение вполне правомочно, поскольку каждое из них само состоит из ряда противоречащих свойств. Например, квант *локализован* в пространстве, волна *не локализована*, волна в своём движении *оглабает* препятствие, квант – *не оглабает*, квант – *порциален*, волна – *не порциальна* и т.п.

⁵⁵ Деятельность Н. Бора, в том числе и в качестве автора принципа дополнительности, отражена в значительном массиве разноязычной литературы, среди них только на русском языке: [18], [19], [55], [102] и др.

нет полного соответствия, и в этом случае законы сохранения энергии и импульса выполняются только статистически для ансамблей частиц. Ещё одним принципом, предлагавшимся вышеуказанными авторами, было введение в рассмотрение некоего виртуального поля, обуславливающего спонтанные излучения электрона с одного уровня на другой. Наличие этого поля делало эти переходы не спонтанными, а индуцированными (вынужденными), однако это «вынуждение» описывалось вероятностными законами. Однако эксперименты, проведённые Боте, Гейгером и Комптоном показали неправомерность таких подходов, и возникла необходимость искать новые принципы, совмещающие понятие дискретности и непрерывности. Следующим шагом в этом направлении были три короткие статьи Луи де Бройля, написанные им в 1923 году, которые в 1924 году были объединены в диссертационную работу. Основной её идеей было представление частиц вещества (электрона в частности) в виде волнового процесса, имеющих волновые характеристики, в том числе и частоту, и описываемого так же как кванты излучения Эйнштейна.

Следующей важной вехой на пути становления квантовой механики, в контексте которой и появляется принцип дополнительности, является развитие своей феноменологической концепции Вернером Гейзенбергом. Согласно этой концепции квантовая физика должна исключить из рассмотрения все ненаблюдаемые величины, оставив одни наблюдаемые. Однако, в силу дискретности таковых, в квантовой физике они математически не представимы через непрерывные функции. Отсюда следовало, что математически эти величины должны быть представлены каким-либо математически дискретным объектом. Такими дискретными математическими объектами являются матрицы, и Гейзенберг приходит к идее построения матричной квантовой механики, которая и была реализована им и Дираком.

Ещё один шаг к принципу дополнительности – формулировка волнового уравнения Шредингером, которое описывает волну де Бройля, однако эта волна имеет не только вещественные, но и мнимые коэффициенты, что позволяет назвать её «фиктивной волной», или «волной призраком». Таким образом, был сформулирован ещё один формализм квантовой механики – волновая механика. Как выяснилось в том же 1926 году, матричная механика Гейзенберга и волновая Шредингера эквивалентны.

Всё это заставляло решать вопрос о совместимости двух противоречащих понятий (как волны и как частицы) в одном объекте – частице. Это и сделал Нильс Бор 16 сентября 1927 года в публичной

лекции на международном физическом конгрессе в Комо (Италия), сформулировав утверждение, названное принципом дополнительности. Согласно ему «...для полного описания квантовомеханических явлений необходимо применить два взаимоисключающих («дополнительных») набора классических понятий, совокупность которых даёт исчерпывающую информацию об этих явлениях как о целостных» [76, стр.385]. Как уже указывалось выше, этот принцип напрямую исключает закон противоречия, что, безусловно, делает невозможным использование в квантовой механике формальной логики в полном объёме, и делает актуальным постановку вопроса об иной, не формальной логике как одном из оснований квантовой механики. И такой вопрос действительно был поставлен. Ряд исследователей⁵⁶, такие как: П. Детуш-Феврие, Г. Рейхенбах – пытались сформулировать эту логику, минуя математический аппарат квантовой механики. При этом использовались два подхода. Первый связывал логику с онтологией и рассматривал её в духе Аристотеля, как специфическую теорию бытия, тем самым, придавая ей объективно-онтологический характер (обоснование такого подхода было продемонстрировано в данной работе в п.1.2). Согласно такому подходу, логика Аристотеля – истина для макромира, а для микромира, в силу его *онтологических особенностей*, справедлива особая, не аристотелевская логика⁵⁷. Второй подход обосновывает не аристотелевскую логику *спецификой языка* квантовой механики, который содержит высказывания, не допускающие эмпирической проверки, и поэтому не являющиеся ни истинами, ни ложными⁵⁸. Однако и тот, и другой подходы предлагают в качестве новой логики многозначную логику, т.е. логику, в которой не выполняется закон исключённого третьего, и в одном и том же отношении вместе с противоречащими предикатами один и тот же субъект могут описывать и иные предикаты, «исключённые» в формальной логике. Наиболее популярный вариант этой логики – трёхзначная логика, где этот предикат представлен в единственном лице и обозначает третье (кроме двух: «истинно» и «ложно») состояние – «неопределенно», однако могут существовать и логики с большим количеством предикатов, вплоть до их бесконечного числа. В свете концепции функциональной зависимости $S = f(P_i)$ субъекта от предиката

⁵⁶ Подробнее смотри: там же, [76, стр. 438-442.], [55, стр. 61 - 69].

⁵⁷ В данном случае речь идёт о разработчиках специальной логики квантовой механики, авторское видение отношения логики и неклассической физики будет рассмотрено отдельным вопросом в третьей главе.

⁵⁸ Аргументы за и против этой точки зрения, как и дискуссию по поводу квантовой логики см., например: [11], [45], [54], [109].

этот вариант представляется наиболее перспективным, однако детально он будет рассмотрен ниже. Сам же факт того, что в квантовой механике возникает вопрос другой логики, отличной от логики Аристотеля, и делаются попытки её формулировки, в совокупности с вышеуказанными обстоятельствами относительно аналогии в физическом знании и его феноменологии позволяют с полным правом говорить о том, что в основании квантовой механики лежит иная, отличная от классической физики онтологическая парадигма оснований физического знания. Согласно этой парадигме субъекты физической теории представляют собой «конструкцию» или функциональную зависимость от предикатов, причём в отличие от парадигмы Аристотеля, где чувственные предикаты были первичны и необходимы, в ней чувственные и логические предикаты равнозначны.

Эта парадигма является многофункциональной и может выступать базой решения ряда специфических философских проблем квантовой механики, среди которых можно указать вероятностный характер квантовомеханического знания и особую роль наблюдателя, или даже, как часто указывают, его сознания в получении эмпирических квантовомеханических результатов. Эта специфика было осознана сразу же по возникновении квантовой механики, и на протяжении всего XX столетия вокруг неё велись многочисленные споры, примером чего может служить знаменитая дискуссия между Н. Бором и А. Эйнштейном о неполноте квантово механического описания действительности, и шире – между сторонниками копенгагенской интерпретации квантовой механики и сторонниками «скрытых параметров». Эта дискуссия актуальна и сегодня, доказательством чего является полемика, развернувшаяся в 2001 [89] году на страницах журнала «Успехи физических наук» вокруг статьи М.Б. Менского «Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов» [75]. Не касаясь всех подробностей и специфики затрагиваемых в ней вопросов, можно отметить, что, исходя из вышесказанного, проблемы и вероятностного описания, и роли сознания наблюдателя можно попытаться решить из представления объектов квантовой механики как функциональной зависимости от их свойств ($S = f(P)$). Рассматривая логику в целом, вместе с механизмом образования понятий и раскрытием их содержания, с точки зрения онтологии, как определённую теорию бытия, предполагающую тождество бытия и мышления, которое сформулировал ещё Парменид. В этом случае вероятностный характер квантовомеханического описания может определяться спецификой многозначной логики в сочетании со специ-

фикой предикатов квантовомеханических объектов. В то же время, с учётом вышеуказанного тождества бытия и мышления, проблема значимости и необходимости учёта «присутствия» сознания наблюдателя становится если не разрешённой, то, по крайней мере, приобретает ещё одно обоснование и, исходя из этого, может быть задан новый «вектор» её разрешения. Конечно же, такой подход требует более детального обоснования и исследования, что не является задачей данной работы, однако не исключено, что в будущем он может быть реализован.

Сейчас же мы от будущих перспектив вновь вернёмся в начало XX столетия и рассмотрим процесс становления и онтологические основания и следствия ещё двух взаимосвязанных между собой грандиозных теорий XX столетия – специальной, а затем и общей теорий относительности. В отличие от квантовой механики, которую можно охарактеризовать как теорию о материи, специальная и общая теория относительности представляют собой теории пространства и времени, которые ещё со времён Ньютона являются элементами физической реальности.

Истоки специальной теории относительности (СТО) восходят к событиям, пришедшим ещё до рождения её автора, А. Эйнштейна. В их основе лежит концепция эфира, сформулированная Максвеллом и рассмотренная в п. 2.1. данной работы. Один из вопросов, который возникал при формулировке этой концепции⁵⁹, был вопрос о том, является ли эфир, как проводящая среда, неподвижным, или он увлекается движущимся телом. Один из наиболее авторитетных творцов концепции эфира, Максвелл, считал, что эфир неподвижен, что, вообще говоря, облегчает его непосредственную эмпирическую верификацию. Поскольку эфир, в первую очередь, является проводником световых электромагнитных волн, то эффекты, связанные с эфиром и его неподвижностью, будут порядка v/c , v – скорость движущегося объекта относительно эфира, а c – скорость света, к тому времени (1879 г.) уже достаточно надёжно установлена. Очевидно, что чем больше скорость v , тем больше будут эффекты, и Максвелл считал, что только наблюдения, связанные с движением Земли вокруг Солнца, как имеющие дело с максимальной по величине доступной скоростью, могут дать значения, фиксируемые приборами. Эксперименты, не связанные с астрономическими наблюдениями (эксперименты на Земле), не дадут необходимой точности, поскольку

⁵⁹ В данном случае и в дальнейшем речь идёт именно об *общей* концепции, поскольку *конкретных* теорий эфира существовало несколько.

эффект будет меньше погрешности измерений⁶⁰. Все эти соображения Максвелл изложил в письме за несколько месяцев до своей смерти, которое уже после смерти было опубликовано в журнале «Nature»⁶¹.

Размышлениями Максвелла заинтересовался американский физик Альберт Абрахам Майкельсон, который пришёл к выводу о недооценке Максвеллом точности земных экспериментов, и сконструировал высокоточный прибор (названный интерферометром Майкельсона), позволяющий эмпирически фиксировать замедление света при его движении сначала параллельно, а потом перпендикулярно движению Земли. Выполненные в 1881 году на нём эксперименты дали отрицательный результат, тем самым поставив под сомнение предположение о неподвижном эфире. Об этом было оповещено научное сообщество, результаты эксперимента детально проанализированы Г.А. Лоренцом, который указал на ошибки при его проведении. Это заставило Майкельсона, уже в сотрудничестве с американским химиком Эдвардом Уильямсом Морли, повторить эксперимент, однако и это повторение закончилось с тем же результатом. В дальнейшем эти эксперименты проводились ещё на протяжении нескольких десятков лет при различных условиях и всегда давали нулевой результат. Это, а также ряд других экспериментальных данных, в частности эксперименты Физо по измерению скорости света, распространяющегося в движущемся потоке жидкости, и говорившего о том, что эфир увлекается движущимся телом, явление аберрации, свидетельствующие о неподвижности эфира, показали противоречивый характер представлений об эфире и необходимость пересмотра эфирной концепции в целом. Рядом исследователей в этом направлении были сделаны некоторые теоретические шаги. Так, например, Вольдемаром Фогтом в 1887 г. были предложены, взамен преобразований Галилея, которые не удовлетворяли положениям электродинамике, преобразования перехода от одной системы отсчёта к другой, с точностью до множителя эквивалентные предложенным впоследствии преобразованиям Лоренца. В 1889 г. Фицджеральд высказал гипотезу сокращения линейных размеров движущихся материальных тел в направлении движения, которое также впоследствии получило название «лоренцовское сокращение», в 1892 г. эту же гипотезу, независимо от Фицджеральда, выдвигает и развивает сам Лоренц. Эта гипотеза позволяла

⁶⁰ В этом случае пришлось бы иметь дело с погрешностями второго порядка $(v/c)^2$, что меньше погрешности измерений

⁶¹ Предысторию и последующие события, а так же ссылку на публикацию см. [93. стр. 107-169.]

объяснить неудачу опытов Майкельсона-Морли: вследствие движения Земли сокращался и сам прибор, тем самым не фиксируя разницу между параллельным и перпендикулярным движением света. Объяснение этого эффекта до того, как его дал А. Эйнштейн, заключалось в предположении влияния движения на силы межмолекулярного взаимодействия, которые и «стягивали» движущееся тело. Это «влияние» было пропорционально скорости движения, при равной скорости света, тело «стягивалось» – и его линейный размер становился равным нулю. В 1895 г. Лоренц же предлагает собственные преобразования координат и времени, причём вводит разделение на системы отсчёта, в которых фиксируется общее время, связанное с мировым эфиром, и местное время, связанное с конкретной системой отсчёта, причём первое он рассматривал как истинное, имеющее онтологический статус, тогда как второе носило фиктивный, вспомогательный характер.

Однако теория Лоренца содержала одно существенное противоречие: наблюдаемые астрономические явления, связанные с распространением эфира находили у него разрешения в рамках электродинамики Максвелла, тогда как земные эксперименты, в которых наблюдались эффекты второго порядка, т.е. $(v/c)^2$, объяснялись при помощи гипотезы сокращения длины. В 1900 г. вышла работа Лармора, в которой он независимо от Лоренца получает преобразования Лоренца и указывает на их взаимосвязь с «лоренцовским сокращением» движущегося тела. И, наконец, в ряде работ 1898 – 1904 г. Анри Пуанкаре «вплотную» подходит к формулировке СТО, не делая, однако, последнего решающего шага. В 1904 году, осознавая противоречивый характер теории Лоренца, и для снятия этого противоречия, Пуанкаре предлагает «онтологизировать» местное время, приписав ему не вспомогательный, формальный статус, а статус физической реальности. Это, по сути дела, означает формулировку принципа относительности и отказ от существования особой, выделенной системы отсчёта, связанной с эфиром, и, следовательно, с абсолютным пространством. По мнению Пуанкаре, эту систему невозможно выделить никакими операциями с ней, и, значит, её использование теряет всякий смысл. «... как следует из принципа относительности [у наблюдателя] не будет никакого средства узнать, находится ли он в покое или абсолютном движении» [93, стр. 126]. Кроме того, он предполагает возможность того, что придется постулировать предельную скорость распространения любого сигнала, что является одним из постулатов СТО. Однако Пуанкаре по прежнему продолжает настаивать на независимости дополнительной

гипотезы о лоренцовском сокращении от преобразований Лоренца, что уводит его от генезиса СТО. Таким образом, уже в 1905 году в той или иной форме существовали различные элементы будущей теории, и гений Эйнштейна заключался в том, что он соединил их в единое целое.

Свою специальную теорию относительности А. Эйнштейн строил аксиоматическим методом, постулируя два положения: постулат об эквивалентности всех инерциальных систем отсчёта и постулат о постоянстве скорости света в любой из них. Первое было справедливо и в классической физике, однако оно касалось только механического движения, электромагнитные явления там имели особую систему отсчёта, связанную с мировым эфиром, и эта система отсчёта была не эквивалентна всем остальным инерциальным системам. В частности, именно благодаря особому статусу системы отсчёта, связанного с эфиром, наблюдается асимметрия между электрическими и магнитными явлениями. При движении (в эфире) магнита относительно покоящегося (в эфире) проводника возникает электрическое поле, а при движении в эфире проводника относительно неподвижного магнита возникает электродвижущая сила. И то и другое приводит к возникновению электрического тока, однако они всё-таки отличаются друг от друга. Второй постулат объяснял опыты Физо и предполагал, наличие предельной скорости распространения любого сигнала. Это утверждение входило в противоречие с классическими представлениями, где скорость передачи сигнала могла иметь любое значение и была ничем не ограничена, предполагалось, что в случае движущегося источника света, сумма его скорости и скорости света была равна... скорости света. Математически это сложение осуществлялось по формулам лоренцовского (которые аналитически были получены самим Эйнштейном как следствие двух вышеозначенных постулатов), а не галилеевского⁶² (простого сложения скоростей) преобразования скоростей и объясняет отрицательные результаты опытов Майкельсона-Морли, а из преобразований Лоренца следует лоренцовское сокращение длины и «растяжение» временного промежутка.

Последнее положение приводит к лоренцовскому понятию «местного времени», которое у самого Лоренца не обладало онтологической значимостью, а являлось вспомогательной логической конструкцией. Именно в таком качестве оно оказывалось бесполезным и при таком его понимании два вышеупомянутых постулата теряли

⁶² Эти преобразования и был так названы только в 1909 г.

всякий смысл. Действительно, если истинным временем является время в системе отсчёта, связанной с эфиром, то остальные инерциальные системы отсчёта ей не эквивалентны, и скорость света в них отлична от скорости света в эфире. Из признания за ними содержательной истины следует ещё один шаг, который и сделал А. Эйнштейн – пересмотр понятия «время» или «временного интервала». «...Неожиданно оказалось, что необходимо лишь достаточно точно сформулировать понятие времени ... Следовало лишь понять, что введённую Г.А. Лоренцом вспомогательную величину, названную им «местным временем», на самом деле следует определять как «время»» [93, стр.136.]. Таким образом, содержательным ядром СТО являлось пересмотр понятия времени и наделения его иными *свойствами* (качествами). Этот пересмотр затронул пересмотр и представлений о пространстве. Как в случае со временем, так и в случае с пространством вводится операциональное представление как о первом, так и о втором. Это означает, что физической реальностью является то, что так или иначе связано с эмпирическими операциями, то, что эмпирически принципиально не верифицируется, также как и в квантовой физике, впоследствии не должно рассматриваться теоретиками. Количественная характеристика расстояния между двумя точками в пространстве связана с операцией измерения, которая в свою очередь будет различной в движущейся системе отсчёта и неподвижной, что и позволяет говорить об относительности пространства.

В терминологии теории эфира специальная теория относительности отвергала концепцию неподвижного эфира и утвердила представления об эфире, как «увлекаемого» движущимся телом. Однако такая концепция входила в противоречие с явлением аберрации и в целом была лишена смысла, поскольку единый мировой эфир «распадался» на множество локальных, связанных с движущимися равномерно и прямолинейно системами отсчёта, теряя своё привилегированное положение особой системы отсчёта. Именно эти обстоятельства и обусловили отказ от него, «убрав» его как физический объект из физической реальности.

Такой подход решал все вышеуказанные проблемы и противоречия совмещения классической динамики и электродинамики Максвелла, давая объяснения лоренцовскому сокращению, эффекту аберрации, открывал продольный эффект Доплера, разрешал асимметрию электродинамики Максвелла и другое. Кроме того, одними из наиболее неординарных следствий СТО была зависимость массы и энергии, выраженной в знаменитой формуле Эйнштейна $E = mc^2$,

парадокс близнецов, а также единство пространства и времени, представлением их как единого четырёхмерного многообразия. Необходимость в таком представлении пространства и времени возникла вследствие того, что в СТО, в отличие от классической механики, пространственный интервал, вследствие лоренцовского сокращения при переходе от одной системы отсчёта к другой, не сохранялся и величиной, сохраняющейся при таком переходе (инвариантом), становился пространственно-временной интервал, определяемый соотношением $s^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2 - c^2(t_1 - t_0)^2$. Специфическим качеством этого интервала по сравнению с пространственным интервалом является то, что даже между очень удалёнными – в привычном смысле — событиями он может быть равен нулю.

Пространство-время специальной теории относительности было названо пространством Минковского в честь Германа Минковского, предложившего его в 1908 г. для геометрического описания пространства-времени специальной теории относительности. Описанное пространство является псевдоевклидовым. Это означает, что пространственные компоненты в нём прямые, т.е. описываются геометрией Эвклида, а временная компонента – искривлена. Такой подход предполагает описание любого физического события в каждой точке пространства, что с точки зрения математического формализма означает переход в описании от полной производной по времени (как это было в классической ньютоновской механики) к частным пространственным производным. Этот формальный способ описания продолжает математическую методологию, впервые используемую Максвеллом, о чём и пишет А. Эйнштейн в цитируемой в п.2.1. работе [132, стр.138.].

Специальная теория относительности обосновывает отказ от абсолютных систем отсчёта, связанных с пространством и временем, и в этом смысле существенным образом трансформирует, в том числе и геометрически, сами понятия «пространство и время». Как обобщение этой теории, в отношении этих двух составляющих бытия возникает новая концепция пространства и времени, которая получила название реляционной. В отличие от предшествующей — субстанциональной концепции, где и пространство, и время рассматривались как отдельные, самостоятельные друг от друга субстанции в аристотелевском смысле, реляционная концепция рассматривала пространство и время как единое, взаимосвязанное целое⁶³. Эта концепция пространства и времени была дополнена и завершена

⁶³ В отечественной литературе на подобное различие указано Ю.Б. Молчановым в работе [79].

в общей теории относительности (ОТО), которая является логическим продолжением СТО и является её обобщением на неинерциальные системы отсчёта. Одним из мотивов такого обобщения было то, что СТО рассматривала все явления природы за исключением тяготения, и для его «включения» в рассмотрение требовалась новая обобщённая теория. Как указывалось выше, теория гравитации Ньютона, основанная на принципе дальнего действия, предполагала, что гравитационная сила действовала от центра масс одного тела, *непосредственно, мгновенно* и строго на центр масс другого тела, через пустое пространство. В самом же пустом пространстве (например, между телами), в отсутствии в этом пространстве других тел, обладающих массой, действие гравитационной силы отсутствовало. Иными словами, специфика гравитационного взаимодействия определялась *свойствами* самих тел, а не *свойствами среды* между ними, поскольку среда, как таковая отсутствовала. Отсюда к стати и следовала концепция абсолютной, однородной и изотропной среды – ньютоновского пространства. Эта картина прямо противоречила одному из основных постулатов СТО – постулату о предельной скорости распространения взаимодействия, откуда следовало, что гравитационное взаимодействие не может быть мгновенным. Требовалась теория, описывающая гравитацию не противоречащим СТО образом. Такая теория была создана А. Эйнштейном в 1916 г. и также имела свою предысторию.

Ещё в 1907 году А. Эйнштейн выдвинул принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс (слабый принцип эквивалентности), откуда следует эквивалентность гравитационного поля и ускоренно движущейся системы отсчёта (сильный принцип эквивалентности). Последний принцип справедлив только локально, в ограниченной области пространства⁶⁴. Тогда же он рассмотрел и физические следствия этого принципа в виде гравитационного красного смещения и искривления световых лучей вблизи источников гравитационного поля. В 1912 г. Эйнштейн делает ещё ряд шагов к новой теории – приходит к выводу о нелинейности гравитационных уравнений, поскольку «...гравитационное поле неизбежно выступает в качестве источника самого себя» [93. стр.206.], и самое главное, при помощи своего однокурсника и товарища Марселя Гроссмана находит адекватный математический

⁶⁴ Это очевидно, поскольку гравитационное поле зависит от расстояния. На различные участки протяжённого тела гравитационная «сила», вообще говоря, действует с разными численными значениями, тогда как все участки ускоряющегося или тормозящегося тела испытывают одинаковое по величине действие инерционных «сил».

аппарат, описывающий гравитацию в виде геометрии Римана. Принципиальным в таком подходе является приписывание гравитации новых, геометрических свойств и представление её через эти свойства. Как отмечает А. Пайс, сам Эйнштейн по этому поводу в своём выступлении в Киото в 1922 г. говорил следующее: «Если все [ускоренные] системы отсчёта эквивалентны, то *евклидова геометрия не может использоваться во всех из них* (выделено мной – Т.Я.). Отбросить геометрию и сохранить [физические] законы – всё равно, что попытаться выразить мысль без слов. Чтобы выразить мысль, нужно найти сначала соответствующие слова. Что же тогда следовало искать? ... Я осознал, что гауссовы поверхностные координаты имеют глубокий смысл. Но я не знал тогда, что Риман исследовал основы геометрии ещё более глубоко. ... Я понял, что основы геометрии имеют физический смысл [93, стр.204]». Выделенные слова в выше приведенной цитате являются принципиальными для понимания сущности ОТО. Наглядной причиной различия геометрий в различных неинерциальных системах отсчёта является всё то же лоренцовское сокращение. Как поясняет эту мысль Марио Льюци, ссылаясь на мысленный эксперимент, предложенный ещё Эйнштейном: «Предположим, что наблюдатель находится на круглой платформе, быстро вращающейся по отношению к внешнему наблюдателю⁶⁵. Внешний наблюдатель вычерчивает в своей, галилеевой системе отсчёта окружность, равную внешней окружности платформы, измеряет их длину и диаметр, составляет их отношение и находит число π евклидовой геометрии. Наблюдатель, находящийся на платформе, выполняет те же измерения с помощью той же линейки, которой пользуется внешний наблюдатель. Линейка, помещённая вдоль радиуса, хотя и находится в движении относительно внешнего наблюдателя, не претерпевает изменения длины, потому что платформа движется перпендикулярно радиусу. Но когда наблюдатель начинает измерять периметр платформы, то линейка по отношению к наблюдателю представляется укороченной, потому что в этом положении она движется в направлении своей длины (лоренцовское сокращение), платформа окажется более длинной, а число π получит большее значение, чем в предыдущем случае.

⁶⁵ Любое вращающееся тело является неинерциальной системой отсчёта, поскольку там всегда присутствует тангенциальное ускорение. В случае рассмотрения этой круглой платформы в рамках СТО, как инерциальную систему отсчёта, она бы, вследствие лоренцовского сокращения, просто деформировалась бы в направлении равномерного и поступательного движения, образовав эллипс. Однако, в процессе измерения в направлении движения деформировался бы и наблюдатель вместе со своей линейкой, и измеренные продольные и поперечные (относительно движения) радиусы были бы эквивалентны. – Т. Я.

Аналогичное явление имеет место и со временем. Если взять двое идентичных часов и одни поместить в центр платформы, а другие – на периферии, то внешний наблюдатель увидит, что часы, находящиеся на периферии и движущиеся по отношению друг к другу медленнее, чем часы, находящиеся в центре, и придёт к заключению, что часы на периферии действительно отстают» [65, стр.329.].

Иными словами, отличие значения числа π от общепринятого означает искривление пространства, а с учётом разницы в ходе часов можно говорить об искривлении пространства-времени. Мысленный эксперимент А. Эйнштейна относился к неинерциальной системе отсчёта, однако согласно сильному принципу эквивалентности, эта система эквивалентна гравитационному полю. Правда, в отличие от мысленного эксперимента Эйнштейна, поскольку действие гравитации всегда радиально, в гравитационном поле изменяются радиальные расстояния, а поперечные остаются неизменными.

Переход к рассмотрению неевклидова, кривого пространства существенным образом усложняет математическое описание, каждую точку *пространства* вследствие этого мы вынуждены описывать не тремя, а девятью⁶⁶ параметрами, с учётом временной составляющей: интервал между любыми двумя событиями в пространстве-времени задаётся 10 параметрами. Эти 10 чисел образуют метрику пространства-времени и математически выражаются при помощи матрицы 4×4 , образуя математический объект, называемый тензором. В случае плоского, не искривленного пространства-времени все компоненты, кроме диагональных, этого тензора равны нулю, а в искривленном пространстве-времени ненулевые недиагональные компоненты описывают специфику искривления в каждой конкретной точке. Фактором, искривляющим пространство, выступает материя. Уподобив пространство листу бумаги или куску ткани, которые закреплены по периметру, мы получаем наглядную аналогию этой взаимосвязи. В отсутствие любой массы (в ОТО любой тип материи) на нашей воображаемой поверхности она остаётся ровной и плоской, в случае же появления таковой наша поверхность деформируется, прогибаясь (искривляясь) под её весом. Именно подобным образом, согласно Эйнштейну, ведёт себя и наше пространство – в отсутствии

⁶⁶ Такое количество координат объясняется наличием в искривленном пространстве (или в плоском пространстве криволинейных величин, как это было в электродинамике Максвелла) двух типов координат: контравариантных координат и ковариантных координат, которые в свою очередь связаны с двумя возможными типами касательных в каждой точке: касательных и ко-касательных, взаимосвязью и переходом от одних координат к другим. Эта «таблица» взаимосвязи между ними представляет собой матрицу 3×3 т.е. 9 компонентов (см, например: [59].

материи оно плоское и не искривлено, а при её наличии искривляется. Термин «искривление» здесь значит, что в этом случае любой сигнал, в том числе и световой, движется не по прямой, а по криволинейной траектории.

Подобная картина сложилась у А. Эйнштейна не сразу, а на протяжении 1912 – 1915 годов, в процессе совместной работы с Марселем Гроссманом, полемики и обсуждений с Максом Абрагамом, Гунара Нордстрёма, Густовом Ми, Туллио Леви-Чивитой, Лоренцом, Зоммерфельдом, Давидом Гильбертом и многими другими, а также огромными собственными усилиями. В конце ноября 1915 года А. Эйнштейн получает формальное математическое выражение всего вышесказанного – уравнения гравитационного поля, записанные в тензорной форме. Выглядели они⁶⁷ следующим образом: $R_{\mu\nu} - 1/2 g_{\mu\nu} R = -(8\pi G/c^4) T_{\mu\nu}$, где $g_{\mu\nu}$ – метрический тензор пространства-времени, $T_{\mu\nu}$ – тензор энергии-импульса, характеризующий распределение материи в пространстве-времени, а $R_{\mu\nu}$ – тензор кривизны, характеризующий кривизну пространства-времени⁶⁸, а c – скорость света. Как замечает С. Вайнберг: «В вакууме (в пространстве, где отсутствует материя, – Т.Я.) $T_{\mu\nu}$ исчезает...уравнения Эйнштейна в *пустом пространстве* – это просто $R_{\mu\nu}=0$. В пространстве-времени двух или трёх измерений это означало бы равенство нулю полного тензора кривизны ... и соответственно отсутствие гравитационного поля» [23, стр.171.]. Таким образом, идея о взаимосвязи материи и геометрии пространства в уравнениях Эйнштейна получила наглядное подтверждение. Эта идея стала дальнейшим развитием реляционной концепции пространства и времени, в ней уже рассматривалась не только связь между первым и вторым, но и их единая целостность (пространство-время) с материей.

25 ноября 1915 года докладом об уравнениях гравитационного поля на заседании Прусской академии наук А. Эйнштейн только начал генезис ОТО, для своего дальнейшего развития, получения следствий, эмпирического подтверждения она требовала решения многих частных вопросов, которые решались как самим Эйнштейном, так и целым рядом его коллег. Космологические следствия ОТО, её эмпирическая верификация в космологии будет рассмотрена ниже в отдельном параграфе, а сейчас укажем её некоторые следствия.

⁶⁷ Здесь записано одно уравнение в тензорной форме, однако, как было сказано выше, каждая тензорная величина характеризуется несколькими скалярными величинами, и при своём решении одно тензорное уравнение «разбивается» на несколько дифференциальных уравнений.

⁶⁸ См., например, [23, стр. 171].

Первой эмпирической проверкой ОТО является выполненный самим Эйнштейном расчёт смещения перигелия Меркурия⁶⁹, который был основан на уравнениях ОТО. Они были выполнены 18 ноября 1915 г., и их результат дал отличие от наблюдаемого значения порядка 5%. Вторым эмпирическим подтверждением ОТО является наблюдения 1919 г, в которых во время солнечного затмения, независимо друг от друга, Эддингтон и Кроммелин установили величину отклонения лучей света, проходящих вблизи Солнца. Сам факт отклонения был предсказан ещё теорией тяготения Ньютона, однако она количественно оценивала угол отклонения почти в два раза меньше, чем это делала ОТО. Это предсказание совпадало с результатами наблюдения в обоих случаях в пределах погрешности измерений.

Ещё одним эмпирическим тестом ОТО являются наблюдения, связанные с космологией и эффектами Доплера, о которых подробно будет сказано ниже. Позднее ОТО была протестирована ещё целым рядом способов, например, на двойных квазарах и пульсарах (в частности на знаменитом двойном пульсаре PSR 1913+16, за открытие которого в 1993 г. была присуждена Нобелевская премия по физике), на исследовании прецессии гироскопов на околоземной орбите и некоторых других⁷⁰.

Дальнейшее теоретическое развитие ОТО получила, когда К. Шварцшильдом в 1916 г. были последовательно получены точное решение полных уравнений гравитационного поля для статически изотропного поля материальной точки и для поля несжимаемого жидкого шара, а также её космологическими приложениями, созданием самим А. Эйнштейном модели стационарной Вселенной, созданием и развитием предложенных А. Фридманом моделей нестационарной Вселенной и другими теоретическими работами. Основное, «магистральное» направление развития ОТО после написания Эйнштейном своих уравнений – определение и обоснование конкретного вида всех трёх участвующих в его уравнениях тензоров. Именно компоненты тензора энергии-импульса определяют тот или иной тип материи, компоненты метрического тензора, однородность и изотропию (или неоднородность и анизотропию) пространства-времени, компоненты тензора кривизны – специфику искривления пространства-времени.

Общая теория относительности почти за столетие своего существования так и не столкнулась с границами своей применимости, кроме того, что было фактически очевидно ещё в первые

⁶⁹ Это явление было обнаружено ещё в 1859 г.

⁷⁰ О современном состоянии этой проблемы к настоящему времени см., например, [147].

годы её существования. Она не описывает квантовые процессы, и как стало ясно позднее, на квантовом уровне пространство-время имеет более сложную природу и структуру, чем её представляет общая теория относительности.

Обобщая всё вышеизложенное относительно второй составляющей «революции на пороге века» – возникновения и становления специальной и общей теорий относительности, с точки зрения анализа онтологических оснований физического и космологического знаний, можно заключить следующее:

1. Фокусируя своё внимание на физическом объекте, который исследуют эти две теории можно утверждать, что произошла его существенная трансформация или ещё более правильно – замена. Начав с исследования эфира, попытки более конструктивным образом описать его, специальная теория относительности таким образом его видоизменила, что стало возможным говорить об отказе от эфира и «рождении» нового объекта физической реальности – пространства-времени. Этот объект принципиально отличался от своего предшественника. Если эфир был, прежде всего, специфической *материальной средой*, субстанциональной и независимой от всего того, что находится в нём, то пространство-время представляет собой не автономную субстанцию, а определённые отношения между другими объектами физической реальности. Эти отношения имеют геометрический характер и представимы соответственно геометрическим образом. Безусловно, пространство-время в понимании реляционной концепции как новый тип физической реальности имеет первостепенное онтологическое значение, пространственно-временные отношения являются необходимым атрибутом *существования* и вещественных, и полевых форм материи. Онтологический «вес» пространства-времени гораздо более значим, чем аналогичный «вес» эфира, который был необходим главным образом для описания электромагнитных явлений.

2. Генезис этого понятия во всём его содержании с полным правом вписывается в ту же онтологическую парадигму, к которой выше были отнесены термодинамика, статистическая физика и электродинамика, а также квантовая теория. Уже непосредственный «предшественник» пространства-времени – эфир не был взят непосредственно из опыта, как до этого были «взяты» объекты классической механики, а сконструирован из собственных свойств (предикатов) в силу того, что описывал реальность, непосредственно во всей своей полноте эмпирически не данную человеку. Отказ от этого понятия, тем не менее, не только не пошатнул, но и укрепил

этот механизм, понятие «пространство-время» было образовано тем же способом, что и все физические объекты теорий, в основании которых лежала неклассическая (не субстанциональная) онтологическая парадигма. Обозначая «пространство-время» как логический субъект S , можно утверждать, что $S = f(P_j)$, где P_j – его свойства. Причём спецификой именно данного объекта исследования и описания (он же логический субъект S) является то, что эти свойства в подавляющем большинстве носят теоретический, а не эмпирический характер. И хотя толчком развития теории послужили экспериментальные факты (опыты Майкельсона-Морли, опыты Физо, явление абберации), для их объяснения потребовался «набор» умозрительных «конструкций», из которых и было «соткано» это понятие. Лоренцовское сокращение, пространственно-временной интервал $s^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2 - c^2(t_1 - t_0)^2$, принципы эквивалентности, нетождественность инерциальной и неинерциальной геометрий, и, наконец, непосредственные математические характеристики пространства-времени как отношений: $T_{\mu\nu}$, $R_{\mu\nu}$, $g_{\mu\nu}$ – являют собой совершенно умозрительные объекты. То, что составленный из них логический субъект S обладает ещё эмпирически верифицируемыми свойствами (например, отклонять луч света вблизи массивных тел или «деформировать» траекторию их движения), принципиально не меняет ситуацию, поскольку он сам является «собранный из предикатов» логической конструкцией.

3. Как уже говорилось выше, в процессе «сборки» субъектов из предикатов существенную роль играют логические принципы или законы, которые задают определённый тип рациональности. Они определяют ту функцию f , благодаря которой устанавливается соответствие между S и P_j . Так же, как отмечалось выше, в термодинамике и электродинамике это была обычная формальная логика Аристотеля с её тремя законами, которую никто не ставил под сомнение. В статистической физике она выполняла ту же роль, хотя возможность иной неаристотелевской логики не отрицалась. Попытки синтезировать такие логики были предприняты на основании квантовой механики, после того как стало ясно, что использование в ней формальной логики Аристотеля можно поставить под сомнение.

В специальной и общей теориях относительности их автор не выносит проблему логики на первый план, хотя в работе «По поводу книги Эмиля Мейерсона «Релятивистская дедукция»» признаёт, что: «Мы не имеем права задавать вопрос о том, как *должна быть* построена научная система. Можно спрашивать о том, как она была построена на самом деле, на уже завершённых этапах её эволюции.

Её логические основы также, как и внутренняя структура, с логической точки зрения, являются «соглашениями». Своё единственное обоснование научная система находит лишь в том, что она отвечает опытным фактам, унифицирует мышление и содержит небольшое число логических посылок» [133, стр.99.]. В работе «Физика и реальность», претендующей на онтологическое содержание, А. Эйнштейн замечает: «...нельзя ничего отрицать относительно способа, с помощью которого должны быть образованы и связаны между собой эти понятия, и того как мы должны сопоставлять их чувственному опыту. Определяющим фактором, направляющим создание такого порядка в чувственном опыте, является только конечный успех. Всё, что необходимо, это *установление* ряда правил, так как без таких правил познание в указанном смысле было бы невозможно. Эти правила можно сравнить с правилами игры, которые, будучи произвольными, делают игру возможной только благодаря своей строгости. Но такая фиксация никогда не может быть окончательной [134, стр.202.].» Таким образом, мы видим, что в принципе вопрос о возможности использования в физике другого типа логики и, соответственно, другого типа рациональности (понимая под ними «способ..., с помощью которого должны быть образованы и связаны между собой... понятия») А. Эйнштейном не исключается. Однако при создании специальной и общей теорий относительности необходимости такого рода не возникало. Специфика этих теорий заключалась в том, что они описывают такие типы объективной реальности, что «относительно недалеко» отстоят от повседневного опыта, который, согласно Эйнштейну, является базой физического знания⁷¹. Трансформация содержания понятий «пространство» и «время», произведённых этими теориями, синтез нового понятия «пространство-время» вполне могут быть произведены и при помощи логики Аристотеля, которая сама являлась обобщением повседневного опыта, в котором нам чувственно даны единичные вещи, имеющие временные и пространственные характеристики. Этим названные теории отличаются от квантовой механики, которая «сильно» «выходит» за рамки обыденности и «формирует» такую физическую реальность, прямых аналогов которой нет в обыденном опыте, поскольку понятие «квант» нам чувственно не дано. И в случае СТО и ОТО, и в случае квантовой механики процесс генезиса понятий можно описать одинаковым образом: $S = f(P_j)$, поскольку и в том, и в другом случае речь идёт об образовании понятий из их

⁷¹ См. его работу «Физика и реальность» [134].

свойств⁷², как непосредственно данных эмпирически, так и имеющих логический характер, однако в случае со СТО и ОТО функция f будет представлять собой обычное сочленение свойств в виде ряда $\sum P_i$, выполненное по законам формальной логики, тогда как в квантовой механике эта функция будет более сложной. Исходя из этого, можно утверждать, что и по этому признаку теории относительности имели своим основанием иную – неаристотелевскую онтологическую парадигму.

4. Содержание специальной и общей теорий относительности окончательно ознаменует разрыв с феноменологической стратегией Ньютона и, соответственно, со структурным описанием классической физики. Специфика представлений пространства-времени как четырёхмерного многообразия, свойства которого (в первую очередь свойства кривизны) определяются свойствами находящейся в нём материи, в описании гравитации исключает силы. В концепции Ньютона описывали взаимодействие между телами через пустоту, которая сама не участвовала во взаимодействии. Пустое, бессодержательное и плоское пространство Ньютона в ОТО искривляется, и причина искривлений – материя, описываемая тензором энергии-импульса. Именно эти величины (энергия и импульс), а не сила становятся в ОТО основными динамическими «параметрами», т.е. параметрами, определяющими свойства движения в искривленном пространстве-времени. Пустое, т.е. незаполненное материей пространство-время представляется здесь как частный, «вырожденный» случай заполненного пространства, однако и пустое пространство-время может являться причиной динамических изменений самого себя. Таким образом, и в этом аспекте мы можем констатировать существенное отличие (по сравнению с теорией Ньютона) в онтологических основах теорий относительности.

Обобщая всё вышесказанное о специальной и общей теориях относительности, можно констатировать, что в основаниях их обеих находится иная, отличная от оснований классической физики онтологическая парадигма. Она рассматривает объекты физической реальности не как некую «первичную данность», а как определённый «логический конструкт» из свойств (предикатов), имеющих как эмпирическую, так и логическую природу. Некоторые из логических предикатов, полученные как результат этого конструирования, эмпирически верифицируются, что позволяет говорить о сконструир-

⁷² Напомним, что у самого Аристотеля логический субъект S был уже дан, и задачей исследователя являлось выведение из этой данности её свойств, в данном же случае даны *свойства* и из них «конструируется» объект реальности.

рованном объекте как элементе онтологической реальности. Впрочем, сама новая парадигма детально будет рассмотрена и подробно проанализирована ниже в отдельной главе. Сейчас будет рассмотрен ещё ряд её реализаций в современной физике и космологии, первой из которых будет современная Стандартная теория элементарных частиц.

2.3. Физика элементарных частиц – стандартная модель

Данный параграф будет посвящён рассмотрению генезиса ещё одного основного понятия современной физики – «элементарной частицы». Собственно говоря, он является дополнением и продолжением уже вышесказанного относительно возникновения и развития понятия квант. Однако в предыдущем параграфе квант рассматривался, прежде всего, как порция энергии и импульса, и соответственно как объект существования *полевой* формы материи. Полное логическое завершение этого понятия произошло вместе со становлением понятия «элементарная частица», под которой подразумевается и форма существования *вещественного* типа материи. Так же как и в случае с понятием «квант», генезис этого понятия происходил и в рамках квантовой механики, а окончательно был завершён в Стандартной модели элементарных частиц. Первой же элементарной частицей, ставшей объектом физических исследований был электрон, поэтому рассмотрение проблемы онтологии элементарных частиц целесообразно начать с рассмотрения возникновения и развития представлений об электроне.

Истории открытия электрона и изучению его свойств посвящена специальная литература⁷³, поэтому она в данной работе будет представлена схематично и в той мере, в какой это необходимо для рассмотрения главной проблемы. Специфика возникновения и развития понятия «электрон», в отличие от понятия «пространство-время», заключается в том, что представление о физической реальности, которую это понятие обозначают, формировалось в первую очередь на основании не логических конструкций, а экспериментальных данных. Предположения о существовании дискретных носителей электрического заряда высказывались ещё Максвеллом, Гемгольцем и другими физиками, однако все эти предположения без специальных экспериментов носили умозрительный, спекулятивный характер, и только с переводом этого вопроса в экспериментальную плоскость стало возможно говорить об открытии и исследовании электрона.

⁷³ См., например, монографию [39], а так же соответствующие разделы в [38],[65] и др.

Первым шагом в этом направлении стало исследование электрического заряда, проходящего через газы. Экспериментальное изучение этих процессов было начато ещё Фарадеем, однако недостаточное развитие техники (отсутствие насосов, позволяющих создавать разряженный вакуум) затрудняли эти исследования. И только усовершенствование насоса, которое произошло в 1855 г., позволило продолжить эти исследования с большей эффективностью. Эксперименты, выполненные рядом физиков, позволили одному из них – В. Гитторфу – открыть излучение, исходящее из катода, которое было названо им «катодными лучами». Эти лучи на протяжении 1878 – 1879 г. продолжал исследовать В. Крукс, установив некоторые из их свойств, а именно: отклонения их в магнитном поле и наличие у них электрического заряда, кроме того, он экспериментально показал, что эти лучи представляют собой поток частиц, вызывающих механическое действие. Именно Крукс впервые выдвинул гипотезу о том, что катодные лучи представляют собой четвёртое агрегатное состояние материи, которая состоит из мельчайших частиц, которые можно рассматривать как основу Вселенной. Однако подобные предположения требовали большей доказательности, поскольку ряд экспериментов, выполненных впоследствии Г. Герцем, Е. Гольдштейном и другими позволили рассматривать альтернативную версию о том, что катодные лучи являются возмущениями эфира. И даже эксперименты Ж. Перрена, установившие наличие у них отрицательного заряда, полностью не опровергли эту версию. Однако вместе с развитием техники эксперимента шло и теоретическое рассмотрение проблемы носителей электрических зарядов в рамках электродинамики. В работах В.Вебера, а затем Г. Лоренца строились теоретические модели ионов, как дискретных носителей электрического заряда в электролите. В 1891 г. Джорджем Джонстоном Стоунеем был предложен термин «электрон» (от греческого ἤλεκτρον – янтарь) для обозначения электрического заряда одновалентного иона при электролизе.

Полноценное завершение открытия электрона произошло в 1897 году, когда Джозеф Джон Томсон опубликовал результаты своих экспериментальных работ, проводившихся в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета. Облучая незадолго до этого открытым рентгеновским излучением газ в катодных трубках, он обнаружил повышение электропроводности газа при этом облучении (проще говоря, ионизирующее действие рентгеновского излучения), что позволило ему достаточно широко варьировать электропроводящие параметры газа и изучать количественно более

точные и разнообразные его свойства. Результатом этого стало получение численной величины отношения заряда к массе и у ионов, и у частиц, из которых состояли катодные лучи (электроны). Для катодных лучей это отношение является очень маленьким (10^{-7}) и, самое важное, оно не зависело от химического состава газа. С учётом того, что химический состав любого вещества, в том числе и газов, определяется его атомами, последнее положение означало, что катодные лучи представляют собой поток субатомных частиц, из которых состоят атомы всех веществ. Получение абсолютной величины зарядов ионов и катодных частиц при помощи конденсации на них влаги, подтвердило равенство модуля зарядов одновалентных ионов газа и зарядов электронов, а это означало, что их масса гораздо меньше, чем масса ионов (масса электрона, полученная в опытах Томсона, составляла порядка $1/1700$ массы атома водорода). А это вновь подтверждало положение о том, что частицы, из которых состоят катодные лучи, субатомные по своей природе. Таким образом, была открыта первая из ныне известных элементарных частиц – электрон. За это открытие в 1906 г. Томсон получил Нобелевскую премию по физике.

Дальнейший поиск элементарных частиц был связан с исследованием атомного ядра. Однако прежде, чем продолжить рассмотрение этого вопроса, следует сделать существенное отступление. За более чем столетие, прошедшее от открытия первой частицы, само понятие «элементарная частица» также претерпело определённые изменения. Изначально под ними понимались частицы в смысле атомистических представлений античных греков, т.е. определённые пределы физического бытия, бесструктурные и неделимые. В таком понимании понятия «бесструктурные» и «неделимые» выступали как синонимы, и одно с необходимостью предполагало другое. Однако дальнейшее исследование физической реальности показало, что это не так. В настоящее время эмпирически обнаружено⁷⁴ около 400 видов элементарных частиц, которые действительно являются *неделимыми*. Однако значительная часть из них обладает сложной внутренней структурой, и только совсем немногие являются и *бесструктурными*, и *неделимыми*. Такие частицы называют ещё фундаментальными. Нефундаментальные элементарные частицы, несмотря на свою структурированность, не разложимы на составные. Те структурные элементы, из которых они состоят (фундаментальные частицы) по крайней мере, в доступных нам физических

⁷⁴ Кроме того, Стандартная теория и её обобщения предполагает существование ещё несколько десятков гипотетических частиц, которые пока экспериментально не обнаружены.

условиях, не существуют самостоятельно, в свободном состоянии. Они связаны в сложных частицах и «не извлекаемы» из них. Структурированные частицы имеют пространственные размеры, тогда как бесструктурные (фундаментальные) представимы как точечные, т.е. не имеющие линейных размеров. Все бесструктурные частицы тождественны в том смысле, что они принципиально не могут иметь индивидуальных отличий, и поэтому не отличаются никак друг от друга. Впрочем, точечное представление справедливо только в рамках Стандартной модели и в целом в физике элементарных частиц. В теории струн, которая делает попытку описать более фундаментальный и ещё гораздо менее масштабный уровень реальности, чем это делает физика элементарных частиц, бесструктурные точечные частицы представимы как сложные многомерные объекты – браны, простейшим вариантом которой является одномерная струна. Первая открытая элементарная частица (электрон) была не только неделимой, но и бесструктурной, и в этом смысле теория струн делает пророческими и придает особый смысл словам В.И. Ленина, сказанным в работе «Материализм и эмпириокритицизм»: «Электрон так же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна...» [61, стр.419.]. Впрочем, теории струн будет посвящён отдельный параграф, а сейчас возвращаемся к физике элементарных частиц, а именно к Стандартной модели.

Опуская полную драматизма и напряжения историю становления и развития атомной и ядерной физики⁷⁵ на протяжении всего XX столетия, с открытия электрона, радиоактивного излучения в 1896 г. и до создания Стандартной модели, хотелось бы обратить внимание на развитие представлений о частицах, происшедшее в рамках квантовой механики⁷⁶. Прежде всего, здесь имеется ввиду корпускулярно-волновой дуализм представления частиц, рассмотренный в предыдущем параграфе. Как было показано выше, одна из причин этого дуализма – положение, высказанное в виде гипотезы ещё Луи де Бройлем о «волнах вещества», которая впоследствии получила экспериментальное подтверждение. Формально корпускулярно-волновой дуализм получил выражение и обобщение в принципе дополнительности Н. Бора. Кроме того, несомненными достижениями концептуального представления элементарных частиц является принцип неопределённости Гейзенберга, следствием которого есть невозможность локализации элементарных частиц в пространстве

⁷⁵ По этому поводу смотри подробно специальную литературу, например [1].

⁷⁶ О взаимосвязи квантовой механики и теории частиц, в том числе и элементарных, см., например, [13].

и времени и отсутствие у них траекторий, и соответственно необходимость их (частиц) вероятностного описания. С учётом этих фундаментальных, онтологически значимых представлений микромира Стандартная модель физики элементарных частиц, которая оформилась в 70-ых годах XX столетия, задаёт его определённую морфологическую структуру⁷⁷.

Одним из основных системообразующих элементов этой структуры выступает принцип симметрии. Как отмечает Л.Б. Окунь, «Симметрия служит тем орудием, используя которое удаётся в калейдоскопе физических явлений выявить основные структуры, свести всё разнообразие физического мира к нескольким десяткам фундаментальных формул»[85, стр.11.]. Понятие «симметрия» (от греческого *συμμετρία*) в общем случае связано с неизменностью или неразличимостью каких-либо параметров. В классической физике уже были известны симметрии относительно выбора системы отсчёта (однородность пространства), симметрия направлений (изотропия пространства) и однородность времени. Соответственно, каждой из симметрий соответствует неизменность своего физического параметра: однородности пространства – сохранение импульса, изотропии пространства – сохранение момента импульса и однородности (смещения) времени – сохранение энергии. Все эти законы сохранения при принятии условия истинности симметрий носят точный (глобальный) характер и выполняются всегда. В физике элементарных частиц типов симметрий гораздо больше, поскольку гораздо больше независимых физических параметров, характеризующих фундаментальные (или элементарные) частицы. Некоторые из типов симметрий выполняются не всегда. Основные виды симметрий классической физики и физики элементарных частиц приведены в таблице 1.⁷⁸

Таблица 1.

Неизменяемость	Инвариантность относительно	Сохранение	Точность
Абсолютного положения в пространстве	смещения в пространстве	импульса	точная
Абсолютного времени	смещения во времени	энергии	точная

⁷⁷ Изложение этой теории см., например: [66], [85], [86], [98], [122] и др.

⁷⁸ См. [98, стр. 38].

Абсолютного направления в пространстве	вращения	углового момента	точная
Относительных фаз заряженных и не заряженных частиц	калибровочных (масштабных) преобразований заряда	заряда q	точная
Относительных фаз барионов и других частиц	калибровочных (масштабных) преобразований барионного заряда	барионного числа B	точная
Относительных фаз e^- , ν_e и других частиц	калибровочных (масштабных) преобразований электронного лептонного заряда	электронного лептонного числа L_e	точная
Относительных фаз μ^- , ν_μ и других частиц	калибровочных (масштабных) преобразований мюонного лептонного заряда	электронного лептонного числа L	точная
Неразличимость левого и правого	пространственной инверсии P	чётности	нарушается в слабых взаимодействиях
Направление течения времени	обращения времени T	-	нарушается
Различия между частицами и античастицами	зарядового сопряжения C	зарядовой чётности	нарушается при слабых и электромагнитных взаимодействиях

Симметрии описываются определённым математическим языком, который использует теорию групп, и соответственно каждой симметрии соответствует своя группа имеющая определённое математическое представление. Кроме того, в таблице отсутствует ещё один тип симметрии, активно изучаемый в настоящее время, – суперсимметрия, которая представляет собой симметрию между частицами вещества (фермионами) и частицами поля (бозонами). Впрочем, о ней чуть подробнее буде сказано немного ниже, а сейчас отметим, что

наибольший интерес, и соответственно стимул для развития и понимания природы физики элементарных частиц представляют случаи нарушения трёх последних симметрий в таблице (CPT). Именно эти нарушения выполняют роль одной из основных «производящих функций» современной физики элементарных частиц.

Стандартная модель включает в себя все известные к настоящему времени частицы вещества, а также три из четырёх эмпирически обнаруженных к настоящему времени типов частиц полей (или взаимодействий), исключая гравитацию. Проблема включения в неё гравитации составляет принципиальную трудность, поскольку гравитация представима как геометрическое описание пространства-времени, тогда как все остальные взаимодействия представляют собой взаимодействие, реализованное посредством частиц. Правда, в теориях квантовой гравитации существует гипотетическая частица, ответственная за гравитационное взаимодействие, называемая гравитоном, однако эти теории не входят в Стандартную модель, которая в настоящее время из всех теорий элементарных частиц является максимально разработанной теоретически и подтверждённой эмпирически.

Стандартная модель рассматривает два основных типа элементарных (фундаментальных – а именно о таких и будет идти речь ниже) частиц, которым соответствуют два основных типа материи: частицы вещества и частицы поля.

Частицы вещества называются фермионами (поскольку подчиняются статистике Ферми), а частицы поля – бозонами (поскольку подчиняются статистике Бозе–Эйнштейна). Отличие между теми и другими можно описать несколькими способами. Один из них – по характеристике, называемой спином⁷⁹. Бозоны обладают целым спином, а фермионы – полуцелым. Ещё один способ описания отличия фермионов и бозонов – подчинение или неподчинение принципу Паули. Этот принцип был сформулирован Вольфгангом Паули в 1925 г в рамках квантовой механики для электронов и гласит, что в данной квантовой системе в данном квантовом состоянии может находиться только одна частица, другая должна отличаться хотя бы одним квантовым числом. Этому принципу подчиняются фермионы и не подчиняются бозоны. Отличие между ними может иметь и наглядное представление, если существенно обеднить принцип Паули, исключив из него все характеристики, кроме пространственных. Тогда этот принцип можно интерпретировать таким образом: в одной точке пространства может находиться *только одна* частица вещества (фермион), и *более одной*

⁷⁹ Она является эквивалентом собственного момента импульса в макросистемах.

частицы поля (бозонов). Разумеется, это наглядное объяснение очень условно, поскольку соотношение неопределённостей Гейзенберга, вероятностное описание в квантовой механике существенно усложняет понятие «находится в точке пространства», однако как очень нестрогое описание такое представление может «работать». Фермионы, как точечные, бесструктурные фундаментальные частицы являются первичными «кирпичиками» вещества, из которого и образованы все сложные высокоорганизованные системы. Все типы фермионов в своей классификации представлены попарно, как пара – частица и античастица⁸⁰. Сами фермионы также разделяются на два класса: лептоны и кварки. Различия между ними также весьма существенны и описываются несколькими параметрами. Одним из них является электрический заряд. У кварков он дробный, а у лептонов – целый (разумеется выраженный в единицах заряда электрона). Кроме того, основным отличием между ними являются их «функциональные обязанности» в мире элементарных частиц. Кварки играют основную роль строительных «кирпичиков» частиц, из которых состоят атомные ядра – протонов и нейтронов (нуклонов), а также образуют целый ряд других частиц⁸¹. Кварки никогда не встречаются в свободном состоянии, однако их существование (кварковая гипотеза) наиболее полно объясняет все эксперименты, проводившиеся с нуклонами и другими частицами, а также наиболее просто объясняет классификацию адронов (нуклонов, гиперонов, и пионов). Кварки, а следовательно, и частицы, из которых они состоят, участвуют в трёх (из четырёх) взаимодействиях, описываемых Стандартной моделью, – сильным, слабым и электромагнитном. Кварки имеют кроме общих для всех частиц и собственные характеристики – «аромат» (сорт) и «цвет» (специфический заряд, характеризующий участие кварков в сильном взаимодействии). Ароматы кварков группируются в три поколения.

Само же название «кварк» в некоторой степени случайно. Оно было предложено М. Гелл-Манном (автором гипотезы⁸² о наличии в адронах структурных единиц) в 1964 г и позаимствовано из книги Дж. Джойса «Поминки по Финнегану», где есть фраза: «Three quarks for Mister Mark!». Что имел виду под этим понятием Дж. Джойс – не вполне ясно.

⁸⁰ Для электрически заряженных частиц античастица определяется достаточно просто – как частица, имеющая все те же характеристики, что и основная, но только обратный по знаку электрический заряд. Для нейтральных частиц (нейтрино) понятие «античастица» будет оговорено особо немного ниже.

⁸¹ Частицы, состоящие из кварков, называют адронами.

⁸² Независимо к этой же гипотезе в том же году пришёл и Дж. Цвейг, который назвал эти структурные элементы (частицы) тузами, однако это название «не прижилось».

Всю кварковую морфологию Стандартной модели можно представить в виде таблицы 2.

Таблица 2.

Обозначение	Название (русск.)	Название (англ.)	Заряд ⁸³	Масса (в $MэВ/c^2$) ⁸⁴
Первое поколение				
d	нижний	down	-1/3	4
\bar{d}	антикварк d		+1/3	4
u	верхний	up	+2/3	6
\bar{u}	антикварк u		-2/3	6
Второе поколение				
s	странный	strange	-1/3	150
\bar{s}	антикварк s		+1/3	150
c	очарованный	charm	+2/3	1500
\bar{c}	антикварк c		-2/3	1500
Третье поколение				
b	прелестный	beauty	-1/3	4500
\bar{b}	антикварк b		+1/3	4500
t	истинный	truth	+2/3	171000
\bar{t}	антикварк t		-2/3	171000

Ещё один класс фермионов представляют собой лептоны (от греческого $\lambda\epsilon\pi\tau\acute{o}\varsigma$ – лёгкий). Это название было предложено в Л. Розенфельдом в 1948 году в связи с тем, что открываемые частицы этого класса были легче известных на то время тяжёлых частиц – барионов (от греческого $\beta\alpha\rho\acute{\upsilon}\varsigma$ – тяжёлый – частиц, состоящих из трёх кварков). Согласно Стандартной модели сами лептоны можно разделить на два типа, каждый из которых содержит ещё по три вида⁸⁵: электрически заряженные и нейтральные. К первым относятся (со своими античастицами) электрон⁸⁶, мюон и тау-лептон. Они участвуют в слабых и электромагнитных взаимодействиях. К нейтральным лептонам относятся нейтральные частицы – нейтрино трёх типов, каждая из которых так же имеет свою античастицу. Они участвуют только в слабых взаимодействиях. В силу того, что нейтрино обладают

⁸³ В зарядах электрона

⁸⁴ Мэв – единица измерения энергии в физике элементарных частиц, а c – скорость света.

⁸⁵ Отсюда очевидно, что общее количество типов (без учёта античастиц) лептонов – 6. Как и кварки, эти типы также принято называть ароматами.

⁸⁶ По историческим причинам античастица электрона называется позитрон. Он был первой античастицей, предсказанной теоретически Полем Дираком в 1928 г. и открытой экспериментально в 1932 г.

нулевым электрическим зарядом, определение античастицы для них несколько сложнее, чем для заряженных частиц. Дело в том, что нейтрино являются, как правило, продуктами взаимодействия адронов и заряженных лептонов, а так же просто распадом адронов. Продуктами таких реакций, например $\pi^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$, $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ и многих других, является рождение заряженных лептонов (что вполне закономерно, учитывая необходимость сохранения заряда), которые обязательно рождаются в паре с соответствующим нейтрино. Лептоны крайне малой массы, имеющие нулевой электрический заряд, возникающие в реакциях слабого взаимодействия с соответствующими положительно заряженными лептонами называют нейтрино, а с отрицательными – антинейтрино⁸⁷. Длительное время считалось, что нейтрино безмассовые частицы, однако в настоящее время с достаточно большой вероятностью установлено, что масса этих частиц хоть и невелика, но всё-таки отлична от нуля. Морфологию лептонов можно представить в виде следующей таблицы 3.

Таблица 3.

Обозначение	Название	Заряд	Масса (в $M\text{эВ}/c^2$)
Первое поколение			
e^-	электрон	-1	0,51
$\bar{\nu}_e$	электронное антинейтрино	0	$< 2,2 \cdot 10^{-6}$
e^+	позитрон	+1	0,51
ν_e	электронное нейтрино	0	$< 2,2 \cdot 10^{-6}$
Второе поколение			
μ^-	мюон	-1	105,7
$\bar{\nu}_\mu$	мюонное антинейтрино	0	$< 0,17$
μ^+	антимюон	+1	105,7
ν_μ	мюонное нейтрино	0	$< 0,17$
Третье поколение			
τ^-	тау-лептон	-1	1777
$\bar{\nu}_\tau$	тау-лептонное антинейтрино	0	$< 15,5$
τ^+	анти-тау-лептон	+1	1777
ν_τ	тау-лептонное нейтрино	0	$< 15,5$

⁸⁷ Впрочем, какой лёгкий (почти безмассовый) лептон называть нейтрино, а какой антинейтрино – достаточно условно. Тем более, что уже относительно недавно в эксперименте эмпирически был подтверждён эффект осцилляции нейтрино, при котором нейтрино одного поколения переходят нейтрино (или антинейтрино) другого поколения. Этот эффект «вписывается» в стандартную модель после её небольшой модификации.

Кроме фермионов, разделяющихся на лептоны и кварки, в Стандартную модель, входит и другой класс частиц – бозоны. Основное их отличие от фермионов заключается, как уже говорилось выше, в неподчинении этих частиц принципу Паули. Все бозоны обладают целочисленным спином. Класс бозонов достаточно широк, однако Стандартная модель рассматривает не все их, в частности, поскольку она исключает из своего рассмотрения гравитацию, то она не рассматривает переносчик этого взаимодействия – гравитон, который пока ещё экспериментально не наблюдался. Переносчики взаимодействий называются калибровочными бозонами, и Стандартная модель рассматривает три типа калибровочных бозонов, соответствующих рассматриваемым в её рамках взаимодействиям – электромагнитному, сильному и слабому. Кроме того, в её рамках фигурирует ещё один бозон – бозон Хиггса, который выполняет определённую вспомогательную функцию и является единственным не обнаруженным на сегодня бозоном Стандартной модели. В описании свойств калибровочных бозонов существенную роль играют вышеуказанные симметрии, поскольку каждому взаимодействию и каждому типу частиц соответствует своя симметрия.

Первым из открытых калибровочных бозонов являлся фотон, и о его открытии и становлении представлений о нём было рассказано выше, сейчас же кратко – о его основных характеристиках. Он обладает нулевой массой покоя (постоянно движется со скоростью света), не обладает электрическим зарядом и в этом смысле выступает античастицей для себя самого. Участвует в электромагнитных и гравитационных взаимодействиях.

Следующими калибровочными бозонами являются глюоны (от glue – клей) – переносчики сильного взаимодействия. Сильным оно называется потому, что его «задача» – «перебороть» электромагнитное отталкивание кварков внутри частиц и «склеить» их. Кроме того, глюоны «несут ответственность» и за соединение протонов и нейтронов в атомное ядро, где они выполняют те же функции. Глюоны не имеют электрического заряда, но обладают «цветовым». В квантовой хромодинамике (теория взаимодействия кварков и глюонов) под цветом понимается специфическая характеристика кварков (квантовое число), описывающая их взаимодействия (аналогично электрическому заряду при описании электромагнитного взаимодействия). Различают три вида «цвета» кварка, и соответственно три вида «антицвета». Их комбинации дают девять вариантов (матрица 3×3), однако вследствие того, что диагональные

элементы переходят друг в друга, остаётся только два варианта перехода, тогда как один «обесцвечивается». Такое разнообразие задаёт восемь видов глюонов. Так же как и фотоны, глюоны не имеют массы покоя, а их время жизни составляет 10^{-23} с. Существование такой частицы было обосновано М. Гелл-Манном и Дж. Цвейгом в 1964 году вместе с выдвижением ими гипотезы существования кварков, экспериментально обнаруженных в 1979 г.

Ещё одним типом калибровочных бозонов являются промежуточные бозоны. Они являются переносчиками слабого взаимодействия. Этот тип взаимодействия, также как и сильное, действует только на малых расстояниях (около 10^{-15} см.)⁸⁸ и несёт ответственность за взаимопревращения фермионов, участвующих в слабом взаимодействии. Это единственное (кроме гравитационного) взаимодействие, в котором участвуют нейтрино. Переносчиками этого взаимодействия являются три типа частиц: W^+ -, W^- - и Z^0 -бозоны. В отличие от фотона, ответственного за дальнodelствующее электромагнитное взаимодействие, время жизни этих частиц очень мало и составляет около 10^{-25} с. Все три типа частиц являются массивными частицами. Первые два являются ещё электрически заряженными (по отношению друг к другу выступают как пара частица – античастица) и соответственно участвуют в электромагнитном взаимодействии, третья – электрически нейтральная. Эти бозоны выступают носителями объединенного электрослабого взаимодействия в рамках теории которого они и появились. В 1968 г. эту теорию предложили Стивен Вайнберг, Шелдон Ли Глэшоу и Абдус Салам, за что в 1979 г. они получили Нобелевскую премию по физике. В 1983 г. эти частицы были обнаружены экспериментально.

Наличие массы у W и Z бозонов и отсутствие таковой у глюонов и фотонов требовало специального механизма, объясняющего этот феномен. Таковым механизмом является «механизм Хиггса», согласно которому поле Хиггса в электрослабом взаимодействии объединяет четыре бозона: W^+ , W^- , Z^0 бозоны и фотон. Поле Хиггса взаимодействует с первыми тремя, сообщая им массу, тогда как фотон остаётся безмассовым. Носителем поля Хиггса является бозон Хиггса. Это гипотетическая частица, обладающая нулевым спином, нулевым электрическим зарядом, но ненулевой массой покоя. В морфологии элементарных (фундаментальных, точечных) частиц стандартной модели бозон Хиггса является единственной частицей, существование которой до настоящего времени (начало 2009 г.)

⁸⁸ Радиус действия электромагнитного и гравитационного взаимодействий бесконечен.

достоверно не установлено. Однако в таком «подвешенном» состоянии, вероятно бозону Хиггса пребывать не долго. В 2009 г. запланирован вывод на полную проектную мощность Большого адронного коллайдера LHC (Large Hadron Collider) в европейском центре ядерных исследований (CERN). Его мощность составит около 1500 Гэв⁸⁹, тогда как масса бозона Хиггса теоретически оценивается в промежутке от 114 до 251 Гэв⁹⁰. Запуск этого коллайдера и экспериментальная регистрация бозона Хиггса позволит ещё раз подтвердить Стандартную модель, или же в случае неудачного эксперимента, т.е. не обнаружения этой частицы, поставить её под сомнение. Впрочем, в этом случае, речь вероятнее всего пойдёт о её модернизации, полный пересмотр, по всей видимости, ей не грозит, т. к. по значительному ряду параметров она экспериментально протестирована с высокой степенью точности. Но, так или иначе, даже в случае регистрации бозона Хиггса Стандартная модель не является завершённой теорией и в целом ряде аспектов требует выхода за свои нынешние рамки. О некоторых из них будет сказано чуть ниже, а сейчас обобщим морфологию бозонов, представленных в Стандартной теории. Это обобщение можно представить в виде таблицы 4.

Таблица 4.

Название	обозначение	электрический заряд	спин	Масса (в ГэВ/ c^2)	Переносимое взаимодействие
фотон	γ	0	1	0	электромагнитное
глюон ⁹¹	g	0	1	0	сильное
Промежуточные бозоны	W^\pm	± 1	1	80,4	слабое
Промежуточный бозон	Z^0	0	1	91,2	слабое
Бозон Хиггса	h^0	0	0	>114 <251	Поле Хиггса

Кроме вышеуказанных, в физике элементарных частиц в качестве теоретических моделей фигурируют и другие бозоны. Одними из них являются X и Y бозоны. Эти бозоны возникают в теориях

⁸⁹ 1 Гэв = 1000 Мэв.

⁹⁰ Отнесённая к скорости света в квадрате.

⁹¹ Существует восемь типов.

великого объединения, в которых делается попытка объединить в единое целое сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия. В этой теории они выполняют ту же функцию, что и W^\pm , Z^0 бозоны в теории электрослабого взаимодействия, обеспечивая взаимодействие лептонов и кварков, «обращая» их друг в друга. Непосредственно эмпирически зафиксировать проявление этих бозонов не представляется возможным, поскольку их масса составляет порядка $10^{14} \div 10^{15}$ Гэв, а мощность ускорителя LHC составляет около 7000 Гэв. Результатом взаимодействий, в котором участвуют X и Y бозоны, является распад протона. Фиксация этого события была бы первым эмпирическим доказательством их существования, однако этого пока ещё не произошло. Теория великого объединения – в силу грандиозности своего замысла, – объединив три вида взаимодействия, выходит за пределы Стандартной теории. Однако это не единственный подобный «выход» в современной физике элементарных частиц. Не менее, если даже не более значимой является теория суперсимметрии, устанавливающая определённую симметрию между фермионами и бозонами. В этой теории каждой частице фермиону соответствует суперпартнёр – частица бозон, и соответственно наоборот. Реализация такой симметрии возможна только в пространстве-времени с большим, чем четыре, количеством измерений. «Избыточные» измерения, в этом случае, носят не макроскопический, а квантовый характер, в силу чего ещё ни одной частицы-суперпартнёра не наблюдалось. Мощности Большого адронного коллайдера LHC достаточно, чтобы наблюдать некоторые из них – предсказанные современными вариантами теорий суперсимметрий, поэтому его запуск и работа способны не только протестировать Стандартную модель, но и впервые выйти за её рамки.

Кроме этого, в качестве проблем, не решаемых в рамках Стандартной модели и в той или иной форме требующих выхода за её границы, можно указать как минимум ещё две. Первая из них заключается в том, что Стандартная модель оперирует множеством независимых параметров, количественные значения которых не находят в её рамках удовлетворительного объяснения. К таким параметрам относятся, прежде всего, физические характеристики частиц: масса, заряд, барионный заряд, спин, «цвет» (для кварков) и другие. В Стандартной модели все эти величины фигурируют как «свободно заданные начальные условия», причём «заданы» они таким образом, что их сочетание обеспечивает существование сложных высокоорганизованных систем, в том числе и человека. Констатация этого факта получила название «антропный принцип»,

который детально будет рассмотрен ниже. Ещё одной проблемой Стандартной модели является выход за её рамки и обобщение путём включения гравитации в «процессы объединения» и построения теории, объединяющей все известные в настоящее время взаимодействия (сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное)⁹². Попытки сделать это в рамках квантовой теории гравитации пока не принесли результата, такие попытки не прекращаются и до настоящего времени⁹³, однако если в решении второй проблемы они могут быть более-менее удачны, то первая остаётся без решения. В этом смысле более перспективной выглядит теория струн, которая ставит себе задачу решить и первую, и вторую задачи, и которая, как уже говорилось выше, будет рассмотрена отдельно.

На этом мы закончим краткий обзор содержания Стандартной модели современной физики элементарных частиц и вновь вернёмся к онтологическим основаниям физического знания, рассмотрев их в контексте физики элементарных частиц.

Прежде всего очевидно, что в этом случае объектом физической реальности, формой физического бытия выступают элементарные (фундаментальные, бесструктурные) частицы, которые и задают всё многообразие окружающего нас мира. Поэтому вполне правомочен вопрос о том, что представляют собой эти частицы с точки зрения всего вышеизложенного относительно онтологических оснований физического знания. Применяя всё это к физике элементарных частиц, можно заключить следующее:

1. Специфика физики микромира заключается в том, что основные структуры формы физической реальности находятся «за границей» непосредственной чувственной данности человека, но даже использование высокоточных измерительных приборов, с точки зрения онтологии, существенным образом не изменяют ситуацию. Сами физические объекты обладают такими физическими свойствами (например, глюоны и промежуточные бозоны, время жизни которых составляет 10^{-23} – 10^{-25} с.), которые *непосредственно* невозможно зафиксировать. Эти свойства обнаруживаются *опосредованно*, как и в целом факт существования таких частиц. Их обнаружение оценивается вероятностным образом при помощи математических методов теории вероятности, что иногда временно «подвешивает» их в «открыто-неоткрытом» состоянии. В качестве примера можно указать ситуацию, сложившуюся с бозоном Хиггса.

⁹² Поле Хиггса носит вспомогательный характер.

⁹³ См., например, нашумевшую статью [183].

В 2000 году на Большом электрон-позитронном коллайдере LEP (Large Electron-Positron Collider⁹⁴ (CERN)) был проведен ряд наблюдений, которые с достаточно высокой вероятностью говорили о том, что хиггсовский бозон всё-таки обнаружен. Проведение подобных экспериментов с необходимостью требует статистической обработки. Согласно законам мат. статистики, событие в подобной ситуации считается достоверным, если его сигма (определённый статистический коэффициент) больше 3. Сигма проведённых результатов была около 2.95. Это и дало повод оптимистам утверждать тезис об открытии хиггсовского бозона, тогда как пессимистам сомневаться в этом, причём весьма обосновано, поскольку в течение последних двух десятилетий подобные случаи уже бывали и события с близкими сигма объявлялись как грандиозные открытия новых элементарных частиц, однако дальнейшие исследования потихоньку и без помпы «закрывали» эти открытия.

Иными словами, эмпирические возможности исследовательских приборов (LEP) находились на самой границе величин энергий, необходимой для обнаружения бозона Хиггса, именно эта своеобразная «пограничная ситуация» создала неоднозначность и в толковании результатов. Плановое закрытие и демонтаж LEP перенесли на несколько месяцев, в надежде на то, что за это время Хиггс всё-таки будет обнаружен достоверно, однако этого не случилось. Нижняя граница массы бозона Хиггса совпадала с максимальными возможностями LEPa. Работы весны - лета 2000 г. «выжали» из LEP всё, на что он был способен. Надежды на окончательное решение проблемы «открыто-неоткрытого» бозона Хиггса возлагаются на LHC.

Эта история, как и многие другие открытия физики элементарных частиц (начиная с открытия электрона и до «открытия» бозона Хиггса) позволяет сделать вывод о том, что сами фундаментальные, бесструктурные (и не только они, но и в целом частицы как физические объекты), с онтологической точки зрения, являются функциями от своих свойств (предикатов), в том числе и от тех, которые в данный момент возможно обнаружить в эксперименте. Подобное положение вполне вписывается в общее правило постаристотелевской онтологической парадигмы, согласно которому всякий объект физического исследования (он же логический субъект S) представим как $S = f(P_i)$, т.е. как функциональная зависимость от своих свойств. В случае с элементарными частицами это касается, в первую очередь, эмпирических предикатов P_i (как например отклонение «катодных лучей» в магнитном поле, наличие у них

⁹⁴ В 2001 г. он был демонтирован и на его месте начался монтаж нового типа ускорителя (LHC).

массы и т.д.), однако физика элементарных частиц, наряду с эмпирическими предикатами, в качестве аргументов функции S даёт и теоретические предикаты. Причём зачастую, эти предикаты не менее, а может даже и более важны, чем предикаты эмпирические, в силу того, что последние зачастую носят достаточно опосредованный характер. Это, в свою очередь, позволяет поставить вопрос о логических принципах в физике элементарных частиц.

2. Вопрос о принципах или законах логики в физике элементарных частиц можно разложить на две составляющие. Одна из них – логические принципы в классификации и морфологии частиц. Это, прежде всего, задача систематизации, и в этом смысле формальная логика Аристотеля вполне уместна и не только уместна, но и способна решить её. Все три логических закона (закон тождества, закон противоречия и закон исключённого третьего), исходя из того контекста, в котором они были сформулированы Аристотелем⁹⁵, как раз и служат для систематизации и классификации вещей и явлений окружающего мира. Иными словами, механизм Аристотеля $S = \sum P_i$, где S – частица, а P_i – свойства, по которым происходит классификация частиц, в контексте физики элементарных частиц вполне работоспособен и эффективен. Это не исключает использования в этом процессе другой логики, для которой логика Аристотеля выступала бы частным случаем, однако в настоящий момент такая постановка вопроса ничем не обусловлена. Однако, прежде чем начать классифицировать S , необходимо «сконструировать» их из их же свойств, представив $S = f(P_j)$ ⁹⁶, поскольку в отличие от чувственных единичных вещей, частицы не даны нашим органам чувств непосредственно. Как уже было сказано выше, основной «производительной силой» такого «конструирования» является квантовая механика, которая, по крайней мере, претендует на то, что используемая в ней логика отличается от формальной логики Аристотеля (подробнее это вопрос будет рассмотрен ниже). А это позволяет говорить о том, что и физика элементарных частиц, и Стандартная модель в своём основании имеют иную, отличную от субстанциональной, онтологическую парадигму.

3. Развитие и утверждение квантовой механики, специальной и общей теорий относительности, как уже было сказано выше, оформило разрыв с ньютоновским феноменологическим методом,

⁹⁵ Напомним, что как было сказано в первой главе, законы логики Аристотеля определяют механизм раскрытия содержания понятия, которое является *формой* уже *непосредственно* данного чувственно единичного предмета (субстанции).

⁹⁶ $P_i \neq P_j$, хотя некоторые из них могут совпадать.

в основе которого лежало представление о физических телах, которые, как правило, кроме специфических случаев (например, механики сплошных сред), «заменялись» на материальные точки, и их взаимодействие описывалось силами. Физика элементарных частиц, Стандартная модель в её рамках окончательно завершили этот процесс, что отразилось и на содержании физического знания. Силы, как характеристика физического *взаимодействия* тел, уступили своё место силовым *полям*, носителями которых выступают *частицы*. Описание новых открывающихся науки физических феноменов посредством частиц становится основным методологическим принципом современной физики. В качестве примера можно указать феномен «тёмного вещества» (он же «скрытая масса») в современной космологии, который описывается через ряд гипотетических частиц. Впрочем, такой подход не всегда оказывается эффективным, феномен «тёмной энергии» пока не поддаётся такому описанию (подробнее проблемы тёмного вещества и тёмной энергии как составные современной космологии будут рассмотрены ниже). Такое развитие тенденций в содержательном аспекте физического знания подтверждает и тенденцию трансформации его онтологических оснований и переход к новой онтологической парадигме. По крайней мере, это касается всех «силовых взаимодействий», кроме гравитационного⁹⁷, однако в теорию, далеко выходящей за рамки стандартной модели – теории струн органически включено и гравитационное взаимодействие. В целом же эта теория принципиально по-новому смотрит на физические основания мира, в ней новые онтологические основания представлены гораздо более рельефно, и в этом смысле содержит гораздо более мощный «революционный потенциал», чем и квантовая механика, и специальная и общая теории относительности. Этой теории и будет посвящен следующий параграф.

2.4. Теория струн и её онтологическое содержание

Говоря об «идеологических» предпосылках возникновения и развития теории струн, можно указывать несколько моментов, связанных как с физикой частиц, так и другими разделами физического знания. Одной из основных идеологических «недоработок» физики частиц, в том числе и Стандартной модели, является невозможность в её рамках сформулировать удовлетворительный ответ на вопрос о причинах появления у частиц тех или иных характеристик (массы, электрического заряда, спина, барионного заряда и др.). Это вполне

⁹⁷ Кроме этого, отдельным вопросом стоит проблема «тёмной энергии».

закономерно, так как в теории элементарных частиц принята *точечная модель частицы*, согласно которой сама частица представляет собой точку (т.е. объект нулевой размерности) и все её физические характеристики «сосредоточены» в ней⁹⁸. В этом случае физические характеристики частицы действительно выступают «внешними параметрами» по отношению к ней. Они не могут быть определены внутренними параметрами частицы за отсутствием таковых. В рамках точечной модели, элементарная (фундаментальная, бесструктурная) частица действительно оставалась элементарной, не имеющей какого-либо сложного внутреннего строения. Кроме этого, Ю.А. Морозов [80] выделяет как минимум ещё четыре причины, из которых струны «возникают сами по себе». Две из них – проблема, связанная с построением квантовой теории гравитации, и, соответственно, проблема, связанная с созданием объединенной теории всех фундаментальных взаимодействий, которые также, пусть и не непосредственно, но выходят на физику элементарных частиц. Две другие – теория нелинейных явлений и теория фазовых состояний и фазовых переходов носят более общий характер и могут иметь выход даже за пределы физики.

Эти и целый ряд других составных современной физики заставляли теоретиков искать новые подходы к описанию физической реальности вообще и микромира в частности. И эти принципиально новые подходы реализовываются в теории струн.

Теоретическое развитие, эмпирическая верификация, и целый комплекс других проблем, связанных с теорией струн, являются одной из наиболее приоритетных задач современной физики, о чём упоминает академик В.Л. Гинзбург [27]. В своём современном состоянии эта теория представляет собой конгломерат теорий, которые оперируют в высшей степени сложным математическим аппаратом, некоторые из элементов которого специально создавались для этих теорий. Одним из следствий такой «многоликости» является отсутствие однозначного их названия. Кроме широко известного названия «теория струн» используют так же названия «теория суперструн»⁹⁹, а также «М-теория». В работе мы будем пользоваться названием,

⁹⁸ Точечная модель полностью удовлетворяет постулатам квантовой физики. Все частицы в её рамках обладают корпускулярно-волновым дуализмом, что означает, что в некоторых случаях они ведут себя как частицы, а в некоторых как волны (оглабают препятствия). Кроме того, согласно соотношению неопределённости Гейзенберга элементарные частицы не локализируются в пространстве таким образом, чтобы одновременно у них можно было определить положение и направление движения. Это означает, что у них нет траектории.

⁹⁹ Название «суперструны» возникло, когда теория струн стала включать в себя тезис о симметрии между частицами поля и частицами вещества.

вынесенным в заголовок, подразумевая, что в смысловом содержании все три названия имеют один и тот же объект. Этот объект будет нами рассмотрен в определённом аспекте – с точки зрения онтологических оснований физического знания, поэтому нет никакой возможности и необходимости касаться ни математических, ни физических принципов данной теории, которым посвящён значительный массив специальной литературы. Но сначала немного истории.

Принципы, заложенные в основание теории струн, были впервые выдвинуты в 1968 году в работе Габриэле Венициано и связаны с использованием так называемых бета-функций Эйлера для описания частиц, участвующих в сильном взаимодействии. Немного позднее, в 1969 году, в работе Йохиро Намбу была предложена физическая интерпретация идеи Венициано¹⁰⁰. Эта интерпретация заключается в представлении частиц не как точечных, безразмерных объектов, а как *малых колеблющихся одномерных струн*. Согласно этой интерпретации моды (или параметры) колебаний генерируют свойства частиц. Иными словами, те параметры частиц (например, масса), которые в точечных моделях выступают как «внешние», или «собственные» факторы, и *причина* возникновения именно *таких* параметров не может быть определена однозначным образом, в подобной интерпретации определялись очень «элегантно» – как некоторые характеристики самоколебаний струны. Именно с этого момента можно говорить о рождении теории струн.

Как и всякая научная теория, теория струн развивалась нелинейно, в её развитии были свои взлёты и падения. В начале 70-ых годов большинство исследователей отказалось от неё или не приняли вовсе, т. к. её приложения к сильным взаимодействиям вошли в противоречия с наблюдательными данными. Внимание к этой теории вновь было проявлено после 1974 года, когда её основные идеи были обобщены на гравитацию Шварцем и Шерком. Они показали, что теория струн «...это не просто теория сильного взаимодействия, это квантовая теория, которая, помимо всего прочего включает гравитацию» [29, стр.97]. Однако научное сообщество без особого энтузиазма восприняло и эту идею, тем более, что постепенно выяснилось: между теорией струн и квантовой механикой возникают определённые теоретические противоречия.

Перелом в развитии теории струн произошёл в 1984 году. В статье, вышедшей в этом году, М. Грин и Дж. Шварц¹⁰¹ предло-

¹⁰⁰ Ссылки на сами работы, а также комментарии к ним см., например, [72].

¹⁰¹ На русском языке в 1990 году, в соавторстве с Виттеном вышла их фундаментальная монография в 2-х томах: [30], [31].

жили теоретический механизм разрешения противоречий между теорией струн и квантовой теорией. Однако настоящим открытием можно считать предложенное ими обобщение теории струн на все четыре известных вида поля и все известные типы частиц вещества. Это открытие породило надежды на скорое создание самой фундаментальной и эстетически привлекательной теории в физике микромира. Однако этим надеждам не суждено было сбыться. В высшей степени математизированная, эта теория усиленно сопротивлялась своему развитию, и крайне сложный характер математического формализма теории существенно уменьшил долю оптимизма даже у наиболее последовательных её сторонников.

Следующий всплеск активности в развитии этой теории произошёл в 1995 году и связан с именем Эдварда Виттена (одним из авторов монографии 1990 г.). Дело в том, что к тому времени создалась достаточно сложная и в некоторой степени парадоксальная ситуация в самой теории струн, которая заключалась в том, что существовала не *одна*, а *пять теорий струн*, рассматривающие их различные типы и виды¹⁰². Идея Виттена заключалась в том, чтобы отказаться от необходимости выбирать одну из пяти теорий, а признать, что это различные способы описания одного типа физической реальности. Таким образом, все пять теорий струн обобщались им в виде новой теории. Эта теория получила название «М-теория» от английского «Mystery» – тайна. Впрочем, существуют и другие трактовки буквы «М» в её названии – материнская теория, мембранная теория, матричная теория. Последняя появилась несколько лет назад в связи с попыткой переформулировать М-теорию на языке матричной квантовой механики. Однако расшифровка названия является не принципиально важной, т.к. в конце концов, она – дело условное. Гораздо важнее суть этой теории, которая, в настоящее время, представляет собой наиболее полный, развитый и «передовой» вариант теории струн. Остановимся на её свойствах подробнее.

Прежде всего, необходимо отметить, что теория струн, ещё с первых своих вариантов претендовала на описание определённого типа или «среза» реальности, именно реальности микромира меньше некоторого масштаба, где струнные эффекты уже проявляют себя. В этом смысле она целиком «лежит в русле» пост-классической физики XX столетия, имея своим «пределом» некоторую классическую и экспериментально подтверждённую теорию. Как было

¹⁰² Здесь речь идёт не о струнах, описывающих различные типы частиц, а о различном качественном представлении самих струн, безотносительно к тому, какие частицы они описывают.

сказано выше, две величайших физических теории XX столетия – квантовая механика и теории относительности (специальная и общая) – описывали определённые типы реальности. Первая описывала системы микромира, вторая – системы¹⁰³, движущиеся со скоростями, близкими к скорости света. И та, и другая в своей структуре имели физические постоянные (или константы), которые и характеризовали эту специфику. В квантовой механике это постоянная Планка \hbar , а в теориях относительности – скорость света c ¹⁰⁴. Если же устремить обе константы к определённому пределу (для \hbar таким пределом является ноль, а для c – бесконечность), то каждая из теорий переходит в математическом формализме и смысловом содержании к своему классическому пределу – ньютоновской механике.

Теория струн даже в самом общем виде (как «М-теория»), тоже имеет такую константу, однако, по сравнению с константами \hbar и c , эта константа «обладает» определёнными недостатками. Как замечает А.В. Маршаков: «В теорию струн изначально заложена размерная константа, которая по историческим причинам ... обозначается как α' и имеет размерность *квадрата* длины. ... α' – *единственная* константа, изначально закладываемая в теорию струн «руками» и имеющая ясный смысл масштаба, на котором становятся существенными струнные эффекты. Других констант в теории струн нет...» [72, стр.985.]. Как видно из вышеприведенной цитаты, в качестве таких недостатков можно указать три её свойства. Первое – её «закладывание» в теорию струн «руками», что означает, что значение этой константы не является следствием формальных теоретических соображений. Второе – невозможность определить её точное значение эмпирическим путём, т.к. она описывает «разделы» реальности, находящиеся «за границей» наших эмпирических возможностей. Собственно, из этого следует её третье свойство – «плаванность», неоднозначность её значения. «В «фундаментальной» теории струн, претендующей на описание квантовой гравитации, этот размерный параметр не может быть ничем иным, кроме планковской длины, $\sqrt{\alpha'} \approx 10^{-33}$ см. Но, вообще говоря, численное значение α' можно выбирать иным – исходя из поставленной задачи. Скажем, в теории струн, применённой к описанию сильных взаимодействий на больших расстояниях, параметр $\sqrt{\alpha'}$ должен быть

¹⁰³ И общая и специальная теория относительности описывает одни и те же системы, в смысле их скорости движения, только специальная теория относительности описывает инерциальные системы, а общая обобщает это описание и на неинерциальные системы, тождественные с гравитационным воздействием.

¹⁰⁴ Общая теория относительности, как теория, рассматривающая гравитацию, имеет ещё в своей структуре постоянную тяготения G .

порядка размера адрона (10^{-13} см.)» [72, стр. 985.]. Однако свойство «предельности» в этой теории сохраняется. Если устремить α' к нулю, то получается классическая (с точки зрения XX столетия) точечная модель элементарных частиц.

В настоящее время известно шесть вариантов теории струн, но только пять из них: Тип I, Тип IIA, Тип IIB, Гетеротическая SO(32), Гетеротическая E8 x E8, — входят в М-теорию и описывают различные модели струн.

Самая первая, называемая бозонной теорией струн, возникла исторически первой. Она описывает только бозоны и исключает из рассмотрения фермионы. Они (бозоны) представимы и как открытые и как замкнутые струны, однако наличие в ней частиц с мнимой массой (таххионов) и исключение ею из рассмотрения фермионов делают бозонную теорию струн не вполне «полноценной» и эффективной, что и обуславливает её не вхождение в М-теорию. Остальные пять теорий струн являются суперсимметричными теориями и описывают как бозоны, так и фермионы через «механизм» суперсимметрии, о котором говорилось выше. Теория Тип I описывает открытые (не замкнутые) струны, тогда как четыре последних — замкнутые. В свою очередь они отличаются друг от друга тем, что теория Типа IIA описывает замкнутые струны с *симметрией* между правыми и левыми колебательными модами, тогда как теория Типа IIB описывает те же струны, но с *асимметрией* между правыми и левыми колебательными модами. Гетеротические теории SO(32) и E8 x E8 похожи друг на друга. Они обе описывают замкнутые струны, правые колебательные моды которых похожи на моды струн типа II, а левые колебательные моды включают моды бозонных струн. Т.е. иными словами, струны, колеблющиеся в одном направлении (например, по часовой стрелке), отличаются от струн, колеблющихся в другом направлении (против часовой стрелки), в чём и заключается их свойство гетеротичности. Между собой эти две теории имеют небольшие, но принципиальные отличия друг от друга. Они описываются различным математическим формализмом, связанным с различным представлением теории групп.

Взаимодействие струн (а, следовательно, и частиц, которым они соответствуют) представляет собой «слипание» или «расщепление» струн. Таким представлением ликвидируются расходимости в квантовой теории поля, которые с необходимостью появляются в точечном представлении частиц, поскольку в этой теории они способны приближаться друг к другу на сколь угодно малое расстояние. В теории струн близко подошедшие друг к другу струны «слипаются» в одну.

Помимо этого, специфика теории струн имеет ещё одно характерное свойство. Все они описывают струны как *пространственно многомерные* объекты. Это означает, что каждая из них рассматривает струну не как протяжённый одномерный объект, «вытянутый» в одном направлении, и не имеющий размеров в остальных. Впервые представление о размерности пространства-времени большим четырёх было высказано ещё в начале XX столетия в связи с попыткой объединить все известные к тому времени взаимодействия – гравитационное и электромагнитное. Эта попытка была оформлена в качестве теории, получившей название «теория Калуцы – Клейна»¹⁰⁵. По мере развития теории струн происходило обобщение самого понятия «струна» на более чем одно количество измерений. В контексте этого обобщения было введено понятие «браны», которое описывает сложный многомерный объект. Точечная модель частицы представляла собой 0-брану, струна – 1-брану, 2-мерная колеблющаяся поверхность – 2-брану (название «брана» пошло от плоской колеблющейся поверхности – мембраны), колеблющаяся 3-мерная поверхность – 3-х брану и т.д., до бран более «высоких» размерностей, $p=D-1$ которые в общем случае получили название p -браны, где D – общая размерность пространства-времени, а 1 – размерность времени. В вышеуказанных различных теориях струн фигурировали браны различных размерностей. Разумеется, все эти представления возникали из чисто теоретических соображений, как условия, необходимые для существования и взаимодействия струн. Был введён даже новый термин – «критические размерности». Как отмечает А.В. Маршаков «Критические размерности – струнный эффект, заключающийся в том, что теория струн «подбирает себе» размерность пространства-времени. Наиболее известные критические размерности: $D=26$ в теории бозонной струны в плоском пространстве и $D=10$ в теории фермионной струны или суперструны. Критические размерности являются следствием ... независимости теории от выбора координат на мировом листе»¹⁰⁶. Именно это свойство теории струн позволило впервые задуматься о *динамической* природе пространства-времени, в том числе его размерностей» [72, стр.1017.]. В М-теории существует два «претендента» на критическую размерность – одиннадцатимерное пространство, которое представляет собой совокупность десяти пространственных

¹⁰⁵ Теория была названа в честь немецкого математика Теодора Калуцы, предложившего саму идею и формализм пятимерного пространства для объединения взаимодействий, и шведского физика Оскара Клейна, предложившего обоснование ненаблюдаемости пятимерного пространства.

¹⁰⁶ Мировой лист является аналогом мировой линии в релятивистской механике.

и одного временного измерения, и двенадцатимерного пространства, которое представляет собой десять пространственных и две временных компоненты. И то и другое имеет определённые недостатки. Одинадцатимерная теория совместима с квантовой гравитацией, но, к сожалению, только с двумя из пяти теории струн. Двенадцатимерная лишена этих недостатков, однако в ней отсутствует суперсимметрия описываемых ею частиц. Несоответствие такого количества размерностей очевидному факту трёхмерия макромира объясняется просто – в микромире «лишние» размерности (как пространства, так и времени) компактифицировались, т.е. замкнулись сами на себя. Наглядным представлением такого процесса является скручивание в трубочку листа бумаги. При уменьшении радиуса скручивания и устремления его к нулю, у нас из двумерной поверхности получается одномерная прямая. Ещё один механизм «избавления» от лишних размерностей – локализация. Его суть заключается в том, что все физические объекты нашего мира – частицы локализованы или «вложены» только в четыре измерения пространства-времени, тогда как в целом оно имеет большее количество измерений. Иными словами, четырёхмерный мировой лист (наблюдаемый нами физический мир) является определенным «сечением» многомерного пространства-времени. Локализованные в этом «сечении» частицы не могут его покинуть, за исключением квантов гравитационного поля (гравитонов) и квантовых чёрных дыр, которые могут выйти за пределы этого «сечения». В этом случае будет экспериментально наблюдаться нарушение законов сохранения энергии и импульса, поскольку эти частицы будут уносить их с собой в иные, более высокие размерности, которые недоступны нашему наблюдению.

Однако, несмотря на наличие в этой теории сложных многомерных объектов, струны в ней остаются всё-таки первичными фундаментальными объектами, которые имеют преимущества перед остальными р-бранами.

М-теория имеет ещё целый ряд удивительных, и совершенно оригинальных свойств, например, таких как дуальность (это свойство можно понимать как взаимнообратимость). Это характерно именно для М-теории и характеризует способность теорий струн, входящих в М-теорию быть взаимосвязанными и при определённых условиях переходить друг в друга (разумеется, с точки зрения описания математического формализма). Основные типы дуальности – это так называемые Т-дуальность и S-дуальность. Первая связывает теории, которые описывают компактификацию размерности радиусом r и $1/r$.

Согласно этому типу дуальности, если в одной теории размерность пространства свёрнута с радиусом r , то в другой теории она будет свёрнута с радиусом $1/r$, и при этом обе теории будут описывать одну и ту же физику. Т дуальными теориями являются теории типа IIA и типа IIB, а так же гетеротические теории SO(32) и E8 x E8. S-дуальность связывает теории, в которых предел сильной связи одной теории является пределом слабой связи другой теории, и наоборот. Для характеристики сильной или слабой связи вводится константа связи (при сильной связи эта константа больше 1, при слабой слабая – меньше), которая представляет собой «...положительное число, определяющее вероятность основных процессов в теории струн – распада одной струны на две или соединения двух струн в одну. В каждой теории струн имеется своя константа связи, значения которой вычисляется из некоторого уравнения. В настоящее время подобные уравнения недостаточно изучены для того, чтобы из них можно было получить какую-либо полезную информацию» [29, стр.265-266.]. S-дуальными (в 10-ти измерениях) являются теории Типа I и Гетеротическая SO(32). Кроме того, S-дуальной является теория Типа IIB. Полезность S-дуальности очень велика – теории с сильной связью не разлагаются в ряды, что существенно затрудняет их развитие, тогда как со слабой связью – разлагаются. Эквивалентность теорий посредством S-дуальности позволяет переводить неразложимые функции в разложимые и исследовать их¹⁰⁷.

Однако, несмотря на растущую популярность в среде физиков, да и не только их¹⁰⁸, теория струн обладает, как минимум двумя существенными недостатками, связанными с тем, что она ещё очень далека от завершения и в этом смысле не является полноценной физической теорией. Это скорее определённая методология, связанная с математическими вычислениями и решением определённых, но зачастую не связанных между собой задач, которой предстоит ещё пройти достаточно сложный путь (если таковой может вообще завершиться успехом) для того что бы стать полноценной теорией, преодолев имеющиеся недостатки. В качестве таковых необходимо назвать следующие:

1. Эмпирическая неverifiedируемость. Этот недостаток вполне прогнозируем и ожидаем. Действительно, принимая во внимания то, что теория струн описывает минимально возможные (на настоящее

¹⁰⁷ Специальное освещение проблемы дуальностей см., например, в [33].

¹⁰⁸ В настоящее время идёт активная популяризация теории струн для широкого круга общественности. В качестве таковой можно указать научно-популярный фильм «The Elegant Universe», снятый по одноимённой книги Брайна Грина.

время) масштабы микромира, которые находятся за пределами сегодняшних эмпирических возможностей физики, необходимо признать, что такое описание возможно пока только на чисто теоретическом уровне. Безусловно, минимальные критерии «эмпирической непротиворечивости» выполняются. Теоретики разрабатывают свои теории таким образом, чтобы они не входили в противоречия с уже известными эмпирическими факторами физики элементарных частиц, с одной стороны, и *теоретически* решали проблемы, не решаемые в других теориях¹⁰⁹, с другой. Однако отсутствие противоречий ещё не может рассматриваться как эмпирическое подтверждение теории, а получение *новых непосредственных предсказательных следствий* в области, доступной эмпирике, пока не удаётся. В свою очередь новые предсказательные следствия в области собственно теории струн не могут быть проверены в силу эмпирической неverifiedицируемости. Иными словами, область *эмпирики* и область, которую описывает *теория* струн, не совпадают, а современную *эмпирическую* область микромира могут описывать (с определёнными недостатками) и другие теории (например, основанные на точечной модели, хотя не только они одни). Пользуясь терминологией, предложенной А.Н. Павленко [92] можно сказать, что современная теория струн «зависла» в стадии «эмпирической невесомости», причём в настоящее время специалисты не видят хотя бы самых общих перспектив вывести её из этого состояния. Как отмечает А.В. Маршаков «... в данном обзоре речь пойдёт о теории (теории струн – Т.Я.), существование которой непроверяемо экспериментально в опытах по физике элементарных частиц» [72, стр.978].

Впрочем, подобная ситуация, хоть и весьма неприятна, но не катастрофична. Несмотря на то, что в таком состоянии теория струн пребывает уже порядка сорока лет, это не означает, что она в нём будет пребывать и в дальнейшем. Действительно, говорить о непосредственном «эмпирическом вторжении» в область описания теории струн в обозримом будущем не представляется возможным. Однако развитие физических технологий, связанное с экспериментом так же не стоит на месте, и можно ожидать, что эти технологии выйдут на уровень, позволяющий «заглянуть» на «смежные» с теорией струн «теоретические ландшафты», и эмпирическое подтверждение или опровержение этих теорий так или иначе может иметь последствия и для развития струнных теорий. В качестве

¹⁰⁹ К таким решениям может быть отнесено «сшивку» в рамках теории струн гравитации и квантовой механики, объяснение свойств и качеств элементарных частиц, отсутствие «свободных параметров» в теории струн (в отличие от теории, основанной на точечной модели) и некоторые другие

примера можно указать на теорию суперсимметрии, которая имеет свою струнную реализацию в виде теории суперструн. Один из ведущих специалистов в области теории струн лауреат Нобелевской премии по физике за 2004 г. Дэвид Гросс, в публичной лекции 2006 г., прочитанной им в Москве, считает, что «...самой захватывающей перспективой ЛНС является открытие суперсимметрии» [32]. Безусловно, теория суперсимметрии ещё не тождественна теории струн, а скорее выступает для неё некоторой «периферией», однако в случае её эмпирического подтверждения важным результатом будет эмпирическое подтверждение реальности многомерного пространства-времени, в рамках которого и реализуется теория суперсимметрии. Эти, а так же и другие представимые и непредставимые сейчас возможности косвенной эмпирической верификации (или фальсификации) теории струн, безусловно, окажут на неё существенное влияние в ближайшем будущем.

2. Концептуальная «размытость» или «неполнота». Этот недостаток вызывает ещё больше критики, чем первый, поскольку «стадия эмпирической невесомости» в той или иной форме свойственна многим научным теориям в процессе их становления, тогда как «концептуальная размытость» является более существенным изъяном и в такой «острой» и продолжительной форме она является специфическим струнным феноменом. Именно «концептуальная размытость» является основным «стержнем» критики теории струн, вокруг которого «группируются» основные контраргументы против неё¹¹⁰. Эту же слабость теории струн признают не только противники, но и её сторонники. Как замечает А.В. Маршаков: «... опыт развития теории струн чрезвычайно обогатил современную физику новыми идеями. Беда заключается в том, что на сегодняшний день теория струн не обладает не то что развитым, а даже хоть в какой-то степени построенным формализмом, позволяющим проводить вычисления физических эффектов «без применения интуиции». Все эти проблемы существуют на фоне усиленного развития связей с различными разделами математики и математической физики и говорят о том, что отсутствие формализма носит пока не математический, а физический характер» [72, стр.978.]. Проще говоря, отсутствие физического формализма означает открытый, не решённый вопрос о сущности основного объекта этой теории – самих струн. И среди специалистов, «струнщиков» и тем более среди критиков теории струн нет однозначного мнения о том, являются ли

¹¹⁰ Критический анализ концептуальных основ теории струн представлен, например, в [195].

сами струны объектами физической реальности, и обладали, в этом смысле, полноценным бытием, таким же, как пространство-время ОТО или элементарные частицы в Стандартной модели, или же, «...понятие струны – это только удобный способ вычислений для воспроизведения спектра масс ..., вычислительная уловка, чтобы найти лагранжеву упаковку дуальной модели» [195, стр.3]. И тут же возникает ещё один вопрос: являются ли струны не просто физической реальностью, а фундаментальным уровнем реальности, который и описывает эта теория, или же она требует более обобщённого концепта (или объекта своего описания), по отношению к которому сами струны будут играть подчинённую и вспомогательную роль. Дэвид Гросс эту проблему формулирует следующим образом: «У нас есть всевозможные способы описания теории струн с использованием различных моделей, различного числа измерений, с учетом гравитации и без нее, с различными степенями свободы; а что у нас отсутствует, так это понимание фундаментальных принципов динамики и симметрии, лежащих в основе теории. ... Мы имеем дуальные представления теории струн на некоем фоне, из которых пространство, включая гравитацию, проистекает – частично или полностью. Учитывая урок теории относительности, мы обязаны считать, что раз пространство является концепцией производной, значит, и концепция пространства-времени должна являться таковой. Однако у нас нет ни малейшей идеи, как формулировать физику, если время не фундаментально. ... По моему мнению, чтобы завершить построение теории струн, нам нужно понять, каким образом, подобно пространству, зарождается время. Мы не знаем как, и это, на мой взгляд, – крупный камень преткновения на пути к разгадке тайн теории струн» [32]. Такое положение дел означает, что теория струн зависла не только в «стадии эмпирической невесомости», это состоянии можно охарактеризовать как стадию «онтологической неопределённости», когда ещё в полной мере не сформировался объект исследования теории. Безусловно, построение нового концепта (или объекта), для которого время является не внешним необходимым условием, а частным аспектом более общей сущности слишком дерзко и грандиозно. И если концептуальное завершение теории струн требует именно этого, то очевидно, что до её полного завершения (в содержательном смысле) ещё весьма и весьма далеко. Поэтому нет ничего удивительного в том, что в качестве решения вопросов, на которые претендует теория струн, существуют и ряд альтернатив – от ставшей уже классической квантовой теории поля,

недавно сделавшей серьёзную заявку на концептуальный прорыв¹¹¹, до более экзотических и менее известных теорий петлевой гравитации и других.

Как бы там ни было, сам факт и наличия теории струн, и её конкурентов говорит нам о том, что человеческий разум никогда не останавливается на достигнутом и претендует на познание и раскрытие большего, чем ему уже известно, и в этом случае познание действительно бесконечно.

Возвращаясь к онтологическим основаниям физического знания в контексте генезиса и развития теории струн, можно заключить, что в основании теории струн уже в полной мере лежит иная, несубстанциональная онтологическая парадигма. Теория струн, в силу малости описываемых ею масштабов, ещё далее, чем квантовая механика, «отстоит» от нашего непосредственного опыта. И хотя, как и в случае со статистической физикой и квантовой механикой она «отталкивается» от аналогии (струны, изучаемой классической математической физикой), эта аналогия ещё более условна и ещё более неадекватна, чем аналогии в вышеуказанных дисциплинах. Эта аналогия фиксирует только случайные и второстепенные свойства струн, основные системообразующие свойства лежат вне границ наших эмпирических и теоретических возможностей. Единственная доступная дорога к ним в настоящее время – логико-математическое конструирование элементов физической реальности, описываемое этой теорией, и выведение из них остальных свойств, в том числе и тех, которые можно проверить эмпирически. По сути дела, в теории струн механизм $S = f(P_i)$ – функциональной зависимости логических субъектов S от свойств предикатов P_i , о котором говорилось ранее, становится явным и очевидным, вне зависимости от того, что мы рассматриваем как физические объекты описания теории струн – сами струны или некоторые общие концепты, частным проявлением и описанием которых будет пространство-время. В настоящий момент и в том, и в другом случае можно говорить об очевидной неполноте или нехватке предикатов P_i , поскольку взаимосвязь между ними не систематизирована. Этим и характеризуется стадия «онтологической неопределённости». В этой стадии субъект S ещё не сформирован и мы не можем указать даже самый общий вид функции f . Впрочем, развитие теории струн от первого бозонного варианта и до М-теории характеризуется попытками систематизации, которые ещё далеки до завершения. Все имеющиеся в настоящее время предикаты P_i носят сугубо теоретико-матема-

¹¹¹ См [183].

тический характер, и среди них нет ни одного, который бы был непосредственно (или даже опосредовано) связан с эмпирикой. Отсутствие эмпирических свойств теории струн объясняет проблему, связанную с выбором логических принципов (а значит и видом функции f), на которых должна опираться любая теория, описывающая реальность меньших масштабов, чем реальность, описываемая квантовой механикой и Стандартной моделью. Очевидно, что если уже в масштабах квантовой реальности можно говорить о необходимости использования новой, отличной от логики Аристотеля, то это положение тем более справедливо для ещё меньших масштабов. Проблема заключается в том, что в случае с квантовой механикой эта необходимость была обусловлена необходимостью совместить в одном логическом субъекте не только противоположные предикаты (свойства), представление о которых было получено теоретически, но и, самое главное, тем, что эти представления обрели эмпирическую верификацию и стали эмпирическими предикатами. Вопрос о неформальной логике в теории струн приобретёт актуальность только тогда, когда такие предикаты появятся и в ней. Однако уже сейчас можно говорить о том, что проблемы генезиса более общих концептов (или субъектов S), о которых говорит Дэвид Гросс, с необходимостью предполагает анализ, исследование и расширение логических оснований теории струн. Вероятно, пересмотр логических оснований необходим и в решении проблемы «редукции» теоретических концепций и наработок теории струн к наблюдательным данным. Теория струн и её обобщение в виде М-теории не противоречат наблюдательным данным, связанным с квантовой механикой и Стандартной моделью, однако её теоретические положения «приводятся» к ним множеством вариантов. Иными словами, по своему логическому содержанию, теория струн гораздо шире, чем совокупность эмпирических предикатов наблюдаемого нами мира, и он (как вся их совокупность) является одним из множества возможных следствий теоретических представлений теории струн. Потенциальные возможности эмпирической реализации этой теории гораздо шире, чем актуально наблюдаемые нами. Такое положение дел может быть объяснено при помощи антропного принципа, однако с таким объяснением согласны далеко не все¹¹², что носит скорее общеметодологический характер: расширение логических основ современной физики способно устранить высказываемые замечания.

¹¹² См., например, [32],[195].

Впрочем, антропному принципу и его взаимосвязи с космологией, где он впервые и появился, будет посвящён отдельный параграф, прежде необходимо рассмотреть саму современную космологию и её развитие за последние девяносто лет, поскольку её предмет – Вселенная в целом – стала самостоятельным объектом исследования, синтезирующим и взаимосвязывающим в себе пространство-время и различные типы и виды материи.

2.5. Космология: релятивистская классика.

При анализе онтологических оснований физического знания обращение к космологии более чем оправдано, поскольку именно эта дисциплина вместе с физикой¹¹³ является наиболее фундаментальной естественнонаучной дисциплиной, исследующей и описывающей специфическое проявление природы – космос как целое. Однако, в отличие от физики, где, как было показано выше, произошла «смена» объекта исследования (концептуальных основ) от единичных чувственно воспринимаемых вещей (субстанции) к пространству-времени и частицам (с перспективой «выйти» на новые объекты описания (концепты, они же логические субъекты *S* теоретического представления)), генезис основного объекта исследования космологии – космоса – произошёл ещё в античности. Обращаясь к истории становления и развития космологических воззрений, можно констатировать, что первые представления о космосе возникли ещё в донаучную эпоху и выступали «ядром» фактически всех мифологических представлений об окружающем мире. Научное содержание понятие «космос» приобрело в рамках древнегреческой философии¹¹⁴, для которой логически выверенная, количественно описанная¹¹⁵ космологическая картина мира являлась неотъемлемой и составной частью. Последующие шаги в развитии космологии связаны не с генезисом нового объекта исследования, а пересмотром, и зачастую весьма кардинальным, *содержания* понятия «космос», приписывание ему новых свойств и качеств и наоборот, «отнимание» ранее ему присущих. Этим обстоятельством, в частности,

¹¹³ Относительно дисциплинарного статуса космологии и до настоящего времени нет однозначного мнения. Существуют разные точки зрения по этому поводу, от таких, что это есть самостоятельная дисциплина со своим предметом и методами (см. например [90]), до таких, что космология есть раздел астрономии, т.к. предмет и основные методы связаны с астрономией (см. например [2]). «Усреднённой» точкой зрения будет положение о том, что в настоящее время космология представляет собой комплексный, междисциплинарный подход к исследованию и описанию космоса, в котором, наряду с астрономическим, философским и математическим знанием, приоритетное место занимает физика.

¹¹⁴ См. [2, стр. 7].

¹¹⁵ Разумеется в рамках возможностей того времени терминологического аппарата и античных математических представлений.

и обусловлено отсутствие в данной работе разделов, посвящённых подробному анализу развития античной, средневековой космологии и космологии Нового времени. Философскому, методологическому анализу этой проблемы посвящены специальные работы¹¹⁶. Ставить вопрос о трансформации онтологических оснований космологии в том виде, в каком они были заявлены выше, возможно только с начала XX столетия – с началом трансформации онтологических оснований физики.

В рамках истории развития космологических взглядов можно выделить несколько последовательно сменявших друг друга космологических концепций, такие как античная концепция конечной, и сменившая её концепция бесконечной Вселенной. Теоретическим «ядром» всей современной космологии выступает общая теория относительности. И это вполне закономерно, поскольку основной объект ОТО – пространство-время, заполненное материей, в значительной мере отождествляется с объектом исследований современной космологии – космосом как специфической физической реальностью. С момента своего появления и до настоящего времени релятивистскую космологию можно рассматривать как важнейшее применение ОТО, справедливое в масштабах, по крайней мере, нескольких миллиардов световых лет. Именно релятивистская космология решила ряд принципиальных вопросов, связанных с эволюцией Вселенной, с одной стороны, и в то же время сформулировала проблему её возникновения с другой, стимулировав тем самым космологические следствия развитых и эмпирически обоснованных физических теорий, таких как физика: элементарных частиц, квантовая теория поля или гипотетических теорий, – теория струн, справедливых в масштабах ничтожно малых пространственно-временных интервалов.

Впрочем, обо всём по порядку. Родоначальником релятивистской космологии выступил сам А. Эйнштейн, получивший своё одноимённое уравнение ещё в 1915 г. В 1916–1917 г. он получил и его решение для метрики однородного и изотропного мира. Кроме самого тензорного уравнения Эйнштейна (которое в случае однородности и изотропии пространства Вселенной сводится к обычному дифференциальному уравнению первого порядка), в систему фундаментальных уравнений динамической космологии входят закон сохранения энергии и уравнение состояния, характеризующее свойства находящейся в пространстве материи и связывающее

¹¹⁶ См., например [90], [111] и др.

давление, создаваемое ею, и её плотность энергии [23, стр. 505]. Динамическим параметром Вселенной в релятивистской космологии выступает параметр, называемый масштабным фактором. Для пространства положительной кривизны масштабный фактор имеет наглядное представление и его можно рассматривать как радиус сферической поверхности в четырёхмерном евклидовом пространстве. В этом случае (случае замкнутого, но безграничного пространства Вселенной) его можно назвать «радиусом Вселенной». Для плоского пространства и для пространства отрицательной кривизны наглядного представления нет, но масштабный фактор и в этом случае играет ту же роль. Динамика эволюции Вселенной определяется динамикой изменения масштабного фактора $a(t)$.

Решив вышеуказанную систему дифференциальных уравнений, А. Эйнштейн получил нестационарное решение, т.е. $a(t) \neq const$. Это значило, что Вселенная, как целое, эволюционирует и изменяется. Причина такого положения дел очевидна – источником динамических изменений является гравитация, которая всегда имеет один «знак», т.к. всегда притягивает и никогда не отталкивает. Для компенсации притягивающего действия гравитации А. Эйнштейн ad hoc ввёл в своё уравнение ещё одно слагаемое, которое бы описывало действие всемирной отталкивающей «силы» и уравнение приобрело вид $R_{\mu\nu} - 1/2 g_{\mu\nu} R = -(8\pi G/c^4) T_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu}$ [93, стр.277]. Слагаемое $\Lambda g_{\mu\nu}$ называют космологическим членом, а параметр Λ – космологической постоянной. «...Приписывание космологического члена эквивалентно приписыванию пространству-времени принципиально неустранимой кривизны, не связанной ни с материей, ни с гравитационными волнами, и влияющей на эволюцию нашей Метагалактики» [12, стр.16]. Модель Эйнштейна стационарной Вселенной имела ряд существенных недостатков, к которым можно отнести очень малую величину ($\sim 10^{-56} \text{ см}^{-2}$) Λ , которую невозможно обнаружить экспериментально, а также неустойчивость пространства Вселенной, поскольку любые флуктуации, связанные с пространственно локальным увеличением сил притяжения над силами отталкивания приводят к неограниченному сжатию пространства Вселенной.

Следующей моделью релятивистской космологии была модель Виллема де Ситтера, которую он предложил в том же 1917 г. Эта модель предполагает пустое и плоское пространство, в котором материя отсутствует вообще, однако присутствуют «силы» отталкивания, действие которых описывает космологический член $\Lambda g_{\mu\nu}$. Однако, несмотря на отсутствие в пространстве материи, оно в этой модели эволюционирует по экспоненциальному закону $a(t) \sim e^{Ht}$, где

H – некоторая постоянная, впоследствии¹¹⁷ получившая название постоянная Хаббла о которой будет сказано ниже. Очевидно, что предположение о пустом пространстве без материи является искусственным предположением, не имеющим физического смысла, однако в дальнейшем, при описании эволюции Вселенной на самых ранних этапах, экспоненциальное решение вновь оказалось востребованным.

Следующим эпохальным шагом в развитии релятивистской космологии стала работа 1922 г. советского учёного А.А. Фридмана (вышедшая на немецком языке) «О кривизне пространства»,¹¹⁸ в которой он получил решения уравнений Эйнштейна без использования космологического члена. Именно эти решения и стали теоретической основой релятивистской космологии, её фундаментальным базисом, отталкиваясь от которого и шло её дальнейшее развитие. Согласно решениям Фридмана Вселенная расширяется со времени, её метрика изменяется, и масштабный фактор в плоском пространстве представляет собой степенную функцию от времени $a(t) \sim t^n$; где n принимает разные значения в зависимости от уравнения состояния материи, т.е. того, чем «заполнено» пространство Вселенной. Факт расширения означает, что для любого наблюдателя, находящегося в любой точки Вселенной (в том числе и на Земле), все остальные объекты будут удаляться от него, причём при этом скорость удаления должна быть *прямо пропорциональна* расстоянию до них. О наблюдении этого феномена будет сказано чуть ниже, а сейчас ещё немного о свойствах решения Фридмана.

Важнейшим параметром в решении Фридмана был параметр критической плотности. Он определяет, какой из трёх возможных моделей соответствует реальная физическая Вселенная. Этот же параметр определял и геометрию реальной Вселенной. В случае, если наблюдаемая плотность Вселенной будет больше критической, то расширение Вселенной будет постепенно замедляться, пока не прекратиться окончательно, после чего Вселенная начнёт сжиматься. Причиной этому будет являться то, что «силе»¹¹⁹ гравитации, которая притягивает удаляющиеся друг от друга объекты Вселенной, хватит «мощности» для того, чтобы остановить расширения, а затем начать стягивать Вселенную в точку. Кривизна пространства в этом случае будет положительной, а геометрия – сферическая (в двумерном,

¹¹⁷ В модели де Ситтера эта постоянная определялась как $H = (\Lambda c^2/3)^{1/2}$

¹¹⁸ Повторно опубликована на русском языке [121].

¹¹⁹ Как уже говорилось выше, в ОТО понятие силы отсутствует, причина динамических изменений – импульс и энергия материи.

наглядном случае кратчайшее расстояние между двумя точками есть большой круг сферы). Физический объём Вселенной в этом случае конечен, но безграничен. Это означает, что полный объём Вселенной описывается конечным числом, но при движении по инерциидвигающийся по геодезической объект рано или поздно попадёт в ту самую точку, из которой он начал движение.

В случае если реальная плотность Вселенной равна критической плотности, то Вселенная будет расширяться бесконечно долго, постепенно замедляя темп расширения, поскольку «силы» гравитации не смогут его остановить, а будут только «притормаживать». Кривизна пространства будет нулевой, а геометрия в этом случае будет евклидова (в двумерном случае кратчайшее расстояние между двумя точками есть прямая), физический объём – бесконечным.

В случае если плотность наблюдаемой Вселенной меньше критической, то Вселенная будет расширяться неограниченно долго и более быстрыми темпами, чем во втором случае, поскольку «силы» гравитации, сдерживающие расширение, будут ещё меньше «тормозить» это расширение, однако, как и во втором случае, это расширение будет происходить с замедлением. Кривизна пространства в этом случае будет отрицательной¹²⁰, а геометрия пространства – гиперболической¹²¹.

Таким образом, теоретические подходы Фридмана, с которыми сначала А.Эйнштейн не согласился, однако через год, в 1923 г. признал справедливыми¹²², поставили целый ряд вопросов к наблюдательной астрономии. Эти вопросы касались выбора модели, и самое главное – наблюдательного подтверждения факта нестационарности Вселенной, её расширения. И если проблема выбора одной из трёх моделей (которая фактически сводится к определению величины реальной плотности нашей Вселенной) с достаточно приемлемой точностью получила разрешение только на рубеже XX – XXI веков (об этом будет сказано ниже), то основное эмпирическое подтверждение нестационарности Вселенной и закон линейной зависимости между скоростью удаления от нас объектов и расстоянием до них был получен уже в том

¹²⁰ Модель мира с отрицательной кривизной Фридман получает немного позже в работе 1923 г (повторное издание см. [120].)

¹²¹ В отличие от сферической или плоской геометрий Вселенной, гиперболическая геометрия не имеет простого и наглядного примера. Существуют три интерпретации (модели) гиперболической геометрии. Одной из них является псевдосфера (поверхность постоянной отрицательной кривизны), две остальные представляют эту геометрию как изучающую свойства фигур внутри шара, под которым и понималось пространство.

¹²² Согласившись с решениями Фридмана, А. Эйнштейн поставил под сомнение необходимость использования космологического члена, а после открытия Хаббла отказался от его использования вообще.

же десятилетия, что и решение Фридмана. Правда и это открытие имело свою предысторию.

Развитие наблюдательных основ релятивистской космологии было, что вполне очевидно, связано с развитием внегалактической астрономии, которое было обусловлено, и в том числе развитием наблюдательной техники (телескопостроения). Один из пионеров внегалактической астрономии В. Слайфер проводил спектроскопические исследования спиралевидных туманностей на протяжении нескольких лет, с 1910 г. до середины 20-ых годов. В общей сложности он наблюдал сорок один такой объект. Именно он и получил первые данные о систематическом красном смещении в их спектральных линиях, которое наблюдалось у тридцати шести объектов, тогда как синее смещение – только у пяти. С самого начала эти сдвиги частот объяснялись эффектом Доплера, но при этом ожидали, что их можно приписать движению Солнечной системы, а не галактик. Преобладание красного смещения во всех частях неба делало это объяснение всё более шатким, и к 1918 году К. Виртц выдвинул предположение о том, что в дополнение к указанному движению Солнца имеется ещё общее «разбегание» спиральных туманностей во всех направлениях от нас. В серии статей, относящихся к 20-м годам (1921, 1922, 1924, 1925) К. Виртц и К. Лундмарк показали, что красное смещение Слайфера возрастает с ростом расстояния до спиральной туманности, а поэтому этот факт проще всего интерпретировать как «разбегание» удалённых галактик, причём более удалёнными, естественно, являются те галактики, у которых скорость больше [23]. Очевидна независимость теоретического и эмпирического путей становления релятивистской космологии: ни Фридман, ни Эйнштейн в 1922 году не знали об обнаруженном красном смещении; в свою очередь, ни В. Слайфер, ни К. Виртц и К. Лундемарк не знали о решении Фридмана. Однако в рамках релятивистской космологии принципиальным был вопрос именно о *линейной* зависимости между красным смещением (скоростью) и расстоянием до объектов. Эту зависимость и установил Э. Хаббл в 1929 г. Но смог он это сделать только после того, как стала ясна природа спиральных внегалактических туманностей и они были разрешены на звёзды. Именно разрешение на отдельные звёзды позволило по ярчайшим из них (в первую очередь цефеидам) относительно точно установить шкалу внегалактических расстояний и, сопоставив с этой шкалой данные по красному смещению, Хаббл вывел линейную зависимость, которую и опубликовал в марте 1929 г.

в виде статьи в «Трудах национальной академии наук»¹²³. Эта зависимость имела вид $V=Hr$, где V – скорость объекта, определённая по его красному смещению, а r – расстояние от Земли до этого объекта. Коэффициент пропорциональности между V и r получил название постоянной Хаббла. Его размерность – t^{-1} , а физический смысл очевиден. Величина H^{-1} по порядку величины представляет собой время, прошедшее от *начала расширения* Вселенной. Представление о времени, прошедшем от «начала расширения», было введено ещё Фридманом в первой работе (он использовал термин «время, прошедшее от сотворения мира») и определял его как: «Время, прошедшее от сотворения мира, характеризует время, прошедшее от момента, когда пространство было точкой ($a(t)=0$), до нынешнего его состояния ($a(t)=a_0$)» [121, стр.445]. Получив численные значения V и r Хаббл первым смог оценить и численное значение своей постоянной. Оно оказалось равным 500 км/(с·Мпс), что соответствует обратной величине времени $2 \cdot 10^9$ лет, тогда как в то время возраст Земли был уже оценён в более чем $4 \cdot 10^9$ лет. Стало очевидно, что это ошибочная оценка, которая, как выяснилось позже, связана с неточностью определения расстояний до объектов, которые впоследствии ещё многократно уточнялась. Таким был первый этап становления, ставшей уже в настоящее время классической, релятивистской космологии, в котором соединились теория и наблюдения. Однако это был скорее некий «динамический каркас», который требовал физического, в первую очередь, термодинамического наполнения, а так же содержательного совмещения представлений об эволюции пространства Вселенной и эволюции физических форм материи, составляющих её. Этим физическим содержанием динамического каркаса релятивистской космологии стала теория горячей Вселенной Г. Гамова. Основные принципы этой теории были изложены в нескольких работах самого Г. Гамова, а также Р. А. Альфера, Р. С. Хермана и Х. Бете в американских журналах «Physical Review» и «Nature» на протяжении 1946 – 1950 годов¹²⁴. Основная идея, которая была предложена Г. Гамовым – в дополнении к уже использовавшимся в космологии метрическим и динамическим характеристикам Вселенной – ввести ещё одну – энергетическую, причём он перешёл от средней плотности энергии, как основной характеристики Вселенной, к энергии одной частицы, т.е. к средней температуре Вселенной, которая в ходе расширения

¹²³См. [130].

¹²⁴Подробнее см. [23].

уменьшается. Основная физическая суть идеи Гамова в том, что при падении температуры вследствие расширения Вселенной из определённых физических процессов, энергия протекания которых больше температуры во Вселенной, будут проходить лишь те, которые ведут к более устойчивому состоянию с меньшей потенциальной энергией. Например, рассматривая процессы ионизации и рекомбинации атомов, можно утверждать, что при $T < E_{\text{ион}}$ будет происходить только рекомбинация (T – температура, $E_{\text{ион}}$ – энергия ионизации). Таким образом, последовательность значений энергии таких процессов определяет соответствующие этапы физической эволюции Вселенной, в которых, по мере уменьшения температуры, образуются новые, более сложные типы частиц вещества. Согласно этой теории, в истории ранней Вселенной можно выделить две эпохи: эпоху излучения, когда излучение преобладало над веществом, и эпоху вещества, когда вещество во Вселенной преобладало над излучением. Эпоха излучения, в свою очередь, может быть разделена на три эры: адронная, лептонная и радиационно-доминированной плазмы. В настоящее время модель горячей Вселенной стала классической составной частью релятивистской космологии, описываемой во множестве фундаментальных работ¹²⁵.

Эмпирическое подтверждение модель горячей Вселенной получила из результатов анализа среднего химического состава Вселенной, а в 1965 г. было получено ещё одно эмпирическое обоснование. В этом году американские радиофизики А. А. Пензиас и К. В. Вилсон обнаружили микроволновое (названное «реликтовым») радиоизлучение, равномерно заполнявшее собой пространство всей Вселенной. Это излучение, предсказанное Гамовым, соответствовало температуре 2,7 градуса кельвина и являлось «следом» физических процессов, происходивших в горячей Вселенной на ранних этапах её эволюции. За это открытие А. А. Пензиас и К. В. Вилсон в 1978 г. получили Нобелевскую премию по физике. Кроме открытия микроволнового излучения ещё одним эмпирическим подтверждением модели горячей Вселенной является наблюдаемое соотношение во Вселенной лёгких химических элементов, прежде всего водорода, гелия, дейтерия и лития. Это соотношение может быть адекватно объяснено только при помощи горячей модели Вселенной. Таким образом, динамический «каркас» релятивистской космологии был наполнен физическим содержанием, имеющим эмпирическое подтверждение.

¹²⁵ См., например, [41].

Однако, несмотря на достигнутые релятивистской космологией значительные успехи, к концу 70-х годов XX столетия оставался целый ряд проблем и парадоксов, неразрешимых в её рамках. Причём можно утверждать: основные проблемы релятивистской космологии носили не только физический характер, но и содержали в себе определённую философскую составляющую, затрагивающую онтологические вопросы «бытия Вселенной». Одной из основных проблем релятивистской космологии можно назвать проблему сингулярности. Эта проблема впервые возникла ещё в первой работе Фридмана по релятивистской космологии («когда пространство было точкой ($R = 0$)»). Строго физически эта проблема заключается в том, что физические параметры, описывающие Вселенную (плотность, температура, давление и т. д.) при $t \rightarrow 0$, стремятся к бесконечности, причём соответствующие решения оказываются формально не продолжимыми в область $t < 0$. Первоначально были надежды, что эту проблему удастся, если не решить, то хотя бы обойти, изучая более общие модели Вселенной, чем модель Фридмана, например, модель анизотропной неоднородной Вселенной, заполненной веществом с каким-либо экзотическим уравнением состояния и т.д. Однако после исследования общей структуры пространства-времени вблизи сингулярности и после того, как был доказан ряд теорем о сингулярностях в общей теории относительности с помощью топологических методов, возможность решить эту проблему в рамках классической релятивистской теории гравитации стала представляться маловероятной. Стало очевидным, что для решения этой проблемы необходимы новые подходы, в частности, предполагалось, что её может решить квантовая гравитация или же другая какая-либо теория (например, теория струн), описывающая пространственные и временные свойства на очень малых масштабах. Однако если выйти за рамки строго физики, то эту проблему можно обобщить и сформулировать шире: «Как и из чего появилась наша Вселенная, что было её «исходным материалом» и «побуждающей причиной»?»

Ещё одной серьёзной проблемой релятивистской космологии, имеющую онтологическую составляющую, была проблема единственности Вселенной. Суть её заключена в том, что рассматриваемая космологическая теория была не в состоянии даже подойти к разрешению вопроса: почему природа, мир, Вселенная обладает именно такими свойствами, которые мы наблюдаем, а не какими-либо другими? Под этим имеются в виду, прежде всего, вопрос об объяснении размерности и топологии пространства и времени

Вселенной, наличия во Вселенной четырёх видов взаимодействий, определённых типов частиц вещества и их морфологии, величины физических констант и т.п., т.е. всей той физической и космологической картины мира, что была описана выше. Говоря иными словами, в физико-космологической картине мира наличествовала масса «свободных параметров», численное значение которых в рамках этой картины было совершенно случайно.

Кроме этих двух проблем, имеющих, безусловно, мировоззренческое значение, в релятивистской космологии существовал ещё ряд собственно физических проблем. Среди них можно указать проблему плоскостности (евклидовости) пространства, суть которой в том, что геометрия нашей Вселенной крайне мало отличается от евклидовой геометрии, проблема горизонта заключена в том, что наша Вселенная, как показывают наблюдения, однородна и изотропна в прошлом и в причинно *не* связанных областях, и в других.

Именно на анализе всех этих проблем и попытках их решения строится современная космология, в своём содержании выходящая за рамки релятивистской космологии, но включающая её как свою составную часть. Именно в этом единстве – современной и релятивистской – космология ниже и будет рассмотрена и проанализирована с точки зрения развиваемой в данной работе концепции.

2.6. Современная космология: инфляция и космология струн, тёмная энергия, тёмное вещество

Проблемы и парадоксы релятивистской космологии, как и необходимость выйти за её рамки были осознаны уже достаточно давно, ещё в середине 60-ых годов XX столетия. Наибольший содержательный и мировоззренческий вызов релятивистской космологии давала первая проблема, связанная с «исходным материалом», из которого произошла наша Вселенная. Физический вакуум в качестве такого кандидата был далеко не очевиден, были и другие предложения, например особый вид плазмы¹²⁶, однако логика развития научного знания, искусственность и «натянутость» таких предположений подталкивала к тому, чтобы на роль «исходного материала» Вселенной был выдвинут именно физический вакуум.

Положение о возникновении Вселенной из вакуума было высказано достаточно давно, ещё в 1966 году нашим соотечественником Г.И. Нааном [82] (как выразился сам автор «...всё из вакуума...»). Немного позднее появилась одна из первых робот, выполненная нашим соотечественником П.И. Фоминым, в которой уже предлага-

¹²⁶ См. [4]

лась не только идея, но и описывалась «физика процесса» [117]. В ней П.И. Фомин пишет о «вакуумной космологической модели», употребив характерные для этой теории в дальнейшем термины «почкование», «туннельный переход» и т.п. Вместе с тем, к идее возникновения Вселенной из физического вакуума оказался возможен и подход, так сказать, «с другой стороны», – через раскрытие «физической природы» космологического члена $\Lambda g_{\mu\nu}$. Через ряд предположений, выдвинутых другими авторами, Э.Б. Глинер [28] отождествил его с космологическим вакуумом. Сразу же возникает вопрос о тождестве или различии физического и космологического вакуумов. Однозначного и окончательного его ответа нет и по настоящее время, особенно в свете последних открытий, связанных с тёмной энергией¹²⁷, о чём – ниже. Однако оба вакуума обладают очень важным, с точки зрения космологии, свойством: и тот и другой вакуум приводит к закону расширения $a(t) \sim e^{Ht}$. Для космологического вакуума такой закон расширения известен ещё со времён де Ситтера, а для физического вакуума такой закон расширения впервые был указан А.А. Старобинским [108] в 1979 г. Идея оказалась весьма плодотворной именно для решения проблем, возникающих в релятивистской космологии. Сам А.А. Старобинский использовал её для решения проблемы сингулярности, а «подхвативший» и развивший её позднее А.Гут расширил её использование, пытаясь разрешить взаимосвязанные друг с другом проблемы плоскостности, горизонта и реликтовых монополей. (Последняя заключается в отсутствии их наблюдений, тогда как, согласно теории, они должны появляться на ранних этапах эволюции Вселенной в больших количествах). В целом А.Д. Линде выделяет [62] три инфляционных «сценария» – «старая» модель А. Гута, «новая модель», связанная с именами А. Альбрехта и П. Стейнхарда, а также самого А.Д. Линде, и третья «модель хаотической инфляции», автором которой был А.Д. Линде. Первые две имели внутренние содержательные противоречия и допускали ряд искусственных предположений, и только модель хаотической инфляции не имела серьёзных изъянов. Именно она и стала одной из концептуальных составляющих современного космологического знания¹²⁸. Согласно этой концепции в первичном высокоэнергетическом физическом вакууме происходят квантовые флуктуации (колебания) его характеристик, которые подчинены случайным процессам. Эти случайные

¹²⁷ См., например: [127].

¹²⁸ Кроме вышеуказанной работы А.Д. Линде см., например, учебную и обзорную литературу: [36], [142], [175], [191] и множество других.

процессы приводят в некоторых локальных областях ($\ell \approx 10^{-33}$ см.) к перестройке физического вакуума (происходит фазовый переход), и эти области начинают стремительно расширяться. Это расширение и отождествляется с процессом возникновения нашей (и не только нашей) Вселенной. В данной концепции термин «расширение» закономерно заменён термином «раздувание», поскольку масштабный фактор за время от 10^{-43} с. до 10^{-35} с. увеличился от $\ell \approx 10^{-33}$ см. до 10^{10} см., а возможно даже и до гораздо больших масштабов. После прекращения инфляции метрическая эволюция Вселенной переходила в классическую релятивистскую стадию и в этом смысле инфляционная космология не опровергает релятивистскую космологию, а скорее дополняет её, рассматривая ещё более ранние этапы эволюции Вселенной, которые были вне пределов рассмотрения релятивистской космологии. Раздувание Вселенной на самых ранних этапах её эволюции происходило по экспоненциальному закону $a(t) \sim e^{Ht}$ и поэтому данный процесс был назван «инфляцией». Название обусловлено аналогией с денежной инфляцией, при которой скорость роста денежной массы прямо пропорциональна самой денежной массе, в данном же случае «рост» масштабного фактора пропорционален ему самому ($da(t)/dt \sim a(t)$). Такой стремительный рост масштабного фактора до столь невероятно вообразимых масштабов автоматически решал ряд собственно физико-космологических парадоксов релятивистской космологии, связанных с евклидовостью пространства, плотностью магнитных монополей, взаимодействием причинно несвязных пространственных областей Вселенной. Идеология этого решения состоит в том, что на бесконечности (или невообразимо больших масштабах) всё кривое стремиться к прямому (дугу бесконечного радиуса можно рассматривать как отрезок прямой), соответственно при таких масштабах плотность магнитных монополей уменьшается, и все причинно несвязные области в момент 10^{-43} с. получают причинно связными. Кроме того, инфляционная космология предлагает и концептуальное решение основной проблемы релятивистской космологии, связанной с «материалом», из которого «произошла» наша Вселенная, и причинами, вызвавшими её возникновение и дальнейшее расширение. Однако пока это только общая концепция, которая ещё очень далека от законченной физической теории (подробнее чуть ниже). Решение же проблемы единственности Вселенной будет рассмотрено ниже отдельным вопросом.

Инфляционный процесс в расширении Вселенной происходил на самых ранних её стадиях, и поэтому вполне очевидно, что, также как

и в случае с релятивистской космологией, инфляционная космология «зависла» в стадии эмпирической невесомости. На первых порах были совершенно не ясны «механизмы» выхода этой теории на эмпирический материал, однако открытие анизотропии и поляризации реликтового излучения, сделанное сначала советскими, а затем американскими учёными, предоставило возможность эмпирической проверки инфляционной теории, по крайней мере, в подтверждении самого факта инфляционного расширения Вселенной на самых ранних этапах. В 1983-1984 годах на орбите работал специализированный советский спутник «Реликт», исследовавший реликтовое излучение, а с 1989 – американский специализированный спутник COBE (Cosmic Background Explorer). Результаты обработки данных советского спутника, показывающие анизотропию реликтового излучения, были получены в конце 1991 г, а опубликованы¹²⁹ в июле 1992 г., в журнале *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, тогда как пресс-конференция по результатам работы спутника COBE¹³⁰ состоялась в апреле 1992 г. За это открытие Нобелевскую премию по физике за 2006 год получили только участники американского проекта Джон Матер и Джордж Смут, о советском (российском) проекте, который показал те же результаты, мировое научное сообщество даже не вспомнило. Это открытие стало возможным только с развитием и усовершенствованием наблюдательной техники радиоастрономии, с повышением её чувствительности в сотни тысяч раз, поскольку сама анизотропия (отклонение от среднего температурного фона реликтового излучения) составляет порядка 10^{-5} градуса. По работам двух спутников были составлены карты анизотропии излучения, которые совпали. Физическая связь с процессом инфляции достаточно проста – температурные отклонения от общего фона реликтового излучения являются следами тех квантовых флуктуаций, которые происходят в первичном высокоэнергетическом физическом вакууме, и в процессе инфляции растягиваются вместе с раздувающимся по экспоненциальному закону пространством. Принципиальным является тот факт, что численные параметры этих следов совпали с теми, которые предсказывала инфляционная теория. Таким образом, стадия «эмпирической невесомости» инфляционной космологии закончилась, и она обрела эмпирическую базу. Инфляционное расширение нашей Вселенной на самых ранних этапах её эволюции стало уже эмпирическим фактом.

¹²⁹ Подробнее о результатах исследования советского спутника см., например, [103].

¹³⁰ О результатах работы COBE см., например: [142], [174] и множество других публикаций.

Несмотря на такой значительный успех инфляционной космологии, как уже говорилось выше, она сама ещё далека от завершения и находится в состоянии активной теоретической разработки. Среди серьёзных проблем – квантовые процессы, происходящие в высокоэнергетическом физическом вакууме, где и пространство, и время носят квантовый характер. Соответственно физические процессы происходят в масштабах равных или меньших, чем квантовые (планковские) масштабы пространства (10^{-33} см.) и времени (10^{-43}) с. Необходима теория, которая описывала бы состояния, виды и формы материи в подобных масштабах, и соответствующие физические процессы, приводящие к инфляционному расширению. Кроме квантовой теории поля, исследованием подобных состояний материи занимается и теория струн, к которой всё чаще обращается инфляционная космология. В результате этих обращений в научной литературе появился даже новый термин – «струнная космология» или «космология струн»¹³¹. Её задача – решать сугубо физические и даже, в определённой мере, «технические» проблемы, связанные, в первую очередь, с проблемой сингулярности и механизмом инфляции. Преимущества такого подхода заключаются в возможности использовать все специфические моменты теории струн и М-теории, в частности многомерность пространства, а также же свойства дуальности (особенно Т-дуальность). В самых общих чертах механизм инфляции может быть объяснён взаимодействием струн в многомерном пространстве, при котором три из десяти (или одиннадцати) пространственных измерений начинают экспоненциально расширяться, а другие – остаются компактифицированными на квантовом уровне. Существенную роль в компактификации одних пространственных измерений и раздувании других может играть и Т-дуальность, именно в силу своего свойства эквивалентности в описании физических процессов в масштабах r и $1/r$ для разных теорий струн. Принципиальное отсутствие в теории струн нулевых размеров и свойство Т-дуальности также может помочь в разрешении проблемы сингулярности. Взаимодействие космологии и теории струн (М-теории) носит взаимовыгодный характер. Не только теория струн подсказывает способы решения космологических проблем, но и космология выступает определённым эмпирическим тестом для теории струн. Это касается не только наблюдаемой постинфляционной Вселенной, в том числе и различных астрофизических форм материи¹³², но и полученных из наблюдений

¹³¹ См., например, [157], [158], [180], [185].

¹³² См., например, [118], [119], [162].

анизотропии реликтового излучения количественных параметров инфляции¹³³. Однако все они носят характер именно ограничений, позволяющий выбирать из множества возможных теорий и подходов только некоторые, говорить в настоящее время о том, что космология струн позволит в ближайшее время провести решающее наблюдение, которое подтвердит или даже опровергнет какую-либо законченную теорию в её рамках, не представляется возможным. В целом в струнной космологии существуют только некоторые общие подходы и методологические наработки, фундаментальными прорывами она ещё похвастаться не может, как и в целом теория струн. Однако взаимодействие теории струн и космологии будет продолжаться, и надо надеяться, что, рано или поздно, результат будет получен.

Гораздо лучше в этом смысле обстоят дела с теми составными современной космологии, которые исследуют не далёкое прошлое, а настоящее нашей Вселенной, поскольку именно эта часть космологии богата эмпирическим материалом, который нуждается в теоретическом осмыслении. Речь идёт о проблеме скрытой массы и тёмной энергии.

Своими корнями эта проблема восходит ещё к первым работам Фридмана и его трём моделям, физическая реализация которых зависит от средней плотности материи во Вселенной и её отличия от критической плотности. Величина плотности, отнесённая к критической (относительная плотность равная $\Omega = \rho/\rho_{\text{крит}}$), является одним из основных космологических параметров современной космологии.

После получения решений Фридманом и отказом космологов от Λ члена под плотностью материи подразумевалась, прежде всего, плотность её вещественных форм. Доступные наблюдения ещё в 70-х годах XX столетия давали величину плотности, по крайней мере, в несколько раз меньше критической, что соответствовало фридмановской открытой модели. «... Значение критической плотности $\rho_{\text{крит}} \sim 10^{-29} \div 5 \times 10^{-30}$ г/см⁻³ (в настоящее время эта величина оценивается в $\rho_{\text{крит}} \sim 8 \times 10^{-30}$ г/см⁻³ – Т.Я.). Достаточно надёжно установлено, что средняя плотность материи во Вселенной ρ_0 не меньше, чем $\rho_0 = 3 \times 10^{-31}$ г/см⁻³. Эта величина ρ_0 определяется массой материи, входящей в галактики, и не учитывает массы межгалактического вещества. ... Не исключено, однако, что, на самом деле, плотность вещества больше – в частности, за счёт

¹³³ См.: [138], [161], [172], [178].

межгалактического ионизированного водорода или других труднонаблюдаемых видов материи» [41, стр.31.]. В дальнейшем свидетельства о таких труднонаблюдаемых вещественных формах материи были обнаружены и названы «тёмным веществом» или «скрытой массой». Однако для оценки современной плотности материи во Вселенной даже не они играют основную роль. Впервые о «возвращении» в космологию Λ -члена заговорили ещё в конце 60-х – начале 70-х годов XX столетия в связи с обнаружением концентрации квазаров на определённом, достаточно большом от нас расстоянии [41, стр.128 -129.]. Для объяснения этого феномена и было предложено рассматривать космологические модели с Λ -членом, который, как было сказано выше, в качестве физического содержания предполагает наличие «сил» отталкивания, «противодействующие» гравитационному притяжению. На протяжении почти трёх десятилетий такие модели фигурировали в теоретических работах, однако не делали в теоретической космологии «погоды», проблема квазаров предполагал и другие решения, а космологические модели с Λ -членом не удовлетворяли другим наблюдательным данным.

Ситуация коренным образом изменилась в 1998 г., когда 2 группы учёных, одна из Италии, другая из США, работая независимо, сообщили об одном и том же открытии – ускоренном расширении Вселенной¹³⁴. И та, и другая группы наблюдали удалённые сверхновые, т.н. стандартные свечи. Процесс энерговыделения в них хорошо изучен и на любом расстоянии они легко отождествляются. Расстояние до этих «свечей» (сверхновые типа Ia) было установлено по яркости вспышки, однако оно не совпало с расстоянием, вычисленным по эффекту Доплера. А это могло быть только в том случае, если они, вместе со всей Вселенной, удаляются от нас не с замедлением, как считалось ранее, а с ускорением. Это же означало, что во Вселенной присутствует некий феномен, «сила», которая не притягивает массивные объекты, а отталкивает их друг от друга, и соответственно ускоряет их. Этот феномен или «сила» отталкивания получила название «тёмной энергии». «Энергия» – из-за способности отталкивать и ускорять формы материи, а «тёмная» – потому, что этот феномен не проявлял себя никаким другим образом. На протяжении ближайших нескольких лет после этого наличие во Вселенной тёмной энергии было протестировано ещё несколькими способами: по анизотропии реликтового микроволнового излучения, по гравитационному линзированию, нуклеосинтезу теории

¹³⁴ См. [136], [188], [192].

горячей Вселенной, по оценке постоянной Хаббла – и все они подтвердили её наличие. Стало очевидно, что плотность Вселенной имеет два компонента: плотность вещества и плотность энергии $\Omega = \Omega_b + \Omega_e$. Были сделаны и численные оценки вклада плотности тёмной энергии в общую плотность. Различные оценки¹³⁵ дают величину Ω_e порядка 0,7 с небольшими погрешностями, что означает, что около 70% плотности Вселенной составляет причина ускоренного расширения Вселенной – тёмная энергия. Природа тёмной энергии к настоящему времени не ясна, и эта проблема, по мнению В.Л. Гинзбурга [27], является одной из наиболее актуальных проблем современной физики. Изначально была надежда объяснить ускоренное расширение Вселенной и соответственно, 70 % вклад в её плотность физическим вакуумом с уравнением состояния $p = \omega \cdot \varepsilon$, где p – давление, ε – плотность энергии, а ω – коэффициент пропорциональности, для вакуума $\omega = -1$. Однако результаты дальнейших исследований показали, что коэффициент ω может оказаться отличным от -1 , что означает: тёмная энергия может иметь более сложную природу, чем физический вакуум. Определение точного значения ω в современную эпоху является одной из основных задач наблюдательной космологии. Факт нынешнего ускоренного расширения означает¹³⁶, что с необходимостью $\omega < -1/3$. Этот коэффициент не является величиной постоянной, а зависит от времени (и соответственно от H). В ранней Вселенной он был больше $-1/3$, и Вселенная расширялась с замедлением. Наблюдения показывают, что преобладание тёмной энергии и, соответственно, ускоренное расширение Вселенной началось около 5 – 6 миллиардов лет назад¹³⁷. В случае, если $-1 < \omega < -1/3$, предлагается модель квинтэссенции – формы материи, представляющие собой частицеподобные возбуждения нового, не сводящегося к известным видам полей скалярного поля. Однако в настоящий момент неточность определения достаточна высока, и, по одной из оценок,¹³⁸ ω лежит в пределах $-1.18 < \omega < -0.93$. В случае, если $\omega < -1$, то в качестве «кандидата» на тёмную энергию предлагается фантомная энергия – до сих пор неизвестная форма материи, которая может быть новым типом поля [197]. В случае, если же ω будет строго равна -1 , то тёмная энергия будет отождествлена с физическим вакуумом. Кроме того, во Вселенной могут существовать и другие формы материи,

¹³⁵ См. [27], [176], [184]. и др.

¹³⁶ См. например [193].

¹³⁷ См. [12].

¹³⁸ [165]. Разумеется, эта оценка не единственна. В одной из работ ([194]) значение ω оценивается в пределах от -1.02 до -0.67 . Исследование этого вопроса продолжается.

описываемые другими уравнениями состояния: $\omega = -2/3$ – доменные стенки (специфическая форма материи, отделяющая одну вселенную от другой (подробнее об этом ниже)), $\omega = 0$ – обычное вещество, $\omega = 1/3$ – излучение и релятивистское вещество, $\omega > 1/3$ – мало обсуждаемая сверхсветовая форма энергии¹³⁹, причём значения ω могут принимать не только дискретные величины, кратные $1/3$, но могут существовать «переходные» формы материи с ω , не кратной $1/3$. Такое многообразие потенциальных возможностей существования различных форм материи позволяет сделать предположение о том, что значение ω , получаемое из наблюдений, может быть обусловлено многокомпонентной природой и тёмной энергии, и в целом физического «содержания» Вселенной. Впрочем, это всё не более, чем гипотезы, наравне с которыми существуют и другие, менее принятые, например, о том, что эффект тёмной энергии может быть связан со свойствами гравитации [127].

Вопрос природы тёмной энергии является одним из ключевых вопросов современной физики и космологии, в частности, ещё и потому, что от его решения зависят перспективы и судьба будущей эволюции Вселенной. В частности: в случае, если тёмной энергией окажется фантомная энергия, то будущее нашей Вселенной не завидно – через несколько десятков миллиардов лет (временной промежуток зависит от её «мощности») произойдёт т.н. «Большой Хлопок» и все формы материи исчезнут, «размазавшись» по пространству [165]. Впрочем, модели будущего Вселенной определяются не только космологической величиной ω , но и рядом других параметров, таких, например, как начальные условия в виде характеристик физического вакуума, которые, в свою очередь, определяются спецификой теорий, описывающих микромасштабы, будь это теория струн/М-теория¹⁴⁰ или квантовая теория поля (квантовая теория гравитации) [168].

Вклад в общую плотность Вселенной, как уже говорилось выше, даёт и вещество ($\omega = 0$). По общим оценкам, вклад вещества в общую плотность Вселенной составляет около 30 %, т.е. $\Omega_b = 0,3$ ¹⁴¹. В этой составляющей плотности Вселенной выделяют два компонента: тёмное вещество (называемое ещё скрытой массой) и видимое вещество. Их соотношение составляет, по последним оценкам $\Omega_{ВИТМ} = 0.25 \pm 0.02$ (если брать грубо среднюю величину по всем

¹³⁹ Решение уравнений Фридмана с этим уравнениями состояния см. [186]

¹⁴⁰ В дальнейшем, для того, что бы не возникало путаницы в названии, теорию струн в её последней модификации будем обозначать как теория струн/М-теория.

¹⁴¹ См. [135], [141], [164], [174], [184], [191], [194], [204] и другие.

работам), $\Omega_{\text{ВИД}}=0.05\pm 0.008$. Природа видимого вещества известна ещё с незапамятных времён. Его составляют, в первую очередь, звёзды, а также активные ядра, газопылевые облака и другое «население» галактик, которое мы можем наблюдать в оптическом и других диапазонах электромагнитного спектра вследствие наличия у них излучающей, поглощающей или отражательной способности. «Львиную» часть (по массе) этого «содержимого» Вселенной составляют звёзды. Со скрытой массой сложнее, поскольку её название – «скрытая» – говорит о том, что она не проявляет себя в излучении электромагнитного спектра и может быть обнаружена только косвенным образом – по гравитационному взаимодействию, что требовало развития специальных исследований и развития техники наблюдений. Весьма затруднительно однозначным образом определить природу скрытой массы в силу отсутствия возможностей для непосредственного наблюдения.

Первые предположения о её существовании появились ещё в 70-х годах XX столетия. В качестве таковой массы указывались межгалактический газ, нейтрино, при условии, что они имеют массу, гравитационные волны [41]. Также могли быть отнесены чёрные дыры, планеты вне пределов солнечной системы и другие астрономические объекты, непосредственно не наблюдаемые, однако их «удельный вес» во Вселенной слишком мал, чтобы они вносили в эту величину ощутимый вклад. Дальнейшие исследования показали, что темное вещество преобладает над видимым в несколько раз, и в настоящее время проблема определения природы тёмного вещества является одной из ключевых проблем современной космологии, которой посвящено множество работ¹⁴².

Объекты, рассматриваемые в последней четверти XX столетия в качестве претендентов на скрытую массу, рассматриваются в таком же качестве и сейчас, однако значительная часть специалистов полагают, что они недостаточны для объяснения известных в настоящее время величин плотности скрытой массы. В настоящее время предлагается ряд новых претендентов на это звание. Это, прежде всего массивные гипотетические слабовазимодействующие частицы, маломассивные нейтрино, гипотетические маломассивные частицы – аксионы, гипотетические частицы, (суперпартнёры), существование которых следует из теории суперсимметрии, гипотетические сверхтяжелые частицы. Предположительно, значительная часть всех этих частиц расположена в обширных галактических гало.

¹⁴² См. например: [135], [141], [163], [164], [174], [176], [177], [191], [201], [204] и другие.

Какой из этих претендентов доминирует в наблюдаемой области Вселенной, какие просто наличествуют – все эти вопросы должны решаться разработкой соответствующих теоретических моделей, систематическими астрономическими наблюдениями, исследованием нейтрино и экспериментальными исследованиями на ускорителях, которые ведутся уже сейчас и результаты которых уже сейчас активно обсуждаются.

Как видно из вышесказанного, общая относительная плотность, по крайней мере, *наблюдаемой* области Вселенной (Метагалактики) имеет величину порядка 1. Грубо обобщённое по разным источникам значение величины Ω составляет от 0.95 до 1.03. Этот факт означает, что геометрия наблюдаемой части нашей Вселенной в предельно больших масштабах, исключая окрестности сверхмассивных и массивных объектов, евклидова или почти евклидова. А это, в свою очередь, помогает нам, почти через столетие после создания Фридманом своих моделей, наконец-то сделать выбор одной из них. Похоже, однако, что в этом выборе реализуется самый проблемный вариант: значение Ω определяется из наблюдений с какой-либо, пусть даже и очень малой погрешностью, а модель плоской евклидовой Вселенной реализуется только в случае, когда Ω строго равна 1. Любое, пусть даже ничтожно малое отклонение Ω от 1, означает реализацию во Вселенной другой, неевклидовой геометрии, и, соответственно, и иной фридмановской космологической модели. Кроме того, проблема определения Ω для всей Вселенной затруднена ещё и тем, что согласно инфляционной космологии, за счёт раздувания пространства Вселенной на самых ранних этапах эволюции, её «размеры» невообразимо велики, и мы наблюдаем её ничтожно малую часть. Обобщать же наблюдения, имеющие погрешность измерения (когда эта погрешность так принципиальна) на всю Вселенную, не вполне корректно. Эти обстоятельства позволяют утверждать, что одними наблюдениями проблему определения Ω (а значит и выбор фридмановской модели) не решить, для её решения необходимо привлекать те или иные теоретические соображения.

Ещё одним, кроме относительной плотности Ω , важным космологическим параметром, который играет одну из основных системообразующих ролей в раскрытии содержания современного представления понятия «космос», является параметр Хаббла, который во фридмановской модели является постоянной величиной. Уточнению её значения различными методами посвящено множество работ, список которых ежемесячно увеличивается на несколько

десятков. В разных источниках указаны разные значения H , правда, не сильно отличающиеся друг от друга. Например: $H=72 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ (Мпс – Мега параллакс секунда – расстояние, равное приблизительно $3 \cdot 10^{19}$ км.) в одной из них [191], в другой работе [152] указано два значения H , померенные различными методами: $H=72 \pm 7 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ и $H=59 \pm 6 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$, а, кроме того $H=71 \pm 6 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ [175], $H=70 \pm 8 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ [176], $H=67 \pm 7 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ [187], у В.Л. Гинзбурга [27] приведено несколько значений: $H=64 \pm 13 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$, $H=71 \pm 8 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$. Результаты, получаемые и в настоящее время, существенным образом не изменяют картину и дают примерно те же значения, например: $H=73 \pm 9 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ и $H=62.3 \pm 6.3 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ [198].

Зная H , можно легко установить возраст нашей Вселенной, однако он будет зависеть от соотношения плотности вакуума и материи [176]. Там же приведена эта зависимость для $H=70 \pm 8 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$. Если $\Omega_E=0$, а $\Omega_B=1$, тогда $t_0=9.7 \pm 1$, если $\Omega_E=0.8$, а $\Omega_B=0.2$, тогда $t_0=15.3 \pm 1.5$, если $\Omega_E=0.7$, а $\Omega_B=0.3$, тогда $t_0=13.7 \pm 1.4$, если $\Omega_E=0.65$, а $\Omega_B=0.35$, тогда $t_0=12.9 \pm 1.3$, где t_0 – время, прошедшее от начала расширения Вселенной, взятое в миллиардах лет.

Такой, в общих чертах, представляется современная Вселенная в своих основных свойствах и качествах. К онтологическим предпосылкам и следствиям современной картины Вселенной мы вернёмся чуть ниже, а сейчас рассмотрим представление о ненаблюдаемой структуре мира, по своим пространственным масштабам намного превосходящую не только наблюдаемую часть Вселенной, но и в целом Вселенную, на которую можно аппроксимировать свойства наблюдаемого космоса.

2.7. Современная космология: от Универсума к Мультиверсуму

Ретроспективно рассматривая историю развития космологии от мифа и античности и вплоть до релятивистской космологической парадигмы, можно констатировать, что, несмотря на содержательное отличие друг от друга различных космологических концепций, всем им было присуще одно свойство, на обобщении которого и был сформулирован ещё один, уже не собственно космологический, а скорее философско-космологический концепт, который может быть назван «Универсумом». Его суть заключается в том, что космос, даже вне зависимости от того, конечен он или бесконечен в пространстве, представлялся как единственный и неповторимый, «вбирающий» в себя все потенциальные и актуальные формы материи. Физическая реальность космоса во всех космологических концепциях представлялась онтологически универсальной в том

смысле, что никаких других форм и видов материи вне космоса не существовало. В случае пространственно конечной Вселенной все чувственно воспринимаемые типы реальности находились «внутри» неё¹⁴³. Даже в релятивистской космологии, где закрытая модель не имела границ, объем Вселенной был конечен и вопрос о физической реальности вне этого объема считался некорректным: «...если Вселенная замкнута, то что же находится за её пределами? Конечно, можно было бы представить себе и другие вселенные, более или менее сходные с нашей, если бы Мир (или «Сверхвселенная») был многообразием пяти или большего количества измерений. Нет, однако, никаких серьезных оснований в пользу этого произвольного предположения...» [131, стр.95.]. В случае пространственно бесконечной Вселенной (от античного атоизма до релятивистской космологии) концепт Универсума предполагал, что космос пространственно однороден и мы наблюдаем типичную часть Вселенной. Таким образом, в содержании понятия «Универсум» с необходимостью присутствовало качество, которое можно охарактеризовать как «единственность» и «однородность», «универсальность» физических форм бытия.

Инфляционная парадигма нарушила эту многотысячелетнюю традицию. Действительно, реализация инфляционного сценария, т.е. раздувание пространства Вселенной на самых ранних этапах её эволюции требует того, чтобы подобное событие происходило не однажды и не единственный раз. В теории хаотической инфляции А.Д. Линде стремительно расширяется не один пространственно временной пузырьёк планковских размеров, раздувание пространства происходит везде, по всему «объёму»¹⁴⁴ высокоэнергетического физического вакуума, где для этого случайным образом появляются необходимые условия. Те из пузырьков, где таковые условия появились, раздуваясь, рожают собой новые вселенные, одной из которых есть наша. Причём свойства и характеристики физической реальности «внутри» этого пузырька (а значит и свойства каждой из вселенных) определяются случайным образом квантовыми характеристиками пузырька на момент начала раздувания. Эти характеристики могут быть совершенно разными для каждого из пузырьков планковского размера и эта именно неоднородность высокоэнергетического физического вакуума, выраженная, в том числе, и в кван-

¹⁴³ Исключение может составить только космология Платона и его теория идей, интерпретацию которых см. [113].

¹⁴⁴ Следует понимать, что пространство-время высокоэнергетического физического вакуума «находиться» в квантовом состоянии и представляет собой квантовую пространственно-временную «пену», «локализованную» на множество пузырьков планковских размеров.

товом характере пространственно-временных характеристик, является основой мультиверсального представления мира в целом. Раздувающиеся пузырьки (вселенные) могут иметь различные виды и типы элементарных носителей полей и элементарных частиц вещества (а значит и другие типы и виды более высокоорганизованной материи или же не иметь таковой вообще), другие пространственные и временные характеристики (например, размерность пространства-времени может быть не как в нашей Вселенной 3+1 (3 пространственных компоненты, а 1 – временная), а допустим 5+2 или 6+4). Можно сделать предположения, что эти другие вселенные могут отличаться от нашей более кардинальным образом. Кроме вещества и поля (или вместо них) они могут состоять из других, совершенно неведомых нам форм материи, соответственно и описываться не пространственно-временными, а ещё более общими характеристиками, для которых пространство и время выступает частным случаем. При этом не исключено, что эти иные вселенные могут характеризовать не пространственно-временные, а иные, равнозначные и соподчинённые им параметры.

Все эти вселенные, вместе с нашей, существуют не потенциально, а актуально, и, с точки зрения онтологии, являются такими же элементами реальности, как и чувственно воспринимаемая нами Вселенная. Потенциально они могут быть восприняты нашими органами чувств, однако способности последних слишком ограничены, чтобы мы могли говорить об этом всерьёз. Впрочем, даже по имеющимся эмпирическим данным, в частности по наблюдению анизотропии реликтового излучения, делаются попытки каким-либо образом получить количественные характеристики Мультиверсума [196]. Однако по получаемым результатам эти попытки ещё слишком просты. Концепция Мультиверсума в этом смысле опирается на весьма скудную опосредованную эмпирическую базу и является скорее теоретическим концептом, чем эмпирической данностью. Эта неординарная, по крайней мере, для предшествующей физики ситуация стала объектом пристального анализа и исследования не только и не столько философов, сколько самих творцов мультиверсальной картины мира – космологов и физиков, подталкивая их к достаточно интересным, а порой и радикальным философским следствиям. Наиболее фундаментальные проблемы, возникающие в мультиверсальном представлении мира, традиционно могут быть отнесены к двум наиболее значимым разделам философии: гносеологии (и отчасти методологии) и онтологии. Гносеологическо-методологический аспект традиционно рассматривает процесс

познания, решая проблему его развития в отсутствии *непосредственных* эмпирических данных¹⁴⁵. Онтологическая составляющая мультиверсальной проблемы связана с постановкой вопроса об основах физической реальности. В качестве примера решения этого вопроса можно указать подход М. Тигмарка¹⁴⁶, в котором оно (решение) определяется в контексте ещё античного спора Платона и Аристотеля о значимости чувственных составляющих окружающей нас реальности. Концепция М. Тигмарка, разрабатываемая им на основании мультиверсальной картины мира, «реабилитирует» платонизм в его традиционном классическом понимании как примат внечувственного над чувственным, и, соответственно, рассмотрение идеальных логических и математических конструкций как «порождающих моделей» мира в целом. Впрочем, к этой проблеме, как и работам М. Тигмарка мы вернёмся ещё в следующем разделе. Также в дальнейшем, в следующем параграфе, будет подробно рассмотрена и ещё одна тема, получившая достаточно широкое развитие и освещение в контексте мультиверсальных космологических представлений – тема антропного принципа¹⁴⁷. Как самостоятельная проблема она была сформулирована ещё во второй половине XX столетия, до возникновения и инфляционной космологии, и мультиверсальной картины мира, но именно в них она нашла свое физическое решение, которое, как и его онтологические следствия, будут рассмотрены ниже.

Космологическая картина множественности вселенных, возникающих из первичного высокоэнергетического физического вакуума, физические основы которой были заложены в 80-ых годах XX столетия, именно в смысле описания реальности как множества, имели более ранний «прообраз». Его появление связано с квантовой механикой, а само представление о множественности реальностей получила многомировая интерпретация квантовой механики. Её суть заключена в том, что её авторы, Эверет и Уиллер предлагают решение проблемы редукции волновой функции путём элементарного отказа от самого феномена редукции. Суперпозиция волновой функции $\Psi(x) = \Psi_1(x) + \Psi_2(x) + \dots + \Psi_k(x)$ описывает не *потенциальные*, а *актуальные* состояния. Иными словами, каждая волновая функция $\Psi_i(x)$ описывает свою, отдельную, вполне актуально существующую вселенную. Сама же редукция волновой функции (т.е. акт измерения) означает, что наблюдатель обнаружил себя в одной из

¹⁴⁵ См., например, [154]

¹⁴⁶ См., [205], [206].

¹⁴⁷ См., например, [140], [207], [208] и др.

эверетовских вселенных, тогда как другие вселенные остались без него. Таким образом, многомировая интерпретация отказывается от одного из основных положений квантовой механики – о потенциальном существовании квантовых объектов в форме потенциального многообразия состояний и актуализации одного из них в акте измерения. Взамен этого она утверждает положение об актуальном существовании и переходе к эмпирическому восприятию одного из них в процедуре измерения. Эту интерпретацию можно назвать ещё концепцией бесконечно ветвящихся вселенных, поскольку каждый акт измерения выявляет свой пласт новых вселенных. Слабость этой концепции заключается в том, что она не даёт ответа на вопрос: «Как данный наблюдатель оказался в данном эверетовском мире?», т.е. каков механизм «переноса» в акте измерения наблюдателя из одной вселенной в другую. Однако, несмотря на это, многомировая интерпретация квантовой механики привлекает к себе внимание и имеет своих сторонников¹⁴⁸. Очевидно, что многомировую интерпретацию квантовой механики действительно можно назвать «прообразом» мультиверсальной картины мира, поскольку она носит логически-объясняющий характер, постулируя идею множественности физической реальности, но не предлагая никаких, кроме описания при помощи вероятности, физических механизмов описания и «функционирования» этой множественности. «Обобщённая» физическая реальность¹⁴⁹, описываемая теорией мультиверсума, и частным случаем которой является наша и другие вселенные, для своего описания требует нового языка и генезиса новых физических концептов. Процессы инфляции, (раздувания пузырей (они же домены)), процессы их рождения, «формирование» физических и геометрических свойств вселенных есть, прежде всего, процессы, происходящие на уровне микромира – на планковских масштабах, причём с огромными энергиями. Ставшей уже классической для XX столетия квантовая механика не может в полной мере выполнить эти задачи, поскольку её эмпирическая составляющая и её теоретический аппарат были сформированы для физических процессов, происходящих на больших масштабах и с меньшими энергиями.

Одним из множества претендентов, наряду с другими, на описание такой «интегрированной физической реальности» является теория струн/М-теория.

¹⁴⁸ См. [75], [89]

¹⁴⁹ По аналогии с микромиром, макромиром и мегамиром этот тип физической реальности предлагается называть гигамиром – см. [112].

Как уже отмечалось выше, в своём интервью [32] российскому сайту «Элементы» Дэвид Гросс говорит о том, что современные тенденции дальнейшего развития теории струн приведут к генезису принципиально нового обобщённого физического объекта, для которого пространство-время будет производным, частным явлением. «Переходной формой» (в логико-содержательном смысле) от этого «обобщённого концепта» к современному физическому представлению четырёхмерного пространства-времени нашей Вселенной, воспринимаемого нашими органами чувств, является многомерное пространство-время теории струн/М-теории, так называемое пространство Калаби-Яу. В настоящий момент именно многомерное пространство-время, как уже достаточно разработанный физический концепт «несёт ответственность» за «реализацию» в современной физике и космологии принципов мультиверсальности, т.е. представление физической реальности как качественного многообразия форм и видов материи.

Проблема редукции (сведения) многомерной физической реальности к четырёхмерному пространству-времени (очевидно, что на языке космологии эта проблема интерпретируется как проблема возникновения *нашей* Вселенной) сложна не только в аспекте своего математического формализма, но и в смысловом, и содержательным аспектах. На первых этапах своего развития и становления теория струн, а затем и М-теория предполагали, что в процессе возникновения нашей Вселенной дополнительные размерности пространства-времени компактифицировались, т.е. замыкались сами на себя «сворачивались в трубочку» с радиусом, порядка планковских (10^{-33}) масштабов. Однако, как отмечает в вышеупомянутом интервью Д. Гросс, в последнее время было высказано предположение, что дополнительные измерения могут быть макро- и мегаскопическими и находятся вне наших эмпирических возможностей только потому, что мы сами существуем на четырёхмерной бране, которую можно рассматривать как «сечение» пространства-времени более высоких размерностей.

Описание возникновения этого «сечения», а равно как компактификации остальных – больших, чем 4, размерностей пространства-времени так же сталкивается с идеей множественности, или качественного многообразия физических форм, объективной реальности и вновь «выходит» на антропную тематику (хотя значительная часть специалистов, в том числе и Д. Гросс, с таким подходом не согласны). Проблема теории струн/М-теории заключается в том, что существует порядка $10^{100} \div 10^{1000}$ возможных вариантов перехода от

многомерия к четырёхмерию, в том числе и вариантов компактификации¹⁵⁰. Каждому варианту перехода (метастабильному ложному вакууму) соответствует свой мир, эквивалентный в концепции мультиверсума отдельной вселенной, «пузырю» пространства-времени, имеющий свои физические формы материи, свои физические и геометрические законы и т.п. По крайней мере, на современном этапе развития теории струн/М-теории не существует однозначного теоретического механизма сведения многомерной физической струнной реальности к наблюдаемым нами физическим чувственным формам материи и пространства-времени. В силу этого сторонниками антропного решения этой проблемы утверждается, что множество метастабильных ложных вакуумов (множество миров) существуют актуально, а мы живём в одном из них, поскольку его свойства благоприятны для нашего существования. С лёгкой руки Леонарда Сасскинда эта проблема получила название «проблема ландшафта» теории струн/М-теории. Под «ландшафтом» здесь понимается¹⁵¹ совокупность всех возможных четырёхмерных¹⁵² миров (вселенных - пузырей). Спор, который возник в связи с этой проблемой среди специалистов, носит скорее методологический (с оттенком онтологии) характер и касается того, существует актуально или нет множество метастабильных вакуумов (миров), если же да, то достаточно или нет антропного объяснения, который и предложил Леонард Сасскинд, для решения этой проблемы. Перспективы этого спора сейчас не берется предсказать никто, поскольку, как отмечает тот же Д. Гросс, теория струн/М-теория ещё очень далека от своего завершения, в том числе и в своих космологических приложениях, однако сам факт его наличия говорит: во-первых, идея множественности представлений физической реальности или мультиверсальности проникает в самые основы физического знания¹⁵³, и во-вторых, «наличие» антропного объяснения в космологии и связанной с ней теории струн/М-теории, проблема наблюдателя в квантовой физике, проблема операциональных

¹⁵⁰ В терминологии теории струн/М-теории речь идёт о таком большом количестве так называемых метастабильных ложных вакуумах с положительной космологической постоянной Λ .

¹⁵¹ Сасскинд говорит о том, что зависимость потенциала от скалярного поля в этом случае графически будет представлять собой «гористую местность», которая заполнена «горами» (максимумами) и «впадинами» (минимумами). Каждой «впадине» (локальному минимуму потенциала) соответствует свой мир (пузырь), поэтому вся эта «картина» и названа ландшафтом. См. [200, стр. 1-2].

¹⁵² Проблема ландшафта не учитывает возможность редукции многомерной физической реальности к физической реальности меньшего, но не равного четырём количества размерностей, поскольку такая реальность не дана нам в чувственном опыте. Однако в контексте антропного решения проблемы ландшафта такой подход так же представляет теоретический интерес.

¹⁵³ Насколько оно приживётся – покажет время.

измерений в ОТО и СТО говорит о том, что физическое знание приобретает всё более заметную «антропологическую составляющую», вне которой физико-космологическое знание не может в полной мере раскрыть своё научное содержание. Впрочем, анализу собственно антропного принципа будет посвящён следующий параграф, а сейчас мы кратко подведём итоги становлению и развитию космологических концептов – космос, Вселенная, мир в науке XX и XXI столетий.

Рассматривая концепт космоса, Вселенной и мира в целом, которые в представлении универсума в значительной степени отождествлялись, можно констатировать, что со времён античности и вплоть XX столетия этот концепт формировался от непосредственной чувственной данности, наполняясь, по мере развития науки, новыми содержательными чертами. Говоря языком формальной логики, космос как объект исследования и анализа, а значит как логический субъект S , был дан нам, прежде всего, чувственно, а при помощи теоретических и эмпирических исследований мы раскрывали его содержание. С этой точки зрения, Вселенную как единое целое можно было рассматривать как субстанцию, как аристотелевскую «*вещь*» данную нам, прежде всего, непосредственно чувственно. Такой подход в космологии целиком и полностью укладывался в субстанциональную онтологическую схему оснований физических знаний, в которой субстанция (логический субъект S) раскладывался в предикативный ряд $S = \sum P_i$, причём P_i могли носить как эмпирический, так и теоретический характер. Одним из теоретических предикатов можно назвать принцип, вошедший в науку после эпохи Коперника и названный принципом Коперника (иногда ещё называемый принципом Бруно, а также космологическим принципом). Согласно этому принципу Вселенная, вне зависимости от местоположения наблюдателя, везде одна и та же. В ней не существует «особых мест», из которых картина мира «виделась» бы принципиально иной, чем из других. Именно такой подход лежит в основе концепции универсума (за исключением античной концепции конечного космоса) и предполагает собой представление об однородности и изотропии Вселенной.

Ситуация существенным образом изменилась с возникновением и развитием релятивистской космологии. И хотя стационарная модель Эйнштейна, модели де Ситтера и Фридмана строились исходя из предположения об однородности и изотропии пространства Вселенной и охватывали собой наблюдаемую часть Вселенной (Метагалактику), предполагая, что ненаблюдаемая часть тождественна

венна наблюдаемой, проблемы релятивистской космологии, о которых говорилось выше, показали неэффективность и исчерпаемость такого подхода. В масштабах описания, выйдя далеко за рамки непосредственных чувственных данных, мы тем самым теряем субстанциональность Вселенной и её целостную чувственную данность. Теперь объекты исследования S не даны нам непосредственно, и задачей исследования не является их разложение $S = \sum P_i$. С приходом и утверждением инфляционной парадигмы мы вынуждены *конструировать* космологические концепты из имеющихся в нашем распоряжении чувственных и теоретических предикатов согласно закону $S = f(P_i)$. При этом функция f играет ту же роль, что и в сугубо физических концептах, подразумевая, прежде всего, логические нормы, правила и принципы. В силу специфики космологии, её опору на астрономические наблюдения, которые, в отличие от микромира, недостаточно «удалены» от повседневного человеческого опыта, в котором «работает» логика Аристотеля, на современном этапе в генезисе основных космологических концептов, по крайней мере, до настоящего времени под функцией f можно понимать те же логические законы, которые использовались и при разложении в предикативный ряд в предшествующей онтологической парадигме. Однако переход от одной парадигмы к другой всё-таки имел последствия, которые заключались в разведении до этого синонимичных понятий «космос», «Вселенная», «мир». Каждое из них сконструировано из своих предикатов. Понятие «космос», после начала космической эры, носит в основном прикладной характер и под ним понимается та внеземная реальность, которую человек *практически* познает и осваивает в процессе своей жизнедеятельности. Понятия «ближний космос», «дальний космос», «открытый космос» как раз и характеризуют такое его понимание.

Понятие «Вселенная» отождествляется с нашим пузырём или доменом – областью пространства, которая имеет те же физические и пространственно-временные характеристики, что и непосредственно наблюдаемая нами область. Тёмная энергия, скрытая масса, относительная плотность, постоянная Хаббла, микроволновое излучение, инфляционное расширение и другое – вот те предикаты, из которых сконструирован данный логический субъект S . Эти составляющие носят как теоретический, так и эмпирический характер, и равнозначны в генезисе этого понятия. Определение содержания понятия «Вселенной» в этом смысле зависит от них функционально, и в случае каких либо трансформаций в них, трансформируется и представление о Вселенной в целом. Так было, например, с откры-

тием тёмной энергии, которое существенным образом заставило пересмотреть концепцию Вселенной. Собственно, это уже было очевидно в релятивистской космологии, где значение средней плотности определяло модель Вселенной в целом. В настоящее время количество таких параметров увеличилось (появилась, например, зависимость модели Вселенной от параметра ω или наблюдений и параметров микроволнового фона), а концепт «Вселенной в целом» стал функцией многих переменных.

Понятие «мир в целом», в связи с развитием мультиверсальных представлений, также претерпело существенные трансформации. Оно приняло разные формы (например, гига-мир, мультиверсум), однако единого общепринятого термина, описывающего эту реальность, ещё нет. В отличие от понятий «космос» и «Вселенная» этот концепт целиком и полностью «вошел» во «внеэмпирическую область» и предикаты, от которых он функционально зависит, в подавляющем большинстве носят теоретический характер. Однако, в силу специфики этого понятия, которое, «интегрируя», охватывает собой все мыслимые (и даже немыслимые) формы физической реальности, в будущем вполне может возникнуть вопрос о пересмотре вида функции f и постановки вопроса о необходимости введения в рассмотрение новых типов и видов логик, отличных от логики Аристотеля именно в контексте развития представлений о мире в целом. Это отдалённые перспективы, а сейчас мы перейдём к рассмотрению ещё одной проблемы современной науки, связанной с развитием и в определённом смысле трансформации концепта «человек».

2.8. Антропный принцип и современная физико-космологическая картина мира

Очевидно, что концепт «человек» слишком сложен и «многопараметричен», чтобы рассматривать его полностью в одном параграфе или даже монографии. В контексте тематики данной работы нас будут, прежде всего, интересовать его не социальная и биологическая природа, а те предикаты (свойства), которые характеризуют его и определяются только во взаимосвязи с физической и космологической реальностью, которая и является предметом исследования данной работы. Эти свойства в большинстве своём носят опосредованный характер, поскольку они определяют не только физические процессы, с которыми человек связан непосредственно, и которые определяют его самого и его бытие, но также химические, биологические и социальные, которые также в значительной мере

определяют сущность человека. Значимость названных свойств или отношений, характеризующих взаимосвязь концепта «человек» и концептов «Вселенная», «мир», в генезисе понятия «человек» и раскрытии его содержания стала ясна не сразу. Это результат развития науки XX столетия, хотя сама постановка вопросов: что есть человек?, каково его место в мире?, каково его предназначение и что ожидает его в будущем? – уходит корнями ещё в седую древность. Мысль о том, что наиболее полный ответ на подобные вопросы можно получить, имея достаточно широкое представление о том, что представляет собой окружающий мир, была высказана ещё в античности. В частности Платон показывает, что вопрос о природе человека, требует для своего решения именно самых общих представлений о мире, которые он и описывает в заключительной 10-ой книге «Государства» и «Тимее»¹⁵⁴. Тот же самый подход в познании человеческой природы наблюдался и в Новое Время. Как пример можно указать Джордано Бруно с его работами «О причине, начале и едином» и «О бесконечности, вселенной и мирах» [21], [22]. Однако, несмотря на подход, используемый Платоном, Дж. Бруно и некоторыми другими философами, в целом взаимосвязь концептов «человек» и «Вселенная» носила скорее не научный, а мифологический характер, оставаясь связью на уровне аналогий, параллелей, расплывчатых, неопределённых образов и т. п.

Существенным образом ситуация в этом вопросе стала меняться со второй половины XX столетия, когда естественные науки в своём развитии дошли до определённого уровня и смогли зафиксировать, прежде всего, *физические* связи между концептами «человек» и «Вселенная», и даже выразить их количественно. Фиксация совокупности этих связей в научной литературе получила название антропного принципа.

В самом общем виде суть антропного принципа заключается в том, что если рассматривать *человека* и человеческое сообщество как *сложную, высокоорганизованную систему*, то необходимо констатировать, что для существования такой системы *необходим* целый комплекс *особых, специфических условий*, которые касаются всех уровней организации материи: прежде всего физического, который в значительной мере определяет «параметры» химического, биологического и социального. Иными словами, сложные, высоко-

¹⁵⁴ Как отмечает сам Платон: «Мы решили, что, коль скоро Тимей являет собой среди нас самого глубокого знатока астрономии, и главным своим занятием сделал познание природы всех вещей, он и будет говорить первым, начав с возникновения космоса и закончив природой человека» – Тимей, 27-b.

организованные системы, к которым относятся человек и человеческое сообщество, могут *возникнуть и развиваться* при некоторых, строго определённых внешних условиях, причём спектр вариации этих условий весьма ограничен. Впервые на это обстоятельство обратили внимание советские учёные А.Л. Зельманов и Г.М. Идлис, а так же британец Роберт Дикке. А.Л. Зельманов сформулировал тезис о том, что «... мы являемся свидетелями процессов определённого типа потому, что процессы иного типа протекают без свидетелей» [42, стр.396.], а Г.М. Идлис отмечал: «Мы наблюдаем заведомо не произвольную область Вселенной, а ту, особая структура которой сделала её пригодной для возникновения и развития жизни» [46, стр.396]. Примерно то же отметил и Дикке в своей работе [153]. Позднее эту тему развил, сформулировав сильный и слабый антропный принцип и дав ему естественнонаучное объяснение, британский астрофизик Б. Картер [49]. В 80-х годах XX столетия эта тематика «набирала обороты», выходили уже целые монографии. Классической считается работа Дж.Д. Барроу и Ф.Дж. Типлера [137]. С последующим развитием современных научных знаний интерес к этой тематике не ослабевал. Появились различные формулировки и интерпретации этого принципа, такие как финалистический антропный принцип, принцип соучастника, принцип целесообразности. Вместе с естественнонаучным объяснением сам Б. Картер сформулировал сильный и слабый антропный принцип¹⁵⁵. В последнее десятилетие XX столетия и в первые годы нового столетия продолжали выходить работы, в которых обращалось внимание на новые аспекты антропного принципа и его новые следствия и интерпретации. В этом же ряду стоит монография известного физика и космолога М. Риса [99]. В ней он делает попытку обобщить и систематизировать основные *физические и космологические* факторы, о которых в настоящее время можно с достоверностью говорить, что они существенным образом влияют на существование высокоорганизованной системы – человека. Однако эта попытка ещё очень далека до решения этой задачи. Окружающий нас мир настолько сложен и многообразен, что подобная задача не решится и в десятках монографий. Стремительное развитие современной науки вскрывает всё новые и новые объекты, виды и типы связей в природе, которые по прошествии совсем небольшого промежутка времени осознаются как ключевые связи в системе Человек – Вселенная. Кроме того, природные связи и факторы, определяющие человеческое бытие, носят не только глобальный и фундаментальный, «вселенский», но

¹⁵⁵ Подробнее см. [47].

и локально-астрономический, и даже геофизический характер. Эти обстоятельства делают обоснованной попытку последовательно систематизировать взаимосвязь основных факторов, определяющих возникновение, существование и развитие человека как высокоорганизованной системы и относящихся к различным уровням организации материи. Или, иначе говоря, привести в систему различные предикаты, определяющие концепт «человек» именно с точки зрения антропного принципа, т.е. его взаимосвязи с физическими формами реальности. Эта система представляет собой совокупность нескольких уровней:

А. Физический уровень организации материи является самым фундаментальным уровнем, в значительной степени определяющим все остальные. В контексте рассматриваемого вопроса можно даже утверждать, что в раскрытии содержания понятия «человек» в его взаимосвязи со Вселенной, он играет ключевую роль, хотя конечно эта взаимосвязь не ограничивается только им. Сам человек, и окружающий его мир есть, кроме всего прочего, *физическая система*, подчиняющаяся определённым физическим закономерностям. Кроме того, этим же закономерностям подчиняются и *связи* между человеком и окружающим его миром. И в отсутствие или в изменении этих закономерностей речь о существовании человека может вообще не идти.

Сам физический уровень организации материи, как уже было сказано выше, условно можно представит в виде двух подуровней – вещества и поля (определённого типа взаимодействия между веществом). Свойства поля и свойства вещества, как можно будет увидеть ниже, являясь необходимыми для существования человека как сложной высокоорганизованной системы.

Слабое взаимодействие «ответственно» за все медленные распады элементарных частиц. Слабое взаимодействие в достаточно значительной степени определяет всё разнообразие элементарных частиц, которые являются «строительным материалом» для более крупных систем, из которых состоит всё вещество – атомов. Вся сложность и разнообразие самих элементарных частиц и процессов взаимодействия между ними, было рассмотрено выше. Здесь можно отметить, что даже относительно небольшое нарушение баланса этого взаимодействия (порядка 15-20 %), приведёт к нарушению баланса и равновесия между самими частицами и, как следствие этого, к существенному изменению или даже разрушению всей системы взаимодействия элементарных частиц, определяющей макромир, к которому относится и человек.

Сильное, или внутриядерное взаимодействие, ответственно за взаимодействие протона и нейтрона внутри атомного ядра, а также за термоядерные реакции, при которых происходит синтез элементов тяжелее водорода и гелия. Очевидна первостепенная значимость этого вида взаимодействия. Атомные ядра являются основой тех «первокирпичиков», из которых состоят все стабильно существующие сложные высокоорганизованные системы. Можно с уверенностью утверждать, что основу такого стабильного существования закладывает именно определённый баланс сильного взаимодействия. Кроме того, этот же баланс определяет и осуществление термоядерных реакций, без которых говорить о многообразии химических элементов просто не представлялось бы возможным.

Электромагнитное взаимодействие – взаимодействие электростатических и магнитных зарядов. Характеризуется несколькими постоянными, основной из которых является скорость электромагнитной волны (света) в вакууме c , как максимальная скорость передачи любого сигнала (информации). Оно лежит в основе почти всех процессов и явлений вокруг нас – физических, химических и биологических. В частности, именно электромагнитное взаимодействие обеспечивает взаимосвязь клеток организма, создаёт «защитный пояс» Земли от космических частиц и лучей высоких энергий. Кроме того, это взаимодействие играет ключевую роль в «завершении» строительства атомов. Именно электромагнитное взаимодействие ответственно за взаимодействие между электронами и протонами в атоме. И именно определённый баланс этого взаимодействия с сильным взаимодействием позволяет стабильно существовать сложной системе: нуклоны (протоны + нейтроны) + электрон.

Гравитационное взаимодействие. Самое универсальное взаимодействие, т.к. в нём участвуют все частицы вещества, и, соответственно, проявляется во всех пространственных масштабах. Характеризуется постоянной тяготения. В силу своего «слабодействия» оно играет ключевую роль на астрономических и космологических масштабах, и во всех подобных процессах, в том числе и в тех, от которых существенным образом зависит существование биологического уровня организации материи, и его составной части – человека. Рассмотрим основные процессы. Во-первых, гравитационное взаимодействие ответственно за существование всех астрономических систем, в том числе и Солнечной. Именно баланс гравитационных сил обеспечивает стабильное движение планет (в том числе и Земли) вокруг Солнца по замкнутым орбитам. Этот фактор является одним

из самых основных для возникновения жизни, поскольку феномен жизни возможен только при наличии процесса метаболизма – «прокачки» энергии через открытую систему¹⁵⁶. Жизнь на Земле существует порядка 3,8 миллиардов лет, и всё это время её существование и развитие обеспечивалось потоком солнечной энергии. В случае отсутствия замкнутых орбит, никаких сложных форм организации материи, сложнее химической, в природе не могло бы существовать. Во-вторых, стабильность Солнечной системы зависит от стабильности её системообразующего элемента – Солнца. Стабильное существование Солнца определяется балансом сил гравитационного взаимодействия и давления плазмы внутри него. В случае, если бы этот баланс не был таков, каковым он является в нашей Вселенной, то Солнце «выгорело» бы слишком быстро или, наоборот, не «зажглось» бы вообще. Кроме того, гравитационное взаимодействие является основным в общей динамике эволюции Вселенной. Если бы оно было больше или меньше наблюдаемого, то Вселенная, в первом случае, слишком быстро закончила бы эволюцию в целом, и для возникновения сложных высокоорганизованных (биологических) форм материи у неё бы не осталось времени¹⁵⁷, а во втором, при медленной эволюции, во Вселенной не смогли бы образоваться ни галактики, ни звёзды. В контексте проблемы образования галактик существенным является ещё один фактор: длина волны первичных возмущений плотности тех специфических состояний материи, которые были характерны для ранней Вселенной. Для образования галактик, звёздных и планетарных систем необходим определённый баланс между гравитационным взаимодействием и первичными возмущениями плотности. В случае, если бы при том же гравитационном взаимодействии первичные возмущения были бы значительно меньше, то галактики, возможно, никогда не сформировались, а возникновение звёзд и планет было бы маловероятным. Наоборот, более сильные возмущения плотности вели бы к формированию супермассивных чёрных дыр. Наблюдаемые первичные возмущения плотности являются оптимальными для существования устойчивых астрономических систем.

¹⁵⁶ См., например, [77], [78].

¹⁵⁷ Солнце является звездой второго поколения, которое сформировалась из остатков уже «сгоревшей» звезды, (или нескольких звезд) вследствие чего первичное протосолнечное облако было обогащено тяжёлыми химическими элементами, что явилось необходимым условием для возникновения жизни.

*Размерность пространства-времени*¹⁵⁸. Этот фактор был вынесен отдельным подпунктом, поскольку он является существенным для двух последних взаимодействий – электромагнитного и гравитационного. Было установлено, что только в трёхмерном пространстве возможен требуемый баланс. В пространстве большего числа измерений орбиты электронов вокруг ядра и планет вокруг Солнца будут не замкнуты и, следовательно, эти системы, как целое, не смогут стабильно существовать. А в их отсутствие невозможно говорить о существовании химических и биологических систем вообще, и человека в частности. В пространстве меньшего числа измерений сложные системы не смогли бы существовать по определению.

Тёмная энергия. Как уже говорилось выше, количественной характеристикой этого вида взаимодействия является космологическая постоянная Λ . Её величина составляет $\Lambda \sim 10^{-56} \text{ см}^{-2}$. В настоящую эпоху именно определённое соотношение между притягивающим гравитационным и отталкивающим космологическим взаимодействиями обеспечивает динамику эволюции Вселенной, которую мы наблюдаем. Тот факт, что во Вселенной существуют биологические и социальные системы говорит о том, что этот баланс в прошлом и настоящем благоприятен для их существования, хотя совсем нетрудно представить себе картину, когда это было бы не так.

Как уже говорилось выше, кроме *полевых форм материи*, в окружающем нас мире существуют значительное множество *частиц вещества*, отличающихся друг от друга своими характеристиками. Каждая частица участвует в одном или нескольких видах взаимодействий, поэтому их характеристиками являются различные параметры, в том числе и те, которые определяют степень участия в том или ином взаимодействии. Так масса характеризует степень участия частицы в гравитационном взаимодействии, электрический заряд – в электромагнитном, цветовые заряды – в сильном взаимодействии, и «заряд» слабого взаимодействия – в слабом. Нет необходимости рассматривать подробно все частицы и их характеристики, укажем лишь очевидно важные с точки зрения антропной тематики. К ним, безусловно, относятся частицы, составляющие атомное ядро и атом.

Существование атомного ядра обеспечивает как нуклон-нуклонным взаимодействием, так и взаимодействие кварков, которые имеют цветовой заряд, и из которых состоят протоны и нейтроны.

¹⁵⁸ На самом деле в этом подпункте речь будет идти только о размерности пространства, поскольку предположение о размерности времени $N > 1$ несколько экзотично, хотя такое предположение, особенно в контексте теории струн/М-теории формально вполне допустимо. Представляет определённый интерес, насколько такая размерность времени будет сказываться на стабильном существовании сложноорганизованных систем.

Существование атома обеспечивается электромагнитным взаимодействием между электроном и протоном. Соответственно, все эти взаимодействия находятся в балансе, что предполагает сбалансированность цветовых и электрических зарядов кварков и электрического заряда электрона. В случае, если бы соответствующие заряды этих частиц были бы немного другими (по величине), это привело бы к нарушению баланса и невозможности существования атома, а, следовательно, любых высокоорганизованных форм материи. Кроме того, все частицы вещества участвуют в гравитационном взаимодействии, и за этот процесс «ответственность несёт» их масса. В случае её изменения баланс гравитационного взаимодействия нарушился бы, и, в конечном итоге, это привело бы к тому, что Вселенная стала бы другой, не способной к возникновению и существованию сложных высокоорганизованных систем.

Мир элементарных частиц качественно разнообразен и сложен, а следовательно сложна и разнообразна взаимосвязь физических форм материи и человека. По этой теме существуют работы высококлассных специалистов¹⁵⁹. Здесь бы хотелось отметить, что развитие современной физики и космологии вскрывает всё новые и новые связи между миром элементарных частиц и условиями, необходимыми для существования человека. Как пример, можно указать недавнюю работу А. Виленкина с соавторами [190], где в контексте антропного принципа речь идёт о массе нейтрино и её влияния на образование и эволюцию галактик, без чего невозможно было бы образование звёзд и планет. Этот и многие другие аспекты данной проблемы требуют дальнейшего исследования.

Б. Химический уровень организации материи. Если рассматривать человека как сложную, высокоорганизованную систему, то необходимо признать, что химический уровень организации материи в этом рассмотрении играет не менее важную роль, чем физический уровень организации. Человек есть не только физическая, но и химическая система, состоящая из множества химических элементов и соединений. Именно химические процессы, происходящие в человеческом организме, являются теми источниками энергии, которые обеспечивают его жизнь и развитие. С точки зрения химии, для человеческого существования принципиальными являются несколько факторов:

- 1) наличие многообразия химических элементов;
- 2) наличие условий для возникновения и существования сложных химических соединений;

¹⁵⁹ См., например, [100], [101].

3) распространенность химических элементов, особо необходимых для существования жизни и человека.

Конечно, кроме этих, возможны и целый ряд других факторов, значимость которых не столь очевидна сейчас, однако может быть оценена в будущем. Рассмотрим подробнее факторы, наиболее очевидные в настоящее время.

1) наличие многообразия химических элементов. Этот фактор является ключевым и для существования жизни вообще, и человека в частности. С точки зрения химии, всякое живое, а человек тем более, есть, прежде всего, сложнейшая система сложным образом взаимодействующих химических элементов. Всего в природе встречаются 92 химических элемента, из них необходимы для нормального функционирования человеческого организма почти все, за исключением инертных газов, тяжёлых элементов¹⁶⁰, находящихся в конце периодической таблицы, и некоторых других. Можно смело утверждать, что будь химических элементов хотя бы в 2 раза меньше, существование такого феномена, как человек, было бы под большим вопросом. Наличие такого разнообразия химических элементов определяется двумя факторами:

а) *потенциальной возможностью* их существования. Эта возможность обусловлена тремя видами взаимодействий – сильным, электромагнитного и гравитационного. Будь баланс этих взаимодействий иным, и количество химических элементов вообще, и участвующих в «жизненных» процессах в том числе, было бы другим. Так, в частности, если бы электромагнитное взаимодействие было бы менее интенсивным, то его «мощности» не хватило бы, что бы удерживать те электроны, которые находятся на внешних электронных уровнях. Чем меньшим было бы электромагнитное взаимодействие, тем меньше электронов оставалось бы на внешних уровнях, и тем легче был бы самый тяжёлый химический элемент, встречающийся в природе¹⁶¹.

б) *актуальностью* их существования. Наличие широкого разнообразия химических элементов является одним из основных условий существования сложных высокоорганизованных систем во Вселенной. Между тем, на ранних этапах эволюции во Вселенной существовало всего два химических элемента – водород (H) и гелий (He). Всё

¹⁶⁰ Большая часть из этих химических элементов не только не участвует в функционировании живых систем, но и опасна для их существования. Это связано с тем, что атомы этих элементов являются нестабильными системами, в них «присутствует» «излишек энергии», который с течением времени они «скидывают» и переходят в более стабильное состояние.

¹⁶¹ Конечно, при условии, что соответствующий баланс сильного взаимодействия был бы соблюден, т.е. количество протонов в ядре равнялось количеству электронов на всех уровнях.

остальное многообразие появилось позднее, вместе с возникновением звёзд, в которых начали происходить реакции термоядерного синтеза. С точки зрения квантовой механики, процесс термоядерного синтеза представляет собой «накачку» энергией менее сложных систем (ядер лёгких элементов), вследствие чего они стремятся к усложнению и включают в себя, в дополнение к уже имеющимся протонам и нейтронам, новые, становясь уже ядрами более тяжёлых элементов, чем водород и гелий.¹⁶² В абсолютно однородной и изотропной Вселенной этот процесс происходить не мог бы, для его прохождения необходима концентрация энергии. Местом такой концентрации и становятся звёзды, где сконцентрированная гравитационная энергия через различные физические превращения «накачивает» ядра лёгких элементов. С этой точки зрения, разнообразие химических элементов определяется временем продолжительности существования звезды и температурой в её недрах. Чем дольше живёт звезда, и чем выше температура её ядра, тем больше ядер тяжёлых химических элементов она «производит». А эти факторы, в свою очередь, определяются гравитационным взаимодействием, причём его «величина» должна лежать в определённых пределах. Если бы оно было больше существующего, то эволюция Вселенной в целом и звёзд в частности происходила бы слишком быстро, и тяжёлые элементы не успевали бы образоваться в таком количестве, а если – меньше, то его «мощности» не «хватило» бы для концентрации газа и образования звёзд. Кроме того, в процессе звёздообразования, как уже было сказано выше, существенную роль играют первичные возмущения плотности.

2) наличие условий для возникновения и существования сложных химических соединений. Многообразие химических элементов является предпосылкой ещё большего многообразия – многообразия химических соединений. Именно это многообразие, с химической точки зрения, предопределяет существование более сложного уровня организации материи – биологического, включая и человека, в основании которого лежат сложные молекулярные углеродные соединения.¹⁶³ Некоторые из них достаточно широко распространены в космосе, другие более редки и уникальны. Однако их наличие возможно только при наличии условий, необходимых для

¹⁶² Увеличив количество протонов и нейтронов, атомные ядра обладают «запасом» энергии и способны присоединить к себе количество электронов, соответствующее количеству протонов. Сам процесс присоединения (рекомбинации) и, соответственно, образования электрически нейтральных атомов осуществляется только тогда, когда атомные ядра каким-либо образом покидают звезду и попадают в те физические условия, где температура ниже температуры ионизации

¹⁶³ Подробнее об этом см., например. [131].

протекания химических реакций взаимодействия элементов. Под условиями здесь, прежде всего, подразумеваются физические условия системы, в которой происходит химическая реакция, такие как температура, объём, давление и др. Можно сказать и по-другому. Для протекания любой химической реакции необходимо, чтобы энергия взаимодействующих частиц была не больше и не меньше определённого диапазона. Достаточно широкий спектр таких условий, благоприятных для протекания химических реакций образования сложных химических соединений, обусловлен двумя факторами: а) наличием во Вселенной источников энергии, в первую очередь – звёзд. б) общими процессами эволюции Вселенной. Первый фактор значим тем, что наличие во Вселенной источников энергии¹⁶⁴ создаёт в ней неравновесие физических условий, своеобразный градиент, области с различными величинами энергии (температуры), где, при наличии соответствующих химических элементов, протекают химические реакции. В то же время наличие областей с низкой энергией (например, газопылевые облака, твёрдые тела и др.), создаёт благоприятные условия для их стабильного существования. Второй фактор также весьма существенно значим, т.к. определяет среднюю энергию (температуру) во Вселенной в целом. Если бы сложился иной баланс факторов, определяющих метрическую эволюцию Вселенной¹⁶⁵, и её цикл от расширения до сжатия был бы слишком коротким, то во Вселенной не существовало бы перепадов (градиента) энергий (температур), а сложные химические соединения не образовывались.

3) распространённость химических элементов, особо необходимых для существования жизни и человека. Как уже говорилось выше, значительная часть химических элементов является необходимой для существования жизни. Однако здесь мы рассмотрим только два – Углерод (С) и Водород (Н). Первый лежит в основании всех живых систем, второй является основным компонентом воды, без которой жизнь существовать не смогла бы. Между тем, широкая распространённость углерода также предполагает определённую «подстройку» на уровне сильного взаимодействия. М. Рис отмечает [99], что процесс образования ядра углерода из трёх ядер атома гелия результативен только при условии, что ядро углерода проявляет неожиданное свойство – моду колебаний с очень особой энергией. В противном случае возможность соединения трёх ядер

¹⁶⁴ Кроме звёзд, таковыми являются активные ядра галактик, аккреция вещества на массивные объекты.

¹⁶⁵ Об этих факторах см. выше.

гелия в углерод была бы столь ничтожной, что атомы углерода встречались бы очень редко, и о существовании жизни на его основе не могло бы быть и речи. В свою очередь, эта характеристика ядра углерода зависит от силы сильного взаимодействия. Если бы названная сила была меньше или больше на 1-2 %, то этого свойства не существовало. Примерно такая же «подстройка» наблюдается и для водорода. Известный специалист Пол Девис отмечает [151], что если бы сильное взаимодействие было бы только на 4% «мощнее», то при первичном нуклеосинтезе (т.е. образовании ядер лёгких элементов в начальные этапы эволюции Вселенной), первичный «суп» протонов быстро преобразовался бы в дейтерий, который весь синтезировался бы в гелий, и водорода в природе просто не существовало бы. Отсутствие водорода явилось бы существенным препятствием для возникновения и функционирования сложных высокоорганизованных систем, поскольку он является основой для многих элементов таких систем, начиная от звёзд, химических неорганических соединений, в том числе и «универсального растворителя» — воды, и заканчивая сложными органическими соединениями.

В. Биологический уровень организации материи. Человек органически включён в биосферу и является её неотъемлемой и составной частью, поэтому для его существования необходимыми (но недостаточными) являются условия, для возникновения, существования и развития жизни. В нашей Вселенной являются эти условия благоприятными, настолько, что позволяют специалистам говорить о даже биофиличности нашей Вселенной¹⁶⁶. К сожалению, несмотря на развитие современной биологии, биохимии, биофизики и других дисциплин, современная наука ещё далека от решения проблемы происхождения жизни и, следовательно, определения тех условий, которые необходимы для её появления. По этому поводу существует масса гипотез и предположений, выходит большой объём литературы¹⁶⁷, а в данной работе нет никакой возможности рассмотреть её хотя бы частично, поэтому ограничимся самым общим рассмотрением.

В процессе возникновения и эволюции жизни можно выделить два качественных скачка в организации биологической формы материи. Первый представляет собой собственно возникновение живого. Пол Девис [149] отмечает, что достоверно установлено, что жизнь на Земле уже существовала около 3,5 миллиарда лет назад и с большой долей вероятности можно говорить о том, что она зародилась приблизительно 3,8 миллиарда лет назад. Напомним, что

¹⁶⁶ См., например, [99], [150], [151] и др.

¹⁶⁷ См. хотя бы «references» по выше и ниже указанных литературных источниках.

согласно геологическим исследованиям, возраст самой Земли оценивается приблизительно в 4,6 – 4,8 миллиарда лет. Как видно, по геологическим масштабам времени, жизнь возникла относительно быстро. Для объяснения достаточно быстрого возникновения выдвигаются целый ряд гипотез, порой весьма оригинальных. Одна из них [149] обоснована Полом Девисом и предполагает, что жизнь зародилась на Марсе, где для этого были более благоприятные условия¹⁶⁸, и только впоследствии метеоритом была принесена на Землю, где начала стремительно эволюционировать. К сожалению, эта и подобные ей гипотезы очень трудны с точки зрения эмпирической проверки, в силу того, что возникновение жизни происходило очень давно и в очень специфических условиях. В удалённости от нас во времени этого события мы можем только догадываться и оценивать вероятность большинства условий, однако и среди них мы можем выделить *необходимые* (но, вероятно, недостаточные). К ним относятся: а) Наличие разнообразия химических элементов. Это разнообразие должно быть сконцентрировано в небольшой (по космическим меркам) области в процессе формирования Солнечной системы. Кроме того, газопылевое облако, из которого формировалась Солнечная система, должно быть обогащено продуктами «жизнедеятельности» более ранних звёзд, которые к тому времени уже должны были завершить цикл своей «жизни» и взорваться как сверхновые. б) Физические условия (температура, давление и др.), необходимые для протекания сложных химических реакций. Спектр таких условий может быть очень широк, поскольку широко разнообразие этих реакций. г) Более жёсткое ограничение на те же самые условия, связанное с необходимостью существования воды в жидкой фазе. Наличие жидкой воды на поверхности планеты (Земли или Марса) обуславливает два фактора – температура и давление. Напомним, что при нормальном атмосферном давлении температурное «окно» составляет всего 100 градусов. д) Наличие атмосферы или любого другого «укрытия» (например, гидросферы, ионосферы) от жёсткого высокоэнергетического космического излучения. Космические лучи высоких энергий являются смертельными для всего живого. Жизнь на Земле может существовать и развиваться только потому, что Земля обладает относительно плотной атмосферой и ионосферой, которые своими слоями защищают всё живое. Наличие достаточно плотной атмосферы является необходимым условием и для относительно узкого «температурного

¹⁶⁸ Эта благоприятность обусловлена, согласно Девису, меньшей силой тяжести и отсутствием крупных спутников, наподобие Луны, и, соответственно, отсутствием приливных сил с их стороны.

коридора» на поверхности планеты, обеспечивающего существование воды в жидкой фазе. Наличие плотной атмосферы обеспечивает и круговорот «жидкая вода – водяной пар – жидкая вода», который в её отсутствии был бы невозможен, что привело бы к полному испарению гидросферы. Очевидно, что для «реализации» всех этих моментов кроме, «глобальных» физических и космологических условий, о которых речь шла выше, необходимо ещё выполнение ряда локальных начальных условий, таких как расстояние от Земли до Солнца, химический состав Земли, наличие у неё достаточно массивного спутника (Луны). Последний фактор для эволюции Земли и формирования на ней физико-химических условий (наличие атмосферы и гидросферы в частности), благоприятных для возникновения и существования жизни является весьма важным [106]. Насколько эти условия уникальны для планеты Земля покажут будущие исследования планет вне Солнечной системы, которые сейчас активно развиваются, однако вполне может быть и так, что малая распространенность жизни во Вселенной (которая так пока и не обнаружена), определяется уникальностью сочетания локальных, а не глобальных «биофизических» факторов, всю полноту которых мы ещё не вполне можем оценить.

Однако жизнь зародилась, и длительное время существовала только в одной форме – в виде одноклеточных организмов. Второй качественный скачок в организации биологической формы материи связан с возникновением многоклеточных организмов, вершиной эволюции которых по праву можно считать человека. Сами многоклеточные возникли приблизительно 500 – 600 миллионов лет назад, и за это время достигли очень развитых и совершенных форм. К сожалению, об их возникновении можно высказываться только гипотетически, знанием достоверных факторов, приведших к их возникновению, современная наука не располагает. Кроме вышеупомянутых общих факторов, необходимых для существования жизни, в «игру» вступили другие, до этого не проявлявшие себя. Можно утверждать, что возникновению многоклеточных предшествовал процесс *колониальности*, под которым подразумевается морфологическое объединение нескольких особей общим образованием, а иногда путём срастания в индивидуум высшего порядка [40]. Что заставило одноклеточных объединяться, достоверно не известно. Можно выдвинуть самые общие предположения, что в силу изменившихся условий это стало им энергетически выгодней, т.е. в таком, объединенном состоянии функционирования каждого из организмов было менее энергозатратно. Такими изменившимися

условиями могло стать изменение климата, вызванное циклическим (с циклом 500 миллионов лет) дрейфом материков. Возможно, 600 миллионов лет назад, по этой причине, на Земле сложился определённый баланс между соотношением сухопутной и водной поверхности планеты. Вследствие этого изменилась отражательная способность Земли в целом, изменился баланс поглощенной и отражённой солнечной энергии, а количество поглощенной энергии оказалось благоприятным для существования и развития многоклеточных организмов. Кроме того, внешним фактором, повлиявшим на возникновение многоклеточных, могло быть влияние продуктов жизнедеятельности одноклеточных на окружающую среду, и как следствие, изменение этой среды. Но эти, и другие предположения требуют ещё глубокого и всестороннего анализа. Не менее загадочна и дальнейшая эволюция. Классическая дарвиновская концепция XIX века утверждает, что эволюция многоклеточных организмов носила линейный и поступательный характер. И если для представителей флоры (растительного мира) такие взгляды более-менее подтверждались геологическими данными, то для фауны (мира животных) такие взгляды постепенно входили в противоречие с эмпирическим материалом. По мере развития эмпирических данных палеонтологии, всё больше вызывало удивление отсутствие в ископаемых остатках переходных форм от одного вида к другому. Обнаруживались только стабильно существующие виды, между тем как теория постепенной эволюции – накопления генетических мутаций – говорила о том, что переходные формы должны были существовать в истории биологической эволюции. Подобное несоответствие широко использовалось критиками дарвинизма, и, в первую очередь, с позиций креационизма, утверждавшего божественное творение всего, в том числе и живого. Постепенное развитие палеонтологии всё большее выявляло это противоречие. Как оказалось, всё морфологическое многообразие фауны возникло в так называемый «кембрийский взрыв», который произошёл около 530 миллионов лет назад, и продолжался всего (по последним данным) порядка 5 миллионов лет. За это непродолжительное по геологическим меркам время возникло всё то анатомическое многообразие многоклеточных животных, которые существуют сейчас и существовали в прошлом. После этого новых морфологических (анатомических) «конструкций» животной жизни не возникало, шло только развитие или вымирание уже существующих [159]. Самые последние данные говорят о наличии ещё одного «авалонского взрыва», случившегося на тридцать миллионов лет

раньше кембрийского и который характеризуется как «неудачный эксперимент природы», поскольку все животные формы, возникшие в его результате, погибли ещё до «кембрийского взрыва» [199]. Насколько обоснована такая точка зрения, покажут дальнейшие исследования, однако очевидно: и в случае с кембрийским взрывом, и в случае с авалонским в эволюцию многоклеточных вмешались определённые гео-климатические факторы, достаточно уникальные, что бы повторяться в дальнейшем, поскольку «следов» иных «взрывов» пока не обнаружено. Уникальность этих факторов также может существенным образом ограничивать распространение феномена сложноорганизованной жизни во Вселенной.

Г. Социальный уровень организации материи. Третий качественный скачок в структуре биологической организации материи связан с возникновением человека и общества. Это событие отстоит от нас приблизительно на 3,5 – 3 миллиона лет назад. Об этом событии информации у нас значительно больше, чем о возникновении жизни и многоклеточных, поэтому о многих факторах, повлиявших на процесс антропосоциогенезиса, мы можем говорить с достаточно высокой степенью вероятности [5].

Прежде всего, необходимо отметить, что человек, как биологический вид, обладает целым рядом недостатков, который его делает совершенно неконкурентноспособным по отношению к другим видам. Он не обладает специальными средствами защиты и нападения, особенными физическими способностями, его детёныши длительный период времени зависят от родителей и не способны к самостоятельной жизни и т.п. Поэтому, конечно же, в конкуренции с особо свирепыми и сильными видами человек был бы в заведомом проигрыше и не смог не только развиваться, но и существовать. Иными словами, такой биологический вид, как человек, мог возникнуть только в особых условиях, к которым он смог приспособиться, а опасные для него виды нет. К этим условиям относятся изменения климата, которые связаны с дрейфом материков, изменением соотношения площади суши и моря, уменьшением поверхности мирового океана, и, как следствие, понижением влажности воздуха, что привело к уменьшению осадков и площади джунглей, наступлению саван, пустынь и полупустынь. Вследствие этого существенно уменьшалась пищевая база для травоядных, что вызвало уменьшение количества самих травоядных, что привело к исчезновению крупных и свирепых хищников. Таким образом, в целом оскудение природы было благоприятно для человека, относительно жёсткие природные условия (по температуре, влажности, давлению и т.п.) «расчистили

дорогу» для его развития. В то же время эти условия и, в первую очередь, температура были не столь жесткие для него, они обеспечивали человеку наличие пищевых ресурсов и определённый температурный режим окружающей среды, совместимый с существованием человека¹⁶⁹. На ранних стадиях своей эволюции человек с его скромными орудиями труда и слабой коллективной организацией не смог бы противостоять серьёзным вызовам природы. Таким образом, можно заключить, что для возникновения и развития человека необходим относительно узкий спектр физических условий, имеющих, кроме вышерассмотренных глобальных, фундаментальных характеристик, ещё локальные (в космологических масштабах) свойства, связанные с планетарными условиями Земли. Также здесь хотелось бы отметить ещё одну особенность геофизических условий, сыгравшую важную роль на более поздних этапах эволюции человеческого сообщества, а именно в современную техногенную эпоху. Начиная с конца XIX столетия стремительное развитие техногенной человеческой цивилизации требовало легкодоступного источника энергии. И такой источник был найден в лице углеводородного сырья – угля, нефти, газа. Можно смело утверждать, что в отсутствии такого источника развитие научно-технического прогресса и в целом человечества не достигло бы современного уровня. Все остальные источники энергии являются гораздо более труднодоступными¹⁷⁰, чем углеводородное сырьё. Между тем наличие углеводородных источников сырья не является обязательным условием эволюции Земли и её биосферы. Они представляют собой своеобразный «снаряд времени», заложенный во времена тёплого, влажного климата, крайне благоприятного для существования больших объёмов и масс флоры и фауны. Именно буйная растительность и обильный животный мир (в том числе и микроорганизмы) каменноугольного и смежных с ним периодов обеспечила те богатейшие запасы органического сырья, которым мы обязаны своим современным развитием. Но, как уже говорилось выше, эпоха влажного и тёплого климата была, вероятно, обусловлена дрейфом материков, и связанным с этим перераспределением баланса отражённой и поглощенной солнечной энергии, и в некотором смысле, являлась случайным фактором.

¹⁶⁹ Напомним, что фактически на протяжении всего своего существования человек был жестким образом связан с непосредственно окружающей его природой. Огнём он научился пользоваться около 1 миллиона лет назад, добывать его около 250 тыс. лет назад, а переход от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству человек осуществил только около 10 тыс. лет назад, а только 5 тысяч лет назад возник городской образ жизни. Всё это время малейшие природные колебания, имеющие следствием похолодание и неурожай или засуху, могли привести к его гибели.

¹⁷⁰ Т. е. требуют больших затрат труда на 1 Дж. энергии.

Таким, в самых общих чертах, является комплекс физических, космологических, геофизических и других природных условий, необходимых для возникновения и существования сложных высокоорганизованных систем — человека и человеческого общества. Обобщая всё вышесказанное, можно утверждать, что Вселенная, в которой мы живём, и в глобальных, и в локальных масштабах в значительной степени «подстроена» под существование сложных, высокоорганизованных систем, каковой является и человек. Как только был осознан этот факт, сразу же стал вопрос о причинах этой «подстройки». Здесь возможно несколько ответов:

1. Вся совокупность этих факторов сложилась случайным образом. Однако, это очень маловероятное событие. По утверждению теолога В. Крейга [53], его вероятность составляет 10^{-123} .

2. Вся совокупность этих факторов сложилась при целенаправленном воздействии. Это воздействие осуществил Бог, и всё вышесказанное является доказательством существования Бога.

3. Вся совокупность этих факторов сложилась *статистически случайным* образом. Если существует одна Вселенная, то вероятность наличия у неё биофиличных свойств равна 10^{-123} . Однако если существует 10^{123} вселенных, то с вероятностью ~ 1 можно утверждать, что хотя бы в одной из них будут свойства, благоприятные для существования сложных, высокоорганизованных систем. В других вселенных будут другие свойства, возможно, неблагоприятные для существования человека. Впервые эту мысль высказал Б.Картер¹⁷¹, предложив для объяснения антропного принципа идею «ансамбля миров». Однако картеровская гипотеза до самого конца XX столетия оставалась спекулятивным предположением, пока советский физик А.Д. Линде не предложил теорию «хаотической инфляции» (о которой уже говорилось выше), которая описывала *физические механизмы* возникновения множественности вселенных. В этом же ключе продолжается и развитие серии струн/М-теории, которая, как уже говорилось выше, «выходит» на мультиверсальное виденье мира. А это значит, что принципы качественного многообразия объективной действительности являются не случайными, а характеризуют определённую тенденцию определённого развития наших знаний об окружающем мире, связанную с генезисом новой онтологической парадигмы в основаниях физического знания. Впрочем, сама эта парадигма станет предметом детального анализа в следующем разделе, а сейчас мы подведём краткие итоги относительно

¹⁷¹ См. [49].

изменения и трансформации понятия «человек» в связи с развитием физики и космологии.

Несмотря на то, что концепт «человек» относится к одному из самых первых, ещё архаичных концептов человеческого сознания, развитие современного естествознания существенным образом изменило его. Человек как чувственная данность, как целостный предмет рассмотрения и описания ещё со времён мифа и первых шагов религии, как субстанция в аристотелевском смысле, содержание которой необходимо описать через его свойства, т.е. разложить в предикативный ряд $S = \sum P_i$, в контексте современного естествознания через утверждение антропного принципа кардинально переопределяется. В конце XX века современная наука позволила расширить понимание человеческой сущности. Концепт «человека» можно рассматривать не только как онтологически самостоятельную сущность, и не только как «функцию» (зависимость) от социальных связей и отношений, но и как «функцию» (зависимость) от совокупности природных факторов и условий. Эти факторы и условия являются *весьма специфичными* и носят как глобальный, онтологический (физические взаимодействия и частицы, космологические условия), так и локальный (например, геофизические условия) характер. В его контексте банальная мысль: «человек – дитя природы» наполняется новым смыслом – человек, как малое дитя, целиком и полностью зависит от окружающего его мира. С полным правом этот концепт теперь представим как $S = f(P_j)$, где P_j – именно те самые физико-космологические характеристики окружающего мира, зависимость от которых для человека и определяет антропный принцип. Однако, как ни странно это может показаться на первый взгляд, эта зависимость имеет не только прямой, но и обратный характер. Антропным принципом (как собственно и всем развитием физико-космологического знания, представленного в данной работе) не только физико-космологическая реальность включается в концепт человека, но и человек, его сознание, в определённом смысле выступает «творцом» объективного бытия, своеобразным «конструктором» физических объектов. Именно это положение является одним из основных свойств формирующейся в современном естествознании и, прежде всего в физике и космологии, онтологических оснований научного (физического и космологического) знаний. Анализ, описанию механизмов функционирования этой парадигмы и формулировке её основных принципов и будет посвящен следующий, последний раздел данной работы.

3.ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И КОСМОЛОГИИ

3.1.Множественность как онтологическая категория

Как было показано выше, современные физические представления об окружающем мире (теснейшим образом связаны с космологией) за последние десятилетия XX столетия претерпели существенную трансформацию. Впервые за всю историю физических знаний сформировалось представление о физической реальности как *множественной качественной неоднородности*, упорядоченной только в «локальных»¹⁷² масштабах, в которых физическая реальность однородна и унифицирована, и которая вне этих масштабов хаотична. Напомним, что к таким выводам приводят три, появившихся независимо друг от друга, физических теоретических концепции, которые описывают мир в предельно больших масштабах, далеко выходящих за рамки эмпирического опыта и в силу этого не имеющих эмпирического обоснования. К ним относятся:

1. Концепция мультиверсума А. Линде
2. Концепция ландшафта теории струн
3. Антропный принцип.

Все они были разобраны и проанализированы выше, сейчас же необходимо отметить, что: во-первых, все они имеют онтологическую составляющую и онтологический вес, поскольку ставят и решают вопрос о предельно общих формах и видах физического бытия, а, во-вторых, и именно поэтому, их следствием является положение, которое можно сформулировать как «принцип онтологизации множественности». С полным правом можно заявить, что следствие в виде этого принципа является не случайным стечением обстоятельств, а закономерным развитием не только физического знания, но и науки вообще. Как отмечает А.Н. Павленко: «Не может не вызывать удивления тот факт, что приход современной космологии, а в её лице и всей современной физики, к идеи *множественности миров*, оказывается поразительно коррелирующим с аналогичным включением «множественности» как онтологической характеристики в антропологию, методологию науки, философию, искусство и другие сферы человеческой жизни. Это значит, что «множество» именно как облик и черта реальности, в отношении которого «хаос» является истоком, приходит к господству независимо от воли и желания отдельных людей» [91, стр.52.]. Вынося за рамки рассмот-

¹⁷² Термин «локальный» взят здесь в кавычки потому, что эта локальность выходит далеко за рамки эмпирического человеческого восприятия.

рения все иные, нефизические формы знания, в данном случае, мы сосредоточим внимание на реализации этого принципа в современной физике.

Согласно этому принципу «бытие в своих физических формах есть множество». Разумеется, в контексте развития и становления онтологической мысли этот принцип далеко не нов, целый ряд онтологических систем ещё в античной Греции, например атомисты, рассматривали его как основу. Однако как было рассмотрено ещё в первой части, онтологические системы, пытавшиеся описать реальность природы (т.е. физическую реальность) и базирующиеся на этом принципе, носили умозрительный и спекулятивный характер. Уникальность нынешней ситуации заключается в том, что этот принцип появляется из концепций, опирающихся (или, по крайней мере, пытающихся это делать) на эмпирический материал. Появление множественности как онтологической категории в основании физического знания и дальнейшее осознание её роли и значимости способно существенным образом трансформировать само физическое знание, переоценить его, пересмотрев критерии научности, критерии истины, выхолостив из неё эмпирическую составляющую, как это делает Макс Тигмарк [205] в своей концепции «математическая Вселенная», или же вообще встать на позиции агностицизма, отрицая какие-либо перспективы научного познания, как это делает Джон Хорган [123]. Впрочем, анализ различных следствий из принципа онтологизации множественности в приложении к современному физическому знанию не является целью данной работы, особый интерес в её контексте представляет «механизм» «реализации» и «функционирования» множественности в рамках современного физического знания. Для этого необходимо обратиться к онтологическим истокам и основам физики, в качестве которых, как было показано выше, можно рассматривать онтологическую систему Аристотеля.

Напомним, что согласно изложенному в первой части данной работы, метафизика Аристотеля, в отличие от его предшественников, в собственной концепции бытия удачно (т.е. равнозначно) совместила чувственное и логическое содержание бытийственного концепта, откуда следовала равнозначность и взаимная обусловленность чувственных свойств бытия и их логической формы выражения. Именно эта равнозначная и взаимозависимая общность чувственного и логического образовывала субстанцию – «первичное» или «истинное» бытие, которое Аристотель отождествлял с единичными, чувственно воспринимаемыми вещами (телами), которые, в своей совокупности, и образуют концепт природы. С учётом того, что физика представ-

ляет собой учение о природе в целом, то в физическом знании чувственная составляющая субстанции была названа материей, а логическая формой. Именно единство материи и формы в субстанции «открывало дорогу» возникновению и развитию физического знания как научной дисциплины, поскольку позволяло представить это знание как взаимосвязанное единство эмпирического и теоретического (логического).

Из взаимосвязного единства материи и формы, образующего субстанцию, следует и единичность каждой из субстанций. Хотя всех субстанций множество, большинство из них имеет себе подобные: по общности признаков они группируются в роды и виды, тем не менее, каждая «первая сущность» обладает целым, единым и недифференцированным бытием, в то время как «вторая сущность» – общие признаки родов и видов, является уже «сливками разума», снявшего их с чувственной реальности. Как отмечает сам Аристотель: «Итак, сущее и единое – одно и то же, и природа у них одна... Действительно, одно и то же – «один человек» и «человек», «существующий человек» и «человек», и повторение в речи «он есть один человек» и «он есть человек» не выражает что-то разное... Кроме того, сущность каждой вещи есть «единое» не приводящим образом, и точно так же она по существу своему есть сущее» [8, стр.120 - 121]. Очевидно (и на это так же указывалось в первой части), что единство и уникальность сущего в виде каждой единичной вещи «обеспечивает» её чувственная составляющая. Эта же чувственная составляющая и определяет законы разложения сущности (логического субъекта *S*) в предикативный ряд. Действительно, наша чувственность «схватывает» вещь в её единстве, мы не можем в одном и том же месте и в одно и то же время в единстве своих чувств *чувственно воспринимать* вещь по-разному, мы не можем у неё одновременно фиксировать разный вес, разные цвета и т.п. В обосновании, в частности, закона противоречия Аристотель пишет: «...невозможно, чтобы одно и то же в одно и то же время было и не было присуще одному и тому же в одном и том же отношении ... – это конечно, самое достоверное из всех начал.... Конечно, не может кто бы то ни было считать одно и то же существующим и не существующим, как это, по мнению некоторых, утверждает Гераклит; но дело в том, что нет необходимости считать действительным то, что утверждаешь на словах» [8, стр.125]. Продолжая эту мысль Аристотеля, можно сказать, что та достоверность, о которой он говорит и определяется, прежде всего, спецификой чувственного восприятия, которая и обеспечивает нам дифференциацию единственности и уникальности единичной вещи из всего их многообразия.

Согласно мнению Аристотеля, высказанного им в первой главе трактата «О небе» [9], Вселенная представляет собой совокупность единичных тел (вещей). Однако, рассматривая Вселенную как отдельную субстанцию, как особую единичную вещь, он приходит к положению о том, что Вселенная так же единична и уникальна. Его доказательство, которое он представляет в восьмой главе того же трактата [9] построено на использовании положений своей механики, однако последним аргументом у него выступает апелляция к чувственному опыту. Ещё более очевидна аргументация в обращении к чувственному опыту при доказательстве ограниченности Вселенной и невозможности находиться чему-либо за её границами: «...если всякое чувственно-воспринимаемое тело обладает либо способностью действовать, либо способностью подвергаться действию, либо обеими, то бесконечное тело не может быть чувственно-воспринимаемым. А между тем все тела, находящиеся в пространстве, чувственно-воспринимаемы. Следовательно, вне неба не существует никакого бесконечного тела, в то же время [там не существует и тела, протяженного] до определенной границы. Следовательно, вне неба не существует вообще никакого тела. Ибо если [там есть] умопостигаемое [тело], то оно будет находиться в [определенном] месте, поскольку «вне» и «внутри» означают место. Тем самым оно будет чувственно-воспринимаемым. (Ничто не может быть чувственно-воспринимаемым иначе как в [определенном] месте.)» [9, стр.283 - 284].

Таким образом, можно утверждать, что представление о единственности и универсальности Вселенной, которое выступает базой представления о мире как об универсуме, подчиняющимся единой гармонии, сами, в свою очередь, базируются на нашей чувствительной способности воспринимать в своих чувствах, в одном месте, в одно время и в одном отношении окружающую нас реальность единственным образом. Несмотря на невероятное развитие научно-технического прогресса, происшедшее со времён Аристотеля, огромное развитие средств эмпирического взаимодействия человека с окружающим миром, это свойство чувственного восприятия человека не изменилось. Произошло и количественное и качественное расширение наших эмпирических возможностей, человек посредством приборов стал способен эмпирически воспринимать явления и микромира, и макромира, новые формы и виды материи, о существовании которых древние греки даже не подозревали (например, радиоволны). Однако, посредством прибора, эмпирически взаимодействуя с объектом исследования в данный момент времени, мы фиксируем только одни,

определённые свойства этого объекта. Наглядным примером тут может служить описанный выше корпускулярно-волновой дуализм элементарных частиц. Для частиц одного и того же класса свойства волны мы фиксируем в одном эксперименте, а свойства частицы – в другом, происходящем в другой момент времени и в других условиях. Из теоретических соображений, которые опираются на другие эмпирические данные, мы утверждаем, что различные свойства в различных условиях проявляет один и тот же класс частиц, но наши чувственные данные в каждый момент времени однозначны.

Применяя всё это к проблеме онтологизации множественности в современной физике можно заключить, что ответственным за неё является не эмпирическая, а логическая составляющая. Именно логическая форма выражения нашего эмпирического опыта потенциально содержит в себе возможность множественности его форм представления. Прежде всего, это касается понятийно-логического выражения, однако с учётом широчайшего использования в современной физике математических методов, способов, символов, очевидно, что идея множества физической реальности реализуется через математический язык. Собственно говоря, идея множественного, или альтернативного, описания реальности впервые стала «разворачиваться» в математике в начале XIX века вместе с возникновением и становлением первой неевклидовой геометрии – геометрии Лобачевского, а затем «перешла» и в другие математические разделы¹⁷³. И только в конце XX столетия в концепции теории струн и в концепции мультиверсума А. Линде идея множественности была сформулирована в теоретическом физическом знании.

Широкое использование идеи множественности и математических методов в физическом описании мира, как уже говорилось выше, стимулирует желание пересмотра концептуальных (онтологических и гносеологических) основ физического знания, как это было сделано в упоминавшейся выше концепции М. Тигмарка, которую он назвал «математическая Вселенная». Именно сочетание идеи множественности в приложении к математике, которая описывает физическую реальность и составляет её суть¹⁷⁴. Проблема, от которой он отталкивается и на решении которой строится вся его концепция, ставится ещё Аристотелем (в частности, в цитированном выше отрывке). Кратко её можно сформулировать следующим образом: если необходимым атрибутом физической реальности является наличие чувственной составляющей, то как быть в случае,

¹⁷³ См., например, [51].

¹⁷⁴ См. [205], [206].

когда наша чувственность ограничена. (В главе 1 данной работы было указано, что наше чувственное восприятие Вселенной ограничено минимум дважды: горизонтом событий (т.е. расстоянием, которое может пройти свет за время прошедшее от начала расширения Вселенной от определённой области пространства до Земли) и границами нашей Вселенной, которая отделена от других вселенных доменными стенками). Аристотель (судя по приведенной выше цитате) решает вопрос просто – где нет чувственности, там нет бытия. Очевидно, что с точки зрения современной космологии, которая уже «не может» позволить себе такую «вольность» – «обрубить» Вселенную на границах нашего чувственного познания, данное решение является неудовлетворительным, поскольку физическая реальность существует и за границами нашего чувственного опыта. Единственный выход познавать эту реальность – развивать соответствующий математический формализм. Именно этот формализм в потенции и несёт в себе множественность возможных описаний. А поскольку никаких других способов познания в данной ситуации нет, то появляется соблазн, на который и поддаётся Тигмарк, объявить логико-математическое описание высшей, или первичной, формой реальности, придав ей, в духе Платона, первичный онтологический смысл и значение. Структура физической теории выглядит следующим образом¹⁷⁵: «...теории имеют два компонента: математические уравнения и «багаж» – т.е. слова, которые объясняют, как математические уравнения привязаны к тому, что мы люди наблюдаем и интуитивно понимаем» [206, стр.1] (перевод мой – Т.Я). Тогда, в случае принятия гипотезы «математической Вселенной» Тигмарка, которое выражается в положении о том, что «Наша внешняя физическая действительность – есть математическая структура» [206, стр.1], эмпирическая составляющая сводится до вспомогательной и необязательной конструкции. «Если ГМВ (Гипотеза Математической Вселенной – Т.Я.) правильна, то [эмпирическая область] и [ряд правил соответствия, согласно которым математическая структура связывается с частями эмпирической области] являются избыточными в том смысле, что они могут, по крайней мере, в принципе, быть получены из [математической структуры]. ... Они могут рассматриваться как руководство удобного использования для определённой теории [математической структуры]»

¹⁷⁵ Структура физической теории, и в целом физического знания в представлении Тигмарка в общих чертах совпадает со структурой теории и физического знания в целом, предложенной академиком Стёпиным, согласно которому структура теоретического знания содержит эмпирическую составляющую, семантическую составляющую и составляющую математического формализма. См. [110].

[206, стр.25] (перевод мой – Т.Я.). Заметим, является вполне закономерным, то, что в этом случае и семантическая составляющая теории также приобретает подчинённый и вспомогательный характер. Таким образом, очевидно одно из возможных следствий онтологизации множественности в современной физике заключается в том, что «ответственным» за неё может быть только логико-математическая составляющая. Это, в свою очередь, предполагает онтологизацию (в духе Платона и Пифагора) математического формализма, и «деонтологизацию» эмпирической составляющей и её семантической связи с математическим формализмом.

Такая точка зрения, безусловно, сталкивается с проблемами, которые в значительной мере осознаёт и сам Тигмарк. Не вдаваясь в их анализ, отметим, что одной из них выступает теорема Гёделя о неполноте всякой формальной системы (которая и является одним из источников появления множественности в математике), и согласно которой никакая формальная система не в состоянии охватить всего возможного содержания описания каких-либо математических объектов. Ещё одной проблемой, возникающей при принятии ГМВ, будет её несоответствие фактическим обстоятельствам развития науки. Даже без исторического анализа, а, обращаясь только к современности, можно констатировать, что и в конце XX – начале XXI столетия эмпирическая составляющая продолжает играть огромную эвристическую роль, являясь «локомотивом», «движущим» за собой иматематический формализм, и семантическую составляющую. В качестве примера можно привести историю «возрождения» 1 члена уравнений Эйнштейна, который описывает «силы» отталкивания. Как уже говорилось выше, впервые он был «реанимирован» в конце 60-ых годов XX в. после наблюдений удалённых квазаров, а на рубеже веков в него «вдохнули новую жизнь» *эмпирическим* открытием ускоренного расширения Вселенной. В этом же ряду можно назвать и попытки (правда, пока безрезультатные) «выйти» на эмпирическую составляющую теории струн, запуск Большого адронного коллайдера (ЛHC) и многое другое. Всё это вместе говорит о том, что «гипотеза математической Вселенной» как следствие онтологизации множественности в современной физике, как минимум является спорной. Однако отказ от неё не решает гносеологическую проблему познания Вселенной вне наших чувственных возможностей, не снимает представления множественности как логической формы. В рамках этого представления возникает вопрос о взаимосвязи множественности как логической формы и единичного чувственного опыта, который отказом от ГМВ не решить. Но

сам Тигмарк признаёт, что ГМВ не выступает в качестве спекуляции, а имеет основание (так как он его формулирует) в виде «Гипотезы Внешней Действительности» (ГВД), согласно которой «существует внешняя физическая действительность совершенно независимая от нас, людей» [206, стр.1] (перевод мой – Т.Я.). Далее автор более полно раскрывает смысл этого утверждения: «Хотя многие физики соглашались с ГВД и посвящают свои карьеры поиску более глубокого понимания этой предполагаемой внешней действительности, ГВД не является универсально принятой, ...сторонники копенгагенской интерпретации квантовой механики могут отклонить ГВД на основании того, что нет никакой действительности без наблюдения» [206, стр.1]. Анализ этого утверждения и выявляет «проблемные места и у ГМВ, и у ГВД. Действительно, принятие этой гипотезы в применении к физической реальности эквивалентно положению Аристотеля о субстанциональном (т.е. независимом от чего-либо) существованию единичных *физических* тел. В конечной Вселенной Аристотеля, где все эти тела хотя бы *потенциально чувственно воспринимаемы*, никаких проблем не возникает, однако в современной физике, когда объекты физических исследований *принципиально находятся за границей чувственного познания* (будь это мего- или микромир), их материальная, чувственная составляющая нивелируется, сводясь к вспомогательной конструкции, а физическая реальность «превращается» в *метод* своего описания – математические конструкции. Конечно же, бесперспективность этого подхода требует более детального и глубокого исследования, однако очевидно, что избежать такого подхода можно, отказавшись от аристотелевского положения о субстанции (а значит и от ГВД в формулировке Тигмарка) по крайней мере, в современном физическом познании. Альтернативой этому будет положение об объектах физического исследования (логических субъектах S) как функциях своих предикатов P_i , из которых они конструируются по определённым законам. Эти предикаты, как уже говорилось выше, условно можно разбить на две группы: логические и эмпирические. И если на заре становления физического знания между логическими и эмпирическими предикатами существовала однозначная связь, что позволяло разлагать логический субъект S в предикативный ряд $S = \sum P_i$, то в случае, когда логическое описание выходит за границы чувственных возможностей, можно говорить о том, что логические и эмпирические предикаты становятся относительно независимыми параметрами (или аргументами) в функции $S = f(P_j, P_i)$. Наличие множественности как онтологической характеристики

подтверждает это, поскольку, как уже указывалось выше, множественность может иметь логический характер, тогда как чувственность – всегда единична. Для того чтобы, вопреки подходу, предложенному М. Тигмарком, физическое знание не превращалось в умозрительные математические конструкции, необходимо, чтобы объекты физических исследований (они же логические субъекты S), находящиеся за пределами нашего чувственного восприятия, с необходимостью *конструировались* как из логических предикатов, непосредственно относящихся к этим объектам, так и эмпирических (или чувственных) предикатов, доступных нашему чувственному восприятию, и *опосредованно* соотнесённых с реальностью, находящейся вне наших эмпирических возможностей. Именно таким подходом физика не сможет, с одной стороны, превратиться в математику, и с другой, процесс познания не встретит какие-либо «внешние» ограничения в виде принципиальных границ, за которую эмпирические возможности исследователя не распространяются. При этом, однако, нужно быть готовым к тому, что (как это произошло в квантовой механике) законы соотнесения чувственных предикатов, доступных нам, с реальностью, эмпирически нам недоступной будут отличаться от законов разложения субъекта в предикативный ряд. Последние отождествляются с законами классической (аристотелевской, формальной) логики, которая задаёт определённый тип классической рациональности. Следовательно, «платой» физики (в случае её выхода за эмпирические возможности человека) за сохранение как основы своей эмпирической составляющей будет возможность признания в ней других, не аристотелевских логических законов и возможной на их основе других типов рациональности. В самом общем случае эти типы рациональности не будут наперед заданы, а будут определяться развитием самой физики в зависимости от того, насколько «далеко» и количественно, и качественно объект физического исследования «отстоит» от реальности, доступной человеческому опыту. Возможности других законов логики, отличных от трёх классических законов: закона тождества, закона противоречия и закона исключённого третьего и будет посвящён следующий параграф.

3.2.Реляционная онтологическая парадигма и законы логики.

В рамках данной работы нет никакой необходимости детально, и даже в общих чертах рассматривать и анализировать всю современную логику. За почти две с половиной тысячи лет своего существования, а особенно за два последних столетия, с развитием

математической (символической) логики она так «широко» разрослась, что в настоящей работе, которая посвящена не логике, а онтологическим основаниям физического знания, не представляется возможным охватить её во всей полноте, тем более что автор данной работы не является специалистом по логике. Для этого существует другая, специальная литература¹⁷⁶. Предметом исследования и описания данного параграфа будет *онтология* в той её части, где она *соприкасается с логикой* и в то же время соотнесена с физическим знанием, задавая его онтологические основания, без углубления в собственно логический предмет и его онтологические основания. «Местом» такого соприкосновения как раз и будут логические законы¹⁷⁷. Несомненность этого положения очевидна. Как было показано выше, в первой главе, все три закона логики являются непосредственным следствием онтологической системы Аристотеля, его метафизики. Эти законы он называл основными принципами бытия. Напомним, что первый закон – закон тождества является следствием положения Аристотеля о неизменности формы, как логического выражения каждой субстанции. И у Платона, и у Аристотеля системообразующие признаки данного предмета не меняются, в противном случае он перестал бы быть самим собой. В силу этого понятие будет всегда тождественно самому себе, что и фиксирует этот закон. Как формулирует и аргументирует его сам Аристотель: «Если бы ... сказали бы, что слово имеет бесчисленное множество значений, то совершенно очевидно, что речь была бы невозможна; в самом деле, не означать что-то одно – значит ничего не означать; если же слова ничего [определённого] не обозначают, то конец всякому рассуждению ... ибо невозможно что-либо мыслить если не мыслят что-то одно; а если мыслить что-то одно возможно, то для него можно будет подобрать одно имя» [8, стр.127].

Два других закона – закон противоречия и закон исключённого третьего определяли «механизм» разложения в предикативный ряд. Действительно, если субъект можно представить как сумму его предикатов, тогда с необходимостью следует¹⁷⁸ что для того, что бы субъект имел какое либо логическое содержание, необходимо, чтобы

¹⁷⁶ См., например, [6].

¹⁷⁷ Относительно онтологических оснований самой логики можно указать, что кроме законов логики, которые выступают в качестве первых для логик высказывания (пропозициональных логик, «базой» которой и является логика Аристотеля), для предикативных логик (логик, учитывающих взаимосвязь субъекта и предиката в высказываниях) такими основаниями выступают и лингвистически зависимые положения о том, какого рода феномены предполагаются существующими и являются объектами рассмотрения (см. [104]).

¹⁷⁸ По крайней мере, с точки зрения здравого смысла, на которую опирались древние греки. Представления о сходимости знакопеременных рядов у них ещё не было.

члены разложения (предикаты) не могли взаимно компенсироваться, в противном случае взаимная компенсация противоречащих суждений приведёт к пустому логическому содержанию («ибо невозможно что-либо мыслить, если не мыслят что-то одно»). Таким образом, наполненный определенным логическим содержанием субъект возможен только в том случае, если среди его предикатов не будет противоречащих друг к другу, что и требует закон противоречия. Закон же исключённого третьего требует, чтобы каждое из свойств (или отношений), выраженных в предикате, полностью исчерпывались самим предикатом и не «размазывались» по другим. С соблюдением этих правил возможно полное и однозначное разложение субъекта в предикативный ряд и раскрытие его логического содержания.

Однако, если речь идёт о смене онтологической парадигмы, то возникает вопрос и об изменениях в той области онтологии, которая «примыкает» к логике, т.е. о трансформации логических законов. Действительно, отказываясь от концепции логического субъекта как некой онтологической данности, из которой мы извлекаем его свойства, разлагая первично данный субъект в предикативный ряд $S = \sum P_i$ и переходя к концепции логического субъекта как функциональной зависимости от предикатов (конструкта предикатов), где уже предикаты являются первичной онтологической данностью, т.е. $S = f(P_j)$, очевидно, что три закона формальной логики уже не будут «работать». Во-первых, закон тождества, т.е. $S \equiv S = const$, – утверждение, когда субъект является абсолютно самодостаточным и не зависит ни от каких параметров, не выполняется, в самом общем случае он зависит от предикатов, которые, в свою очередь, могут зависеть, например, от времени или от положения в пространстве, тем самым и субъект в разных обстоятельствах может быть не тождественным самому себе, о чём и говорит наличие функциональной зависимости. Если же предикаты представляют собой первичную онтологическую реальность, независимую от субъекта и в том числе и данную нам в опыте, то нет ничего удивительного в том, что опыт, как, например, это было в случае с квантовой механикой, может для одного и того же субъекта, но в разных обстоятельствах, «являть» противоречащие друг другу предикаты. В этом случае исследователю ничего не остаётся, как соединить их в субъекте вопреки закону противоречия. Правда, этого может и не быть, и тогда закон противоречия остаётся в силе, однако его нарушение или выполнение не подчиняется каким-либо принципам и в конечном итоге будет определяться опытом. Менее

очевидно, в случае принятия реляционной онтологической парадигмы, «пострадает» закон исключённого третьего. Однако в случае, когда процесс познания выходит за рамки эмпирических возможностей человека, т.е. когда чувственные и логические предикаты достаточно «далеко отстоят» друг от друга и непосредственно не коррелируют между собой, а корреляция между ними есть только опосредованная, могут возникнуть ситуации, когда эмпирическое свойство в полной мере невозможно будет выразить в одном логическом предикате, и оно вынужденно «размазано» по нескольким. В этом случае и закон исключённого третьего также не будет выполняться. Этот случай, в частности, реализуется в специальной логике квантовой механики, о которой говорилось во второй главе данной работы, а также в интуиционистской и конструктивной логике¹⁷⁹. Кроме того, этот закон не выполняется в многозначной логике, частным случаем которой является трёхзначная логика.

Однако, если законы формальной логики не выполняются, то вполне справедлив вопрос о законах, которые могли бы выполнять их функцию. Задачей данной работы не является формулировка и обоснование таких законов, тем более что такие законы, как многократно указывалось выше могут быть сформулированы и обоснованы в контексте дальнейших физических исследований специфических форм физической реальности, далеко выходящей за границы эмпирических возможностей человеческого познания. Это специальная и достаточно обширная задача, выходящая далеко за рамки данного исследования¹⁸⁰. В рассматриваемом контексте можно лишь привести примеры, что такие законы действительно могут существовать, не связывая их с физическим знанием, и не указывая их использование в физическом познании. В качестве таких наиболее известных примеров можно указать законы диалектической логики.

Общеизвестно, что законы диалектической логики впервые были описаны Гегелем в его работе «Наука логики». В этой работе он описывает три закона: закон единства и борьбы противоположностей, закон взаимного перехода количественных и качественных изменений и закон отрицания отрицания.

¹⁷⁹ Объекты конструктивной логики, также как и субъекты в реляционной онтологической парадигме, конструируются из определённых составляющих.

¹⁸⁰ Аристотелевская (и вообще, традиционная) логика – это конечная логика, с конечным, и при том весьма небольшим, количеством законов. В современной логике (как классической, так и неклассической) количество законов бесконечно. Принятие той или иной совокупности логических законов образует, как уже указывалось выше, первое онтологическое основание логики, которое, с точки зрения *самой логики*, может носить аксиоматический характер. (Подробнее см.: [6, стр.77 – 83]). Дальнейшие физические исследования могут актуализировать эти законы и перевести их из класса «возможных» в класс «действительных».

В отличие от законов логики Аристотеля, чёткой и однозначной формулировки законов диалектической логики нет, поэтому здесь мы сформулируем их таким образом, чтобы подчеркнуть их основную суть.

Закон единства и борьбы противоположностей, по мнению К. Поппера [95], является основным законом диалектики, её системообразующим «ядром». Согласно этому закону, который в значительной мере отождествляется с самой диалектикой: «Диалектика (в современном, то есть главным образом гегелевском, смысле термина) – это теория, согласно которой нечто – в частности, человеческое мышление, – в своем развитии проходит так называемую диалектическую триаду: *тезис*, *антитезис* и *синтез*. Сначала – некая идея, теория или движение, – «тезис». Тезис, скорее всего, вызовет противоположение, оппозицию, поскольку, как и большинство вещей в этом мире, он, вероятно, будет небесспорен, то есть не лишен слабых мест. Противоположная ему идея (или движение) называется «*антитезисом*», так как она направлена против первого – тезиса. Борьба между тезисом и *антитезисом* продолжается до тех пор, пока не находится такое решение, которое в каких-то отношениях выходит за рамки и тезиса, и антитезиса, признавая, однако, их относительную ценность и пытаясь сохранить их достоинства и избежать недостатков. Это решение, которое является третьим диалектическим шагом, называется *синтезом*. Однажды достигнутый, синтез, в свою очередь, может стать первой ступенью новой диалектической триады и действительно становится ею, если оказывается односторонним или неудовлетворительным по какой-то другой причине. Ведь в последнем случае снова возникнет оппозиция, а значит, синтез можно будет рассматривать как новый тезис, который породил новый антитезис. Таким образом, диалектическая триада возобновится на более высоком уровне; она может подняться и на третий уровень, когда достигнут второй синтез» [95, стр.119]. В терминах субъекта и предикатов этот закон говорит о том, что во-первых, *логический субъект* (S) не является самодостаточным всегда и везде, поскольку *синтез* по своему логическому содержанию не тождественен *тезису*. Кроме того, уже в самом законе заложено постоянное изменение субъекта, поскольку переход возникающего *синтеза* к состоянию *тезиса* не ограничен. Во-вторых, противоположности, существующие в логическом субъекте, представляют собой противоречащие предикаты, которые и определяют динамику изменения субъекта. Иными словами, этот закон прямо говорит об изменчивости *логического субъекта* и зависимости динамики этой изменчивости от свойств логического предиката, что можно представить как $S = f(P_j)$.

Следующий закон – закон взаимного перехода количественных и качественных изменений. Его суть заключается в том, что в процессе взаимодействия тезиса и антитезиса, их единства и борьбы, на определённых этапах становления синтеза количественные и качественные характеристики тезиса, антитезиса и синтеза взаимно переходят друг в друга.

Очевидно, что в случае, когда логический субъект выступает функцией от своих предикатов этот закон фиксирует, во-первых, саму функциональную природу логического субъекта, его изменчивый характер, и, во-вторых, согласно нему сами предикаты каждого из логических субъектов можно разделить на количественные ($P_{\text{к}}$) и качественные ($P_{\text{к}}$), которые образуют два множества. В этом случае закон взаимного перехода количественных и качественных изменений утверждает, что между этими двумя множествами существует функциональная зависимость $P_{\text{к}} = f(P_{\text{к}})$ и соответственно $P_{\text{к}} = f^{-1}(P_{\text{к}})$. Как правило, со времён Галилея, когда количественные предикаты стали необходимым элементом физического познания, именно они выступают независимыми аргументами, определяя и предикаты качественные, и сам логический субъект. Однако, в свою очередь, и качественные предикаты могут выступать как независимые (от количественных, но не от эмпирики) «параметры», из которых определяются количественные параметры и логический субъект. Впрочем, тема соотношения количественных и качественных предикатов в физическом познании вообще, и в современном в частности, при своём анализе выходит на проблему онтологической значимости математики в контексте её физического применения, которая уже была затронута выше и которая оставляет широкое «поле» для дальнейшего исследования.

И, наконец третий закон диалектики – закон отрицания отрицания гласит о том, что процесс развития, т.е. процесс единства и борьбы тезиса и антитезиса, результатом которого является генезис синтеза, происходит закономерно и периодически. Его формулировка есть попытка придать более строгий и конкретный вид функции $S = f(P)$. Интерпретация этого закона может заключаться в том, что согласно нему предикаты вновь делятся на две группы. Первая – основные, системообразующие, т.е. те, в которых отражены основные свойства субъекта, позволяющие его классифицировать каким-либо образом, и, соответственно, относить к какому-либо роду и виду. Очевидно, что чем большая степень их общности, тем менее они должны изменяться, что позволит отождествлять субъект самим с собой на всех ступенях его развития. Иными словами, некоторые из предикатов

остаются неизменными ($P=constant$). В то же время предикаты, не отражающие системообразующих свойств субъекта, и предикаты меньшей степени общности изменяются и постоянными не являются.

Отдельно встаёт вопрос о характере этого изменения. В диалектической логике Гегеля, а позднее и в марксизме, который взял диалектику Гегеля в качестве одной из своих основ, постулируется линейный и поступательный характер этих изменений: от меньшего к большему, от простого к сложному, от менее организованного к более организованному. Однако такой наивный схематизм, объяснимый для XIX века, становится, очевидно, неправомерным в XX, а тем более в XXI веках. Смысл в нём присутствует только в самом упрощённом, идеализированном варианте, когда сами предикаты являются абсолютно независимыми параметрами, наподобие аргумента математических функций, который мы действительно можем упорядочивать. Правда и в этом случае зависимость субъекта от предикатов может носить далеко не линейный характер, а тем более линейная интерполяция неправомерна в объективной сложной реальности, предикаты которой имеют сложную природу. Вопрос их природы является ещё одним принципом реляционной онтологической парадигмы, который будет рассмотрен немного ниже.

Возвращаясь к проблеме логических законов, следует отметить, что характер зависимости логических субъектов от предикатов определяется природой последних и, соответственно, ею же определяется и вид функции $S=f(P)$. По отношению к физическому знанию можно утверждать, что заранее прогнозировать его невозможно, и только практическое расширение нашего взаимодействия с окружающим миром вызовет необходимость их (логических законов) формулировки в том случае, когда старые уже будут описывать физическую реальность неадекватно.

Положение об онтологической первичности предикатов, а не логических субъектов, безусловно, поднимает вопрос о том, что они сами по себе представляют, откуда появляются, от чего зависят. И если в онтологической концепции Аристотеля основная форма бытия – субстанции (сущность), которая и является логическим субъектом, возникает из соединения материи и формы, (в чём Аристотель продолжает платоновскую традицию) т.е. из «материала», который подвергся «воздействию» рациональных форм, то при признании онтологической первичности предикатов также возникает вопрос и об их «материале», и о «механизме» их появления. В концепции Аристотеля вопрос о том, почему определённая вещь является именно таковой, а не какой-либо другой, имеет однознач-

ный ответ – потому что она состоит из определённой материи, которая «дифференцируется» или «преобразуется» определёнными логическими формами. Результатом такого «дифференцирования» («преобразования») и является единичная субстанция. Аналогично и для реляционной онтологической концепции необходим ответ на вопрос – почему предикаты именно такие, а не какие-либо другие, что определяет их природу и специфику. Как и в концепции Аристотеля, этот вопрос может быть заменён вопросом о сущности исходного «материала» и о методах его сведения к конкретным проявлениям в виде предикатов. Разумеется, в случае первичности предикатов, поскольку некоторые из них могут иметь не чувственный, а логический характер, этот «материал» утрачивает свойства вещественности, он может даже *в принципе* не обладать пространственно-временными характеристиками. При этом его природа должна быть абсолютно объективной и независимой от человеческого сознания.

Все эти качества вместе объединяет представление о целостности, как об онтологической основе физической реальности, которая имеет, прежде всего, логическую, а не чувственную природу, и которая, в логическом смысле, противопоставляется множественности как чувственной реальности. Разработкой такого подхода занимается концепция целостности.

3.3. Концепция целостности (холизм).

Современная концепция целостности в качестве своих оснований имеет достижения математики и физики XX столетия, но своими корнями она уходит ещё в античность, в наиболее значимые онтологические концепции Парменида, Платона и др. В данной работе нет необходимости детально анализировать формирование античных представлений о целостности, тем более что этому посвящена специальная литература¹⁸¹, в контексте анализа реляционной онтологической парадигмы в основаниях физического знания необходимо отметить лишь ряд моментов.

Как уже отмечалось в первом разделе, несмотря на эвристическую значимость концепций, которые там же были названы «бытие вне вещей», к которой может быть отнесена и концепция целостности в её античном «варианте», все они имели существенный недостаток – отсутствие эмпирической составляющей. И в учении Парменида о едином, целостном бытии, и в платонизме и в античном атомизме эта составляющая в лучшем случае играла подчиненную

¹⁸¹ См., например, [114].

роль, чувственное бытие в этих концепциях не обладало полноценным онтологическим статусом, что являлось основной причиной невозможности на их базе генезиса физического знания. Специфика самой концепции заключалась в том, что она носила целиком логический, внеэмпирический характер, и в силу этого «сошла» с магистрального пути развития физики на очень длительное время. Аргументы, используемые в её обосновании ещё в античности (прежде всего, имеются в виду апории Зенона), использовались при анализе сугубо логических проблем, возникающих в математике. Своё тривиальное разрешение эти апории получили только с развитием дифференциального и интегрального исчисления, однако задача логического обоснования этого исчисления вызвала собой новые проблемы, которые и будут рассмотрены ниже.

Как известно, самыми знаменитыми из апорий Зенона являются четыре: «Дихотомия», «Ахиллес и черепаха», «Стадион» и «Летящая стрела»¹⁸². Основная проблема, поднимаемая в них – проблема делимости пространственных и временных промежутков. Её суть проста – может ли любой пространственный или временной промежуток делиться до бесконечности или существует предел этому делению? Очевидно, что ответ на этот вопрос не может быть получен опытным путём, это целиком логическая задача. Она была разрешена математическим анализом (дифференциальным и интегральным исчислением) путём введения в рассмотрения бесконечно малых величин, которые, однако, сами нуждались в строгом математическом обосновании. Работы Коши, Вейерштрасса и других дали строгость этому обоснованию, представив дифференцируемое пространство и время как бесточечный, непрерывный континуум, который не состоит из точек, а они «выделяются» из него при необходимости специальными математическими методами. Однако дальнейшее развитие математики и, прежде всего, развитие Кантором теории бесконечных множеств породили в математике кризисную ситуацию, одну из наиболее серьёзных за всё время существования математики как науки¹⁸³. Согласно теории множеств, континуум представляет собой совокупность (множество) точек, «плотно», без каких-либо «разрывов» примыкающих друг к другу. Мало того, Кантору удалось показать, что «...каждой точке геометрического континуума соответствует определённое вещественное число.

¹⁸² Подробнее о них см., например, [126].

¹⁸³ Подробнее см. [51].

На основании этой чисто множественной концепции континуума (множеству точек геометрического отрезка соответствует множество вещественных чисел соответствующего интервала) Кантор высказал свою знаменитую континуум гипотезу: мощность множества точек (или соответствующих им вещественных чисел) на отрезке является первой следующей за счётной... Таким образом, к началу XX в. произошёл знаменательный поворот к составной концепции континуума» [126, стр.74.].

Континуум-гипотеза Кантора, при всей простоте своей формулировки, для математиков оказалась «крепким орешком»: сам Кантор так и не смог её доказать, на втором международном конгрессе математиков её доказательство было названо первой проблемой математики, и в последующие за конгрессом несколько десятилетий (он состоялся в 1900 г.) рядом математиков предпринимались попытки её доказательства, которые не увенчались успехом. Здесь нет необходимости на них останавливаться¹⁸⁴, достаточно сказать о результате, который оказался весьма удивительным: континуум-гипотеза не является теоремой и не имеет доказательств. Её статус – аксиома, наряду с целым рядом других аксиом в современной теории множеств, с которыми она не входит в противоречие. А это означает, что к остальным аксиомам теории множеств вместо континуум-гипотезы может быть присоединено и утверждение, обратное по смыслу, но которое также не будет входить в противоречие с остальной аксиоматикой теории множеств. Как отмечает И.З. Цехмистро: «Отсюда вытекает знаменательный вывод: понятие мощности множества не является абсолютным, а зависит от той аксиоматики, в которой рассматривается данное множество. Значит, не существует никакой абсолютной несчётности. Множество, счётное в одной аксиоматике, может оказаться несчётным в другой» [126, стр.80]. Относительность мощности множества, согласно его определению¹⁸⁵ означает относительность числа элементов для бесконечных множеств. А это, в свою очередь, можно интерпретировать как *относительность* и *условность* их существования, выделения их как самостоятельных феноменов бытия. Результат, связанный с попыткой доказательства континуум-гипотезы, приводит к выводу об отрицании субстанционального характера элементов множества. Это и есть одно из основных положений современной концепции целостности, называемой холизмом, без которого его следующее

¹⁸⁴ Подробнее см [126].

¹⁸⁵ «Мощность множества – обобщение на произвольные множества понятия «число элементов». [73, стр. 387.]

утверждение – представление мира как целостной, неделимой единицы, не может иметь основания. «В сущности, всё, что мы познаём в природе – это отношения, и всякое наше знание сводится в конечном счёте к знанию отношений. Всевозможные «элементы» – «объекты», которые мы вводим в картину природы, в конце концов тоже оказываются лишь некоторыми «узлами» в отношениях на сети отношений. Или же эти элементы-объекты, первоначально вводимые как неопределённые, в конечном счёте находят свою определенность через всю совокупность отношений с ним связанных...» [125, стр.452]. Отношения, в этом случае, образуют первичное бытие, первичную реальность. Однако тогда вполне закономерен вопрос о том, что выступает основанием отношений, что представляет собой то «поле», на котором отношения «развёртываются». И здесь холистическая концепция делает следующий шаг, в качестве такого основания выдвигая положение о том, что «...мир существует как неделимая целостность, а не множество» [125, стр.452]. Впрочем, это положение, кроме математических, имеет ещё и физические основания, связанные, прежде всего, как с целым рядом специфических проблем квантовой механики, так и других физических проблем. Рассмотрим их подробнее.

Первым аргументом в защиту тезиса о первичности целостности выступает принцип стационарности действия. Этот принцип был сформулирован ещё в рамках классической механики. Суть самого принципа заключена в том, что согласно ему частица *всегда* движется по траектории, вариация действия¹⁸⁶ которой равна нулю. Проблема в интерпретации этого принципа возникает из-за того, что частица ещё перед началом движения как бы «знает» об этом, и всегда из всего множества возможных траекторий «безошибочно выбирает» именно ту, где вариация действия равна нулю, т.е. действие стационарно. Анализ этого принципа не является предметом данной работы, но хотелось бы заметить, что наличие «безошибочного выбора» частицей траектории с нулевой вариацией действия даёт повод всевозможным теологическим и мистическим спекуляциям наподобие наличия у частицы свободы воли и мышления, дара предвиденья и т.п. Согласно холистической интерпретации эти спекуляции несостоятельны, во-первых, в силу некорректной постановки вопроса и приписывания частице тех свойств, которые она иметь не может в принципе, и, во-вторых, использование концепции целостности окончательно снимает с принципа стационар-

¹⁸⁶ Действием называется физическая величина, имеющая размерность произведения линейного перемещения на импульс. Такую же размерность имеет и произведение энергии на время.

ности действия весь мистический «налёт». «В этом отношении концепция целостности вносит исчерпывающую ясность. Согласно ей требование равенства нулю вариации действия на истинной траектории движения должно рассматриваться как специфическая форма отказа от неограниченной детализации состояний физических систем в рамках чисто множественных представлений. Хотя, следуя обычному континуалистическому взгляду на природу, мы и можем выделить целый континуум траекторий, окружающих истинную, однако в силу равенства нулю вариации действия каждая из них в отдельности и все вместе взятые физически неотличимы от истинной траектории в достаточно близкой области. Следовательно, сама эта неограниченно-континуалистическая детализация состояний движения в области истинной траектории не имеет физического смысла. В связи с этим получается, что использование принципа стационарности действия эквивалентно неограниченной детализации состояний физической реальности» [126, стр.142].

Кроме принципа стационарности действия в качестве аргументации концепции целостности выступают еще ряд физических теоретических положений и фактов. К ним относятся вероятностная природа Ψ -функции, редукция волновой функции и несиловая корреляция частиц, описываемая единой Ψ -функцией. Скажем о каждой из них несколько слов.

Общеизвестно и как говорилось уже выше, волновая функция Ψ , называемая ещё функцией состояния или амплитудой вероятности, представляет собой описание квантовомеханической системы. На уровне волновой функции возможно описание прошлого и будущего квантовомеханической системы. Иными словами, в отличие от классической физики, где можно указать координаты и импульс каждой частицы в любой момент времени в прошлом и будущем, в квантовой механике её состояние можно описать с точностью до волновой функции. Однако сама волновая функция является математической абстракцией, не имеющей физического смысла. Такой смысл имеет только квадрат её модуля $|\psi(x_1, x_2 \dots x_n, t)|^2$, который представляет собой плотность вероятности обнаружить систему в состоянии, описываемых координатами $x_1, x_2 \dots x_n$ в момент времени t . Таким образом, вероятности в описании квантово-механических объектов неустранимы и имеют принципиальный характер. Следует особо отметить, что эти вероятности имеют иной, чем классические вероятности, характер. В классическом случае вероятность статистична и описывает статистическое распределение одинаковых событий по возможным их результатам или исходам. Результат каждого

события определяется массой факторов, всю совокупность которых мы просто не можем знать. Это незнание и «компенсирует» классическая вероятность, которая предполагает, что *факторы*, определяющие исход события *существуют*, но мы их просто не знаем. К квантовой физике (по крайней мере, в стандартной общепринятой интерпретации) до окончания акта измерения (фиксации) *не существует* ни события, ни *факторов*, его определяющих, и в этом смысле вероятности в квантовой механике носят не статистический, а онтологический характер. Это достаточно просто объясняет концепция целостности: «... у нас *нет* ... *отдельного элемента* (события), хотя бы и ведущего себя случайным образом. Имеются лишь определённые возможности выделения (формирования) в эксперименте той или другой величины – характеристики объекта, но всегда лишь относительно выделяемой из целостной и в конечном счёте неразложимой на элементы и множества физической ситуации. ... квантового объекта *нет* как отдельного и вполне определённого элемента..., а есть *только вероятности* формирования тех или иных характеристик-величин, задаваемых определёнными макроусловиями» [126, стр.209].

Ещё одним аргументом в защиту концепции целостности выступает редукция волновой функции. Эта проблема уже обсуждалась выше, в п.2.7., в связи с многомировой интерпретацией квантовой механики. Её суть заключается в следующем. Пусть происходит некоторый квантовый процесс. Его результатом могут быть события a_1, a_2, a_3 . Соответственно, в ходе квантового процесса, до измерения его результатов, сам процесс будет описываться следующей волновой функцией: $|\Psi|^2 = c_1 |\Psi(a_1)|^2 + c_2 |\Psi(a_2)|^2 + c_3 |\Psi(a_3)|^2 = 1$. Действительно, до измерения мы не знаем, какое событие произошло, однако нам достоверно известно, что произойдёт *только* или a_1 , или a_2 , или a_3 , следовательно, сумма вероятности этих событий есть вероятность достоверного события. Однако после измерения мы можем, например, констатировать $|\Psi(a_1)|^2 = 1$, а $|\Psi(a_2)|^2 = 0, |\Psi(a_3)|^2 = 0$. По отношению к квантовым объектам данная ситуация ещё не кажется столь парадоксальной, однако таковой она становится, когда редукция волновой функции связывается с макрообъектами. Это достаточно наглядно отобразил Шрёдингер в парадоксе «Кот». Представим себе, что в хорошо изолированной коробке находится кот. В этой же коробке находится прибор в виде запаянной стеклянной ампулы с сильно ядовитым газом и молоточка, который может ударить по ней и разбить её. Такая возможность связана с одним нестабильным атомом, находящимся там же. В случае

распада атома механизм приводится в действие, молоточек бьет по ампуле, она разбивается, газ выходит из неё, и кот гибнет. Распад атома является совершенно спонтанным процессом, и заранее невозможно предсказать, когда произойдет этот процесс. Таким образом, не открывая коробки, невозможно сказать, жив там кот или мёртв. Волновая функция, описывающая состояние кота до открытия коробки, состоит из суперпозиции двух функций – живого и мёртвого кота. Открывая коробку, мы актуализируем одно из состояний, «делая» его вероятность равной единице, сводя вероятность другого состояния к нулю. Если в квантовой системе редукцию волновой функции можно объяснить актом измерения вследствие вмешательства¹⁸⁷ в квантовую систему, которое актуализирует потенциальные состояния, то в случае с котом Шрёдингера ситуация иная – с позиций квантовой механики живым или мёртвым его делает открытие ящика, хотя мы понимаем, что живым или мёртвым он становится не от этого. Мало того, сам кот, исходя из того, что его состояние до открытия ящика описывается суперпозицией двух волновых функций, пребывает в двух взаимоисключающих состояниях одновременно: *живом* и *мёртвом*. С точки зрения нашего обыденного восприятия, а значит и с точки зрения макромира, это абсурдная ситуация. Однако это так, если речь идёт об актуальных состояниях. Если же мы говорим о потенциальных состояниях, то вполне возможно, чтобы объект находился в двух взаимоисключающих состояниях одновременно. Количественной характеристикой «потенции» является вероятность, о чём и шла речь немного выше.

С точки зрения концепции целостности, такое странное «поведение» Ψ функции имеет достаточно простое объяснение – квантовый объект не существует актуально, его актуализация происходит в акте измерения, а до этого весь пакет волновых функций описывает все возможные варианты его актуализации. Изначально существует лишь единая целостная система, суммарная волновая функция которой равна 1. То, что при акте измерения только одна из функций актуализируется к 1, а остальные свёртываются к нулю, и между этими процессами существует строгая корреляция как раз и выступает основным аргументом для тезиса об изначальном единстве и целостности квантовой системы.

¹⁸⁷ Сам акт измерения параметров микросистемы макросистемой (человеком) для передачи информации от первой системы ко второй требует энергообмена между ними. Этот процесс энергообмена в результате измерения и может играть роль механизма, обуславливающего переход от множества потенциальных состояний к одному актуальному.

Ещё одним аргументом в поддержку этого тезиса выступает представление о «несиловых» корреляциях в квантовых системах. В основе представлений о них лежит знаменитый парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Впервые он был опубликован в их совместной работе 1935 года, однако есть основания предполагать, что основная идея была сформулирована Подольским в бытность его работы в Харьковском физико-техническом институте. Суть этого парадокса заключается в следующем. Пусть у нас есть изначально целостная квантовая *система*. В силу некоторого события она спонтанно распадается на 2 самостоятельные квантовые *подсистемы*. В одной из этих подсистем мы измеряем p_{x_1} , в другой – x_2 . Согласно соотношению неопределённостей Гейзенберга мы принципиально не можем знать p_{x_2} , но, тем не менее, мы с достоверностью можем указать эту величину, поскольку, согласно закону сохранения импульса, $p_x = p_{x_1} + p_{x_2}$. При любом измерении p_{x_2} с вероятностью, равной единице, это значение совпадёт с теоретически предсказанным. Получается, что, актуализировав p_{x_1} , мы тем самым, не проводя никаких измерений с p_{x_2} , актуализируем его таким образом, что $p_x = p_{x_1} + p_{x_2}$. Однако системы 1 и 2 уже не являются физически связанными, между ними не существует никаких «агентов связи». Аналогичным образом происходит и со спинами частиц (разумеется, там, где уместна эта характеристика для образовавшихся подсистем). Измерив один из спинов¹⁸⁸ подсистем и получив его значение, мы с достоверностью можем говорить о значении спина второй подсистемы, и, проведя соответствующие измерения, мы убедимся в справедливости предсказанных результатов. Таким образом, основная идея парадокса заключается в противоречии между квантовыми представлениями о потенциальном существовании квантового объекта и его актуализацией в акте измерения и возможностью (о котором идёт речь в парадоксе ЭПР) актуализировать состояние квантового объекта ещё до процедуры измерения. В настоящее время и в перспективе ведётся работа в направлении экспериментального подтверждения парадокса ЭПР. Так в 2008 г. группой учёных из университета Женевы (Швейцария) был проведён эксперимент по разделению двух фотонов, составляющих до разделения единую систему. По оптоволоконным кабелям они «разводились» на расстояние 18 км, где в полном соответствии с ранее полученными и ожидаемыми результатами фотоны показали полную корреляцию изменения своих характеристик. Новизна проводимого эксперимента заклю-

¹⁸⁸ Строго говоря, речь должна идти не о самих спинах, а об их проекциях на соответствующие оси координат x, y, z .

чалась в том, что в нём была определена нижняя граница «скорости» «обменного взаимодействия», которая оказалась больше скорости света в 100000 раз [143], тем самым подтвердив, что парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена являлся ещё одной «загадкой» квантовой физики, которая требовала своего объяснения.

Это объяснение также вполне логично в рамках концепции целостности. Его суть заключена в том, что до разделения квантовая система представляла собой единую, целостную систему, элементы которой не существовали как актуальные элементы системы, а были условны и относительны. После разделения этой системы они актуализировались и «разнеслись» на значительные расстояния, однако квантовая система по-прежнему остаётся целостной и единой, и факт корреляции их параметров на значительных расстояниях подтверждает это. В этом случае вполне закономерен вопрос о природе этих корреляций. Здесь возможны два варианта ответа. Первый предполагает, что между ними реализуется физическая связь, т.е. существует физический носитель взаимодействия между актуализировавшимися и разделёнными элементами целостной единой системы, который и передаёт информацию. Очевидно, что в этом случае предполагается «запаздывание» «реакции» второй частицы, которое связано с конечной (пусть даже и гораздо большей, чем скорость света) скоростью распространения физического носителя информации. Второй ответ говорит о том, что никаких физических носителей информации между экспериментальными частицами не существует, и их природа не физическая, а логическая. В этом случае, очевидно «запаздывания» реакции второй частицы на операции с первой не будет и взаимодействие между ними будет мгновенным в полном смысле этого понятия. Тот или иной вариант можно, в принципе, проверить экспериментально, однако ситуация усложняется тем, что в эксперименте прибор будет иметь некоторую погрешность измерения, и если полученный результат будет лежать в пределах ошибки измерения, мы достоверно не сможем утверждать, отсутствует ли «запаздывание» или оно равно (или меньше) ошибки измерений.

Таким образом, анализ ключевых проблем квантовой механики даёт, наравне с математическими аргументами, о которых говорилось выше, аргументы в защиту концепции целостности. Суть этой концепции можно сформулировать в виде двух положений:

1. Элемент всякого множества является относительным в том смысле, что он может быть выделен различными способами из него. В зависимости от способа выделения мы получаем разное количество

элементов, а, соответственно, и различные свойства у них. При различных способах выделения элементы не будут тождественны друг другу, что означает, что элементы множества не существуют как субстанции, автономно и самостоятельно.

2. Множеству, как не универсальному понятию, противопоставляется понятие целостность, единство, которое в данной концепции выступает онтологическим основанием физической реальности. Целостность как не множество охватывает собой весь уровень микромира и выступает «сценой», из которой «выделяются те или иные относительные элементы.

Очевидно, что первое положение целиком и полностью лежит в духе реляционной онтологической парадигмы, рассматриваемой в данной работе. Понимая любой объект как элемент множества (даже если это множество может состоять из одного элемента) и, отождествив его с логическим субъектом S , можно говорить о том, что способ его выделения из множества будет определяться функциональной зависимостью субъекта от предикатов $S = f(P)$. В определении и дифференциации элемента множества (логического субъекта S) мы можем брать различные предикаты и тем самым «выделять» различные субъекты, получая, в том числе, и их различное количество.

Сложнее со вторым положением. Задачей рационального подхода, выступающего базисом научного познания, является описание и представление исследуемого феномена через раскрытие его системообразующих свойств и качеств, что, в свою очередь, предполагает его множественное представление. Описание через логический анализ, вскрытие внутренней логики и противоречий с необходимостью требует представление исследуемого феномена как *множества* качеств, между тем объект по своей природе является целостным. Иными словами, возникающая при принятии второго положения проблема заключается в чрезвычайной сложности рационального представления целостности, которую мы можем характеризовать как «не множество». Если считать, что целостность, как не множество не имеет предикатов вообще, тогда её рациональное представление, т.е. представление через понятия, имеющие определённое позитивное содержание, весьма затруднительно. Открывающаяся здесь возможность напоминает «отрицательное богословие» Маймонида, в котором бог характеризовался не свойствами, ему присущими, а отсутствующими у него свойствами.

Ещё один вопрос, возникающий при принятии концепции целостности, связан с механизмом дифференциации целостности на

множество и, соответственно, с тем, каким образом мы получаем актуализацию множества и его релятивизацию. Если целостность как не множество выступает онтологическим, первичным основанием физической реальности, то требуется объяснение того, как, каким образом мы получаем чувственное восприятие (и не только чувственное, как показано в п.3.1) мира, физической реальности в виде множества. Иными словами, проблема заключена в том, как целостность, как абсолютно логическое понятие, связана и выражается в чувственных данных, без чего собственно физическое знание невозможно.

Решение этих и других, подобных им проблем, возникающих при принятии концепции целостности, мы оставляем за рамками данного исследования. Сам по себе такой подход представляет определённое научное направление, весьма эффективно развивающееся в современной науке. Однако в контексте данной работы, при абсолютном принятии первого положения об относительном и условном характере элемента всякого множества, тезис об основании физической действительности с учётом проблемы его (основании) познаваемости, логического выражения, механизма дифференциации единой основы на множество, онтологизация которой была зафиксирована в п.3.1., взаимосвязи с чувственными формами познания рассматривается, с учётом как минимум, двух моментов:

1. Основания физической реальности должны представлять собой феномены, содержащие не множество *логических субъектов*, поскольку таковые являются функцией предикатов, а множество *предикатов*. Элементы этого множества являются относительными, поскольку приобретают своё логическое содержание, т.е. смысл только во взаимосвязи с себе подобными, образуя своими взаимосвязями некое целостное «поле» предикатов, на котором актуализируются логические субъекты. Холистическая концепция целостности предлагает считать множество этих предикатов пустым множеством, в противоположность ей здесь выдвигается тезис о том, что это относительное и неуниверсальное множество является бесконечным.

2. Основания физической реальности для того, чтобы и оставаться таковыми, с необходимостью должны включать в себя чувственные «элементы». Множество предикатов должно содержать как чувственные, так и логические элементы, которые, как было указано выше, и онтологизируют саму множественность.

Что можно поставить в соответствие основаниям физической реальности с такими свойствами – это и будет рассмотрено в следующем параграфе.

3.4. Природа оснований физической реальности.

Проблема оснований физической реальности исторически является одной из первых философских задач. Ещё на заре становления философской мысли в Европе, и позднее, в античной Греции, был получен широкий спектр решений этой проблемы в виде известных, чувственно воспринимаемых стихий (воды, воздуха, земли, огня), или же стихий, непосредственно не воспринимаемых органами чувств (апейрона, эфира), а также атомов, платоновского мира идей, парменидовского бытия и других. Некоторые из этих концептуальных решений (как, например, атомы) в дальнейшем легли в основание научных теорий или были ими позаимствованы, в «составе» которых пребывают и до сего дня. Другие же так и не попали в научные физические представления действительности или попали туда в сильно трансформированном виде (как, например, это произошло с теорией идей Платона)¹⁸⁹, третьи (как например эфир) попали туда, но впоследствии были оттуда «изгнаны». Безусловно, развитие физических представлений так или иначе опиралось на наследие античной науки, но это была не единственная «база» дальнейшего развития физической науки. Кроме наработанного античного базиса существенную роль играли новые эмпирические данные результатов наблюдений и экспериментов. Однако и античное концептуальное наследие, и новые эмпирические данные или концепции являются элементами самой науки, тогда как задавая вопрос об основаниях научного физического знания, прежде всего, хотелось бы получить ответ о *внеаучных* формах такого основания. Под такими формами имеются ввиду истоки концептуальных подходов в физических теориях и истоки методологических подходов в экспериментах и наблюдениях.

Наиболее простой и естественный способ определить эти истоки – постулировать существование физической реальности как совершенно объективной, независимой от человека сущности. Это предположение, в терминологии Макса Тигмарка «гипотеза внешней действительности» (см. выше) лежало в основании развития всего физического знания от античных времён и вплоть до XX столетия. При принятии этой гипотезы задачей исследователя являлось применить к ней (внешней действительности) такие методы и подходы с целью облечения её в такую логическую форму, чтобы результат этого применения наиболее адекватно отражал саму внешнюю действительность. Внешняя действительность при этом

¹⁸⁹ О влиянии этой теории на становление квантовой механики см., например, [26].

может представляться или как совокупность субстанций, или как единая, целостная субстанция, не нуждающаяся ни в чём для своего существования. Очевидно, что сильной стороной такого подхода является однозначная устремлённость на истину как соответствие *представлений* о реальности самой реальности, что, безусловно, стимулирует поиск научной истины и новые открытия. Относительно слабой стороной такого онтологически субстанционального подхода является нерешённость и нечёткость постановки вопроса об истоках форм, методов и принципов, «прилагаемых» к внешней действительности для получения её адекватного отражения, проще говоря, истоках основных принципов познания. Можно с достоверностью утверждать, что они должны быть адекватны в достаточной степени той действительности, к которой они «прилагаются».

Эту «слабость» можно снять, расширив представление об основах физического знания и посчитав таковыми не только «внешнюю действительность», но и способы и методы воздействия и взаимодействия с ней, включив на равных и саму внешнюю действительность, и методологию её исследования. Однако поскольку методология как таковая в той или иной степени связана с человеческими эмпирическими возможностями и способностями, а также возможностями и способностями человеческого мышления, онтологизируя методологию и «уравнивая её в правах» с внешней действительностью, мы тем самым антропологизируем основы физического знания, придаём ему некоторое «человеческое измерение». Эти «антропологизированные» основания физического знания в рамках реляционной онтологической парадигмы можно представить как обыденную, повседневную реальность, в которую человек погружён всем своим существованием.

Данная точка зрения была осознана уже классиками физики XX столетия. Ещё А. Эйнштейн, понимая под наукой, прежде всего, её теоретическую составляющую¹⁹⁰, в своей работе «Физика и реальность» отмечал: «Вся наука является не чем иным, как усовершенствованием повседневного мышления» [134, стр.200]. И далее более детально описывал связь науки с повседневностью: «Наука занимается совокупностью первичных понятий, т.е. понятий, непосредственно связанных с чувственным восприятием, и теоремами, устанавливающими связь между ними. На первой стадии своего

¹⁹⁰Такой подход лежит вполне в духе неопозитивизма, бывшим основным концептуальным видением науки в первой половине XX столетия и отождествлявший науку прежде всего с её теоретическим содержанием. Неопозитивистские концепции, расширяющие содержание науки и утверждающие её зависимость от социальных, культурных, исторических факторов, появились уже после смерти А. Эйнштейна.

развития наука не содержит ничего другого. Короче говоря, наше повседневное мышление удовлетворено этим уровнем. Но такое состояние вещей не может удовлетворять истинно научный интеллект, потому что совокупность понятий и полученных таким образом соотношений лишена логического единства. Чтобы устранить этот недостаток, изобретают систему с меньшим числом понятий и соотношений, систему, в которой первичные понятия и соотношения «первого слоя» сохраняются в качестве производных понятий и соотношений. Эта новая, «вторичная система», которая характеризуется большим логическим единством, содержит зато только такие собственные элементарные понятия (понятия второго слоя), которые прямо не связаны с комплексами чувственных ощущений. Продолжая усилия для достижения логического единства, мы приходим, как следствие вывода понятий и соотношений второго слоя (и косвенно – первого слоя), к третичной системе, ещё более бедной первичными понятиями и соотношениями. Эта история будет продолжаться до тех пор, пока мы не достигнем наибольшего мыслимого единства и наименьшего числа понятий в логической основе, которое ещё совместимо с наблюдениями наших чувств» [134, стр.202]. В том же ключе рассматривал истоки физической науки и Н. Бор: «...всякое описание физических результатов основано в конечном счёте на обычном языке, приспособленном к тому, чтобы разбираться в окружающем и проследивать связи между причиной и следствием» [19, стр.526.]. Таким образом, с учётом того, что в рамках критического рационализма наука не отождествляется ни со своим языком, ни с совокупностью базовых понятий, а рассматривается значительно шире, можно констатировать тот факт, что и Бор, и Эйнштейн в качестве вненаучных оснований науки видели обыденную, чувственно данную реальность. Их мнение, хотя и не стало общепринятым, разделяется значительным количеством специалистов. «Вопрос об источнике ... содержания терминов теории выяснен далеко не достаточно. Обычно в качестве его важнейшего источника указывают на высшие уровни систематизации знания – философию с её категориальным аппаратом, мировоззрение. Представляется однако вполне правдоподобным, что в его формирование помимо философии и мировоззрения вовлекаются в той или иной степени и другие области научного, а возможно и вненаучного знания. В частности, значительную роль в данном случае должны играть представления, вырабатываемые в сфере обыденного сознания» [70,стр.115].

Впрочем, понятие «обыденная» не вполне чётко отражает её природу, хотя и фиксирует её основное свойство – систематическую повторяемость, и, самое главное, теснейшую взаимосвязь с бытом как практическим, действенным бытием человека. Именно эта практическая реальность, или *практика человека*, посредством которой он обеспечивает своё существование удовлетворением разнообразных потребностей, которые в свою очередь удовлетворяются активным взаимодействием человека с природой, может выступать той основой, отталкиваясь от которой строится здание физической науки. В эту практику с необходимостью включено человеческое сознание, которое посредством логики, а точнее говоря понятий и связей между ними, упорядочивает её, придавая ей организованность и систему. Саму же практику как процесс можно рассматривать как единое, целостное явление. Насколько это целостное явление соответствует тому, что понимается под целостностью в соответствующей концепции, рассмотренной чуть выше, есть отдельный вопрос, который выносится за рамки данного исследования. Однако практика может быть адекватно описана в рамках реляционной онтологической парадигмы. В этом случае, как уже многократно говорилось выше, единичные, чувственно воспринимаемые объекты физического исследования в своём логическом выражении являются лишь определёнными «узлами» или функциями своих свойств – предикатов $S = f(P_i)$. В зависимости оттого, что представляет собой практика, в какой «области значений» она берётся, соответственно те или иные предикаты будут определять сущность физического явления, его логическое выражение и объект физического исследования. Практику в этом смысле можно представить как некоторое «поле предикатов», воздействуя на которое аппаратом логики мы получаем логические субъекты S как физические объекты. Однако в случае такого представления вполне уместен вопрос о том, является ли это «поле» целостным и единым, или представляет собой дискретное или континуальное множество. Очевидно, что предикаты как аргументы логического субъекта представляют собой множество, в противном случае они бы не смогли выполнять роль аргументов. Но тогда возникает проблема объяснения соотношения общего и частного между ними, их «демаркации», т.е. отделения друг от друга по этому признаку. Иными словами, если мы признаём «текучесть», изменчивость и непостоянство объектов физического исследования в виде логических субъектов, определяемых функциональной зависимостью логических субъектов от предикатов, то было бы некорректным признавать за предикатами обратные свойства:

неизменность, самотождественность, инвариантность относительно любых преобразований. Предикаты, также как и логические субъекты, должны чем-то определяться и от чего-то зависеть. А это с необходимостью заставляет нас искать механизмы дифференциации предикатов, которые бы отвечали за их изменчивость и относительность. В качестве такого механизма можно предложить разделение практики на общественную и коллективную (или индивидуальную). Первая относится к практике всего общества, и поскольку наука вообще, и физика в частности имеет общественный характер, именно её можно отождествить с той первичной реальностью, которая и лежит в основании физического знания. Вторая относится к определённой социальной группе или даже отдельным индивидуумам. Взаимодействие коллективных (или индивидуальных) практик между собой дифференцирует единое «поле» общественной практики, «разбивая» его на отдельные предикаты, которые, в свою очередь вступают аргументами функциональной зависимости логического субъекта. Именно множественность и качественное многообразие коллективных и индивидуальных практик и «несёт ответственность» за множественное многообразие «поля предикатов», которое, в свою очередь, обеспечивает чувственное и логическое многообразие окружающего нас мира.

Эффективность такого подхода может быть продемонстрирована на ставшем уже классическом для XX столетия, примере квантовой механики. Как уже говорилось выше, в её интерпретации можно выделить три основные концепции: стандартная или копенгагенская интерпретация, многомировая и холистическая интерпретации. О двух последних уже говорилось выше, суть же первой можно выразить словами Н. Бора: «Решающим является здесь признание того положение, что описание экспериментальной установки и результатов наблюдений *должно производиться на понятном языке* (выделено мной – Т.Я.), надлежащим образом усовершенствованном путём применения обычной физической терминологии. ... Существенно новой чертой анализа квантовых явлений является, однако, то, что вводится фундаментальное различие между измерительным прибором и изучаемыми объектами. Оно представляет прямое следствие *необходимости описывать работу измерительных приборов на языке классической физики* (выделено мной – Т.Я.), не вводя явным образом кванта действия. С другой стороны, *квантовые черты явления содержатся в выводимой из наблюдений информации* (выделено мной – Т.Я.) об атомных объектах. В то время как в классической физике взаимодействием между объектом и прибором

можно пренебречь, ... в квантовой физике это взаимодействие составляет нераздельную часть явления» [19, стр.528 - 529].

Именно необходимость описывать работу измерительных приборов на языке классической физики и задаёт логическую необходимость присутствия и влияния нашего сознания на результаты измерения. То мышление, которое включает в себя понятийный аппарат и законы операций с понятиями и которое сформировалось у нас в результате практики макромира, мы с необходимостью вынуждены «проецировать» на микрообъекты, поскольку у нас отсутствует практика микромира, т.к. мы сами являемся макрообъектами. В этом смысле любая практика несёт в себе «антропологический элемент» нашей практики макромира. Сталкиваясь с иным типом реальности, отличным от реальности практики макромира, мы вынуждены «подстраивать» под неё и терминологический аппарат, и законы операций с понятиями. Но как выше замечает Н.Бор, понятийный аппарат гораздо сложнее поддается такой трансформации и первым «кандидатом» на неё выступают логические законы. Аналогичным образом можно рассуждать не только о мышлении, но и о чувственных данных, которые призван зафиксировать физический прибор. Они также «подстроены» под те органы чувств, в которых реализуется практическая деятельность человека в макромире (органов чувств, связанных с микрореальностью у человека нет), и в этом смысле в чувственной составляющей исследования микромира также присутствует «антропологический элемент». Таким образом, «антропологическая составляющая» при исследовании определённых типов физической реальности, а именно той, которая «слишком далеко отстоит» от обыденной практической деятельности человека, является неустранимой из физического исследования. Это положение расходится с упоминавшейся выше «гипотезой внешней действительности» как физической реальности, совершенно автономной от человека. Такой действительности не существует, поскольку все представления о ней исходят из нашей, человеческой практики и это практика, пусть и опосредованно, присутствует в каждом объекте физического исследования. Такая ситуация характерна не только для квантовой физики, но может быть и ещё в большей степени для гипотетической теории струн/М-теории, которая описывает реальность, ещё «дальше отстоящей» от реальности обыденного человеческого бытия, чем реальность квантовой физики. И поэтому «внесение» и «интеграция» человека в теорию струн, выполняемые, в частности, при антропном разрешении проблемы ландшафта, о которой говорилось выше, есть

не недостаток теории, а её необходимое свойство, которое также неустранимо из этой теории, как и из других будущих физических исследований.

3.5. Реляционная онтологическая парадигма как фундамент постклассической науки.

Говоря об онтологических основаниях физического знания, термин «парадигма» используется в более широком, нестрогом смысле, чем он был введен Т. Куном¹⁹¹, однако, как легко доказать, он обладает всеми необходимыми элементами парадигмы, поэтому и концепция Аристотеля, и современная реляционная парадигма действительно могут считаться таковой. И та и другая имеют в своём составе и формальные элементы (или символические обобщения), представленные логикой, и метафизические обобщения, составляющие её ядро, и ценностные установки, и образцы (примеры). С другой стороны, онтологические основания физики, с точки зрения самой физики, представляют собой один из элементов физической парадигмы, касающейся «метафизических» оснований физического знания. В рассматриваемом контексте термин «парадигма» может быть использован и для обозначения самостоятельной онтологической парадигмы, и как обозначения составной части более широкой физической парадигмы. Это использование не носит принципиального характера, гораздо важнее рассмотреть её (парадигмы) составные элементы, и на основании этого представить её во всей совокупности её свойств как целостную, логически завершённую онтологическую систему. Именно с учётом онтологических оснований физического знания могут быть поняты и описаны определённые «механизмы» генезиса современной физики, равно как и предложены некоторые, хотя бы среднесрочные перспективы его развития.

Одно из основных свойств этой парадигмы – её историческая преемственность. Сформулировать её основные принципы возможно лишь на «контригре» с её исторической предшественницей – субстанциональной онтологической парадигмой, основные принципы которой были сформулированы ещё Аристотелем. Подобная ситуация в науке не нова: онтология Аристотеля была сформулирована на «контригре» онтологии Платона, классическая физика в своём *содержании*¹⁹²

¹⁹¹ См. [56].

¹⁹² Как уже отмечалось выше, наиболее существенным отличием физики Ньютона от физики Аристотеля было наличие в первой и отсутствие во второй закона инерции, известного ещё как первого закона Ньютона, утверждавшего тождественность состояния покоя и состояния равномерного прямолинейного движения. Наличие инерции требовало ещё одной характеристики, выражавшей её количественно, т.е. массы.

была получена из противостояния Аристотелевой физики, а релятивистская и квантовые механики на противопоставлении ньютоновским концепциям. Во всех этих примерах без первых теорий вторые не смогли бы состояться. Онтологическую систему Аристотеля, детально проанализированную в первом разделе, здесь можно представить в виде схемы, которая бы иллюстрировала основные принципы онтологической концепции Аристотеля (см.рис.1).

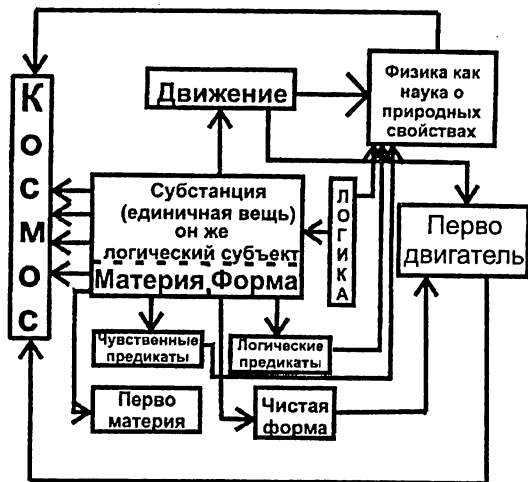


Рис.1

Как уже говорилось выше, основным постулируемым принципом данной концепции является тезис о существовании единичной вещи. Эта вещь дана нам во всей полноте чувственного восприятия, что соответствует её материальной «составляющей», и облечена в логическую форму в виде понятия, что соответствует её формальной составляющей. Это понятие (он же логический субъект S) является её вторичной сущностью (первичной является сама вещь), которая содержит в себе все её свойства и качества. Извлечение этих свойств производится как при помощи эмпирического опыта, так и при помощи логических законов. Сам этот процесс можно представить как разложение субъекта в предикативный ряд: $S = \sum P_i$. При этом предикаты P_i (свойства вещи) могут быть как чувственные, так и логические. Некоторыми из этих, общих для всех природных тел свойств и занимается физика. Наличие чувственных предикатов *потенциально* содержит в себе возможность их отдельного исследования специальными методами – наблюдением и экспериментом,

однако неразвитость технической базы для их реализации и неразвитость математического аппарата, по крайней мере, в античности, существенным образом ограничивает их использование простым созерцанием. Уже в рамках самой физической науки происходит специфическая операция «обращения», когда «извлечённые» из субъекта при помощи разложения в предикативный ряд общие для всех природных тел предикаты «обращаются» в логические субъекты ($P_i \Rightarrow S'$) и с ними вновь проделывается та же операция разложения в предикативный ряд $S' = \sum P_j'$. И в том, и в другом случае в качестве инструмента разложения используется логика, и её содержательным «каркасом» выступают логические законы, которые и определяют, как раскладывать субъект. В системе Аристотеля логические законы являются ещё одним, наравне с постулатом о первичном существовании единичных вещей, постулатом и носят аксиоматический характер. Они определяются им как «универсальные принципы бытия» и рассматриваются как абсолютные и неизменные. Таким образом, в субстанциональной онтологической парадигме с учётом того, что логика хоть и является наукой о мышлении, но, тем не менее, имеет объективные, независимые от человека основания (её законы постулируются аксиоматически), какой-либо «человеческий фактор» исключён априори, знание, получаемое на её основе, претендует на абсолютную объективность и независимость от человека, его деятельности и сознания. Эта парадигма полностью согласуется с «гипотезой внешней действительности», о которой говорилось выше, и выступает её (гипотезы) основным обоснованием. Эта гипотеза является одним из наиболее значимых следствий субстанциональной онтологической парадигмы в основаниях физического знания.

Одним из самых общих и универсальных свойств всех единичных природных тел (первых сущностей) является их свойство изменчивости. Единичные тела появляются, трансформируются и исчезают, и вне этого свойства понять их невозможно. В основе этого свойства, по мнению Аристотеля, лежит механическое перемещение. Так появляется проблема движения как физическая проблема, которая выполняет не просто описательную функцию, а играет системообразующую роль, задавая структуру физического знания, его терминологический аппарат и его содержание. Она заставляет Аристотеля формулировать основные принципы механического движения таким образом, насколько ему позволяет сделать это его опыт. Несовершенством этих формулировок (отсутствием принципа инерции)

является необходимость наличия «вечного двигателя», «отвечающего» за вечное движение планет. Сам же космос Аристотеля рассматривается им как совокупность единичных тел, принципы существования которых определяются физическими законами.

Эта онтологическая парадигма, несмотря на существенные изменения в содержании физического знания, связанного с развитием технологии проведения наблюдений и эксперимента, развитием и совершенствованием математического формализма, лежала и в основе классической физики, и, прежде всего, ньютоновской механики. Однако постепенное развитие физики обусловило её выход за область непосредственно данных во всей своей полноте, чувственно воспринимаемых вещей, что подготовило предпосылки для генезиса новой, реляционной онтологической парадигмы. Первыми «ласточками» необходимости смены онтологических парадигм в основании физического знания выступили электродинамика, термодинамика и статистическая физика. С точки зрения своих онтологических оснований, эти дисциплины имели переходной статус и содержали в себе элементы как первой, так и элементы второй парадигмы, причём явно доминировали элементы именно субстанциональной парадигмы. Поставить вопрос о смене парадигм онтологических оснований физического знания заставил кризис, произошедший в физике в конце XIX-начале XX столетия и породивший ряд принципиально новых, не классических дисциплин, таких как специальную и общую теории относительности, квантовую механику. По результатам создания и развития этих дисциплин уже возможно говорить о возникновении и развитии новой, реляционной онтологической парадигмы в основаниях физического знания. Её принципиальное отличие от своей предшественницы заключается в ином постулате существования, хотя основные элементы, и, прежде всего, логические, она сохраняет от старой онтологической парадигмы. Основные предпосылки её возникновения связаны с изучением физических объектов, находящихся вне непосредственной чувственной возможности человека. Такие объекты человек «конструирует», из чувственных и логических предикатов, которые он «вычленяет» из обыденного и специального опытов при помощи логики. Всё это можно представить следующей схемой (см. Рис.2).

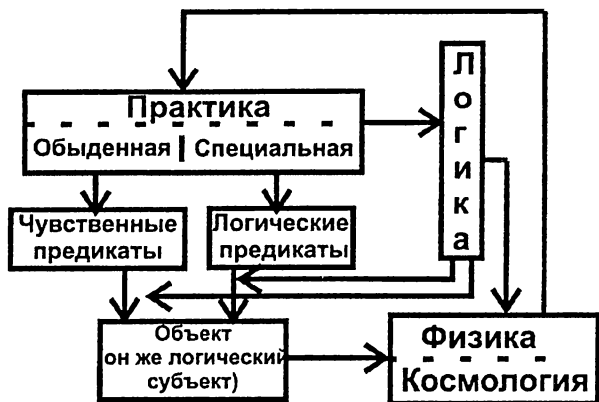


Рис.2

Как видно из схемы, первичным элементом реальности, в том числе и физической, здесь представляется человеческая практика, рассматриваемая как взаимодействие в единстве человека и окружающей его внешней действительности. Внешняя, объективная действительность может быть описана самым общим, философским принципом качественного многообразия и неисчерпаемости материи¹⁹³. Практика, рассматриваемая таким образом, с необходимостью содержит в себе антропологический элемент и в этом смысле не соответствует вышеупомянутой «гипотезе внешней действительности». Антропологические элементы в этом случае с необходимостью присутствуют в элементах физического знания. Сама практика предполагает собой обыденную, повседневную деятельность человека по взаимодействию с окружающей действительностью, и соответственно, «генерируемый» ею человеческий опыт, так и специальную, связанную непосредственно с научным познанием человека.

В процессе практического взаимодействия человека с окружающей действительностью происходит дифференциация практики как таковой, на её составные – предикаты (они же свойства). Также как и в первом случае (субстанциональной онтологической парадигме) эти свойства можно разделить на чувственные и логические. Именно из предикатов посредством логических законов «конструируются» сами объекты физических исследований. Таким образом, в отличие от субстанциональной парадигмы, в данном случае, именно с точки

¹⁹³ О «генерации» этого принципа современным физическим и космологическим знанием см., например, [81].

зрения физического знания, первичными являются не сами физические объекты, а их свойства, а объекты зависят от них, как функции нескольких переменных $S = f(P_i)$. Вид функциональной зависимости определяется логическими законами, которые и устанавливают связь между субъектом и предикатом.

Также, как и в случае субстанциональной парадигмы, в реляционной парадигме существенную, если не основную роль играет логика. Она неотъемлема от научного теоретического знания и составляет его «ядро», поскольку «атомарным» структурным элементом всякой теории являются понятия, отражающие те или иные свойства и отношения практики или выражающие «сконструированные» из этих свойств объекты. Логика, точнее говоря её законы, как и в первом случае, задаются аксиоматически, но в отличие от субстанциональной парадигмы эта аксиоматика не носит абсолютного характера. Логические законы обязаны коррелировать с практикой, соответствовать ей, как это было с квантовой механикой. Не они задают тип реальности (практике), а реальности (практике) определённого типа соответствует свой тип рациональности, выраженный в логических законах. Это соответствие не имеет никаких правил и принципов, а выявляется по факту обнаружения различных предикатов, которые необходимо свести в одном логическом субъекте. Это «сведение» отталкивается от предшествующего уровня практики и соответствующего ему научного выражения, на что «накладываются» полученные вновь предикаты, которые участвуют в «трансформации» старого логического субъекта. Этот механизм можно назвать аналогией. Как уже отмечалось выше, особенно активно он использовался на ранних, переходных формах, при становлении объектов исследования электродинамики и термодинамики, однако и в настоящее время аналогия находит применение. Именно эта «смесь» и определяет новые логические законы, т.е. иной тип рациональности. Типичный пример – корпускулярно-волновой дуализм. Представление о неделимых частицах было сформулировано ещё в античности и «реанимировано» «по аналогии» в конце XIX века на основании обычной формальной логики Аристотеля. Однако уже в начале XX столетия, в связи с вновь обнаруженными эмпирическими свойствами частиц и их теоретическим описанием, возникла необходимость совместить в них различные предикаты. Эти предикаты – свойство быть неделимой частицей и свойство быть волной, что можно интерпретировать как появление нового логического закона и нового типа рациональности. Впрочем, обо всём этом подробнее говорилось выше. Разумеется, логические

законы используются не только при конструировании логических субъектов – объектов физического исследования, но и при операциях с понятиями внутри физической теории, выполняя тем самым свою традиционную функцию.

Следует отметить, что оба способа взаимосвязи логического субъекта и предиката не являются совершенно произвольными и независимыми друг от друга. Представление разложения субъекта в предикативный ряд, использующийся в субстанциональной онтологической парадигме, можно рассматривать как предельный случай функциональной зависимости субъекта от предикатов. Другими словами, сам предикативный ряд $S = \sum P_i$, формально, а не содержательно также может рассматриваться как функция $S = f(P_i)$, и в этом смысле субстанциональная онтологическая парадигма выступает предельным случаем парадигмы реляционной. Самым простым способом сконструировать логический субъект будет простое суммирование предикатов, наполнение ими всего содержания конструируемого понятия и на основании этого создание нового объекта исследования. Правда, с содержательной точки зрения эти парадигмы различны: в субстанциональной – первичным существованием обладает логический субъект, а в реляционной первично существуют предикаты.

Это отличие обуславливает собой и иное, связанное с концептуальным, представлением космоса. Если в предшествующей парадигме, например в космологии Аристотеля, где космос рассматривался как целостная, чувственная данность, сущность, имеющая определённое логическое выражение и «функционирующая» по определённым физическим законам, или в классическом представлении Нового времени, где космос рассматривался как совокупность физических тел, наука о космосе в целом (космология), была в меньшей мере связана с физикой. В субстанциональной онтологической парадигме она могла претендовать на относительно самостоятельный статус или на то, что она является частью астрономии. В новой, реляционной онтологической парадигме, в которой объекты космологических исследований «конструируются» по законам функциональных зависимостей от предикатов, прежде всего физических свойств соответствующих типов и видов реальности, космологическое знание выступает в единстве со знанием физическим, образуя целостное и комплексное физико-космологическое научное знание. Большинство ведущих специалистов¹⁹⁴ по космологии признано, что в настоящее время

¹⁹⁴ См., например, [36], [62] и другие.

космология и физика, особенно физика микромира, теснейшим образом взаимосвязаны между собой. Микромир и мега-, и даже гигамиры, сливаясь, образуют единое знание о природе в её наиболее фундаментальных и значимых свойствах.

Однако физика и космология, взятая в своём единстве, не является «конечным продуктом» процесса дифференциации человеческой практики на предикаты и последующего генезиса объектов физического и космологического исследований. Само физическое и космологическое знание, принявшее форму целостных завершённых теорий¹⁹⁵, описывающих те или иные физические объекты, интегрируется в практику и становится её неотъемлемой и составной частью. Это интегрированное знание можно рассматривать как особый, специальный вид практики, не связанный с обыденной, повседневной реальностью. В то же время в виде достижений научно-технического прогресса эти знания становятся и повседневной реальностью, из которой, также как и из специального вида практики, «вычлениаются» предикаты, положенные в основу дальнейшего генезиса объектов физической реальности. Именно эта составная практики выступает базой для аналогий там, где она уместна. Таким образом, можно утверждать, что схема, представленная на рис. 2, представляет собой систему с положительной обратной связью, где вновь получаемое и «утилизированное» (в смысле включённое в практическую «орбиту» человека) знание стимулирует дальнейшее исследование и развитие физического и космологического знаний.

Последнее положение имеет тесную взаимосвязь с проблемой познаваемости мира и связанную с ней проблемой построения окончательной физической теории. По этому поводу существует две основные точки зрения. Согласно одной из них, которая широко распространена среди западной интеллектуальной физической элиты¹⁹⁶ и которая является следствием гипотезы «внешней действительности», физическую реальность можно описать при помощи завершённой, целостной и конечной физической теории. Иными словами, согласно этой точке зрения, задача физиков создать теорию всего (в английской аббревиатуре ТОВЕ), после создания которой задача познания – «подчищать» мелкие детали. Вторая точка зрения, которую, например, представляет марксизм, утверждает, что такой

¹⁹⁵ В качестве таковых физических теорий можно рассматривать классические электродинамику, статистическую физику, термодинамику, СТО и ОТО, квантовую механику, в качестве космологических – релятивистскую космологию.

¹⁹⁶ По этому поводу см. например [123]. Та же точка зрения присутствует и в вышеуказанной работе [206].

теории не может быть создано в принципе в силу неисчерпаемости самих предметов физического исследования: «Электрон так же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна...» [61, стр.419.]. Процесс познания согласно таким взглядам не имеет никаких ограничений и может продолжаться и развиваться, пока существует человек и человеческое сообщество.

Рассмотрение культурно-исторических, социальных и других оснований этих двух точек зрения не является задачей данной работы, хотя они, безусловно, играют весьма важную, если не основную роль. С точки зрения культурно-исторических факторов, можно говорить о влиянии на первую точку зрения протестантизма и его установок на «рациональную ограниченность мира», в которой его этика приобретает особый смысл, а с точки зрения социально-экономических факторов очевидно, что установка на ограниченность знания тесно связана с исчерпанием капиталистического способа производства. Впрочем, это тема требует отдельного серьёзного аргументированного и детального исследования. В рамках данной работы, которая связана с онтологическими основаниями физического знания, можно заметить, что субстанциональная онтологическая парадигма лежит в основании первой точки зрения, тогда как реляционная – во второй. Действительно, в первом случае, признавая даже существование *бесконечного* количества сущностей (субстанций), т.е. единичных вещей, сам механизм их разложения в предикативный ряд предполагает наличие конечного количества их общих и фундаментальных свойств (предикатов), которые, после операции «обращения», о которой говорилось выше, и выступают предметом физического исследования. Именно на этом основании, т.е. на существовании конечного количества свойств как объектов физического описания и исследования, и возможна формулировка первой точки зрения. И даже в современной науке, где предикаты (свойства) тел, как было показано выше, давно уже не являются объектами исследования, подобная онтологическая установка сохраняет своё влияние, «подкреплённая» целым рядом других, вненаучных культурно-исторических, социально-экономических мотивов.

С точки зрения реляционной онтологической парадигмы, процесс познания действительно не имеет ограничений. Будучи раз «запущенным» и начав изучение действительности с обыденной, простой реальности, о чём пишут Эйнштейн и Бор, процесс познания вновь и вновь включает в себя уже свои результаты, тем самым, давая новую «пищу» и для эмпирического, и для теоретического познаний. Система с положительной обратной связью, которая и

представляет собой данная онтологическая схема, не имеет внутренних ограничений для своей «работы», эти ограничения могут возникнуть только как внешние, нефизические, и даже вненаучные обстоятельства.

Вместе с тем, вовсе не следует понимать эту схему, утверждающую определённую свободу творчества в физическом познании, как постулирование свободного произвола исследователя, или апологетику, его пустой и немотивированной фантазии. Как отмечает В.Л. Хромова, разделяющая подобный гносеологический подход, «... на поверку она (свобода творчества – Т.Я.) оказывается достаточно жёстко связанной объективной реальностью, которая дана субъекту (познания – Т.Я.): а) в форме определённой совокупности экспериментальных результатов, отвечающих антиципаниям теории, б) в форме определённой совокупности теоретических знаний, апробированных практикой и существенных для осмыслений рассматриваемой предметной области» [124, стр.61.]. Таким образом, процесс физического познания в случае субстанциональной онтологической парадигмы действительно отражает объективные принципы и закономерности природы, но делает это не так «линейно», как в предшествующей онтологической парадигме. Впрочем, гносеологическая составляющая представленных в данной работе онтологических парадигм требует отдельного, детального и глубокого исследования.

На этом есть смысл закончить данное исследование. Его содержательная часть представлена выше и остаётся подвести только некоторые итоги, что и будет сделано в заключении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставив вопрос об онтологических основаниях физического знания и проведя детальный анализ этой проблемы, как результат её решения была сформулирована целостная концепция этих оснований, прежде всего для современного физического и космологического знаний. Эта концепция является «преемницей» более ранней онтологической концепции, на основании которой смог появиться такой феномен как европейская наука, прежде всего, физика и космология. Впервые в истории европейской науки целостная и эффективная, с точки зрения возникновения и развития физического знания, онтологическая концепция была сформулирована Аристотелем, которому удалось «синтезировать» и «сочлениить» свойства бытия, необходимые для полноценного функционирования и производства научного знания. И хотя попытки дать онтологическое обоснования научному познанию предпринимались и ранее целым рядом античных философов и философских школ, все они оказались не вполне состоятельными и не смогли решить этой задачи. Наиболее близко к её решению подошёл Платон, однако отсутствие в его концепции онтологического статуса у материальной составляющей единичных вещей не дало возможности на базе теории идей Платона «строить здание» физической науки. Аристотель, развивший и преобразовавший платонизм, дополнив платоновскую онтологию онтологизацией материальной составляющей каждой вещи, тем самым открывает путь физическому познанию, обосновывая его две составные: эмпирическое и теоретическое. В области эмпирического Аристотель утверждает необходимость «опоры» на чувственные данные, что впоследствии реализуется в физике Нового времени, а в области теории Аристотель создаёт методологический «каркас» – формальную логику, которую можно рассматривать как определенный тип рациональности, соответствующий его онтологической парадигме. Основным тезис аристотелевской онтологической парадигмы есть тезис о первичном существовании единичной вещи, которая дана нам в своей чувственной полноте и логической форме выражения. Первое «отвечает» за чувственное познание, а второе за рациональное.

Эта парадигма, несмотря на существенное изменение содержания физического знания и в определённой мере, отказе от наследия Аристотеля, как парадигма оснований физики осталось неизменной. По сути своей можно утверждать, что классическая физика есть учение *об общих свойствах тел*, непосредственно данных нам в чувственном опыте и «обличённых» в определённую логическую

форму. Это учение получило глубокое развитие благодаря «методологической революции», связанной с широким использованием математических методов, что было невозможно в античности в силу неразвитости самой математики и «эмпирических технологий». Своё воплощение физическое учение об общих свойствах тел получило в классической механике Ньютона, и это можно рассматривать как триумф субстанциональной онтологической парадигмы, т.е. парадигмы Аристотеля. Эта парадигма предполагала обязательные элементы в виде эмпирической составляющей, теоретической составляющей, основой которой является некоторый тип рациональности, определяемый тремя законами логики Аристотеля, являющиеся следствием его онтологии. Кроме того, данная онтологическая парадигма задаёт определённую структуру физического знания, в основе которой лежит механика как дисциплина о пространственном перемещении физических тел.

Однако дальнейшее развитие научного знания вошло со субстанциональной парадигмой в противоречие. Основной противоречивый момент заключался в том, что физические «тела» «перестали являться» исследователю во всей своей полноте чувственного восприятия. Это связано с расширением границы познания и становлением таких дисциплин, как: статистическая физика, термодинамика и электродинамика. Соответственно физические объекты, «претерпевшие трансформацию» в нашем восприятии, были электромагнитное поле, мировой эфир и мельчайшие неделимые частицы – атомы. Именно со становлением этих дисциплин физика постепенно перестаёт быть дисциплиной об общих свойствах физических тел и становится наукой о физических объектах. Сами же объекты представляют собой логические конструкторы, функционально зависимые от свойств (предикатов), имеющих как эмпирический, так и логический характер. Это является принципиальным отличием одной онтологической парадигмы от другой. Другим отличием является *возможность* наличия других типов рациональности, обусловленных *возможностью* других, неаристотелевских законов логики. Эти законы являются законами функциональной зависимости субъектов от предикатов, могут выступать обобщением практического взаимодействия человека с окружающей его действительностью. Кроме того, в данной, новой парадигме структурирование физического знания имеет уже иной характер. Для неё характерна структура не по природе сил (механика, электродинамика, термодинамика), а по пространственным масштабам объекта исследования (квантовая физика, релятивистская физика, космология, которая объединяет

в себе все эти типы реальности). Исходной онтологической основой в случае новой парадигмы, которую уместно назвать реляционной (от английского *relations* – связь, отношения), выступает нераздельность субъекта и объекта исследования – человеческая практика.

В отличие от предшествующей субстанциональной парадигмы, которая изначально ставила себе целью получение совершенно объективного, независимого от человека знания, реляционная парадигма изначально содержит человеческий фактор и не реализуема вне него. Ещё одно отличие первой от второй парадигм заключено в том, что субстанциональная парадигма предполагает конечность процесса познания и соответственно выразимость всех физических знаний о мире в конечных физических теориях, тогда как реляционная парадигма своим следствием имеет бесконечность процесса познания.

Эти основные следствия реляционной онтологической парадигмы представляют ценность в рамках исследования собственно процесса физического (и космологического) познания, однако могут иметь и самостоятельное значение, а, кроме того, они могут быть развиты далее и обобщены, что, конечно же, предполагает отдельные серьёзные исследования в будущем, основные направления которых можно указать уже сейчас:

1. Рассматривая ближайшую к онтологии и неразрывно связанную с ней дисциплину – гносеологию, можно смело утверждать, что смена субстанциональной и утверждение новой реляционной парадигмы с необходимостью должно требовать и трансформации гносеологических подходов и принципов вообще, и физического познания в частности. Процесс познания и его результат – знание выступают в единстве и в субстанциональной, и в реляционной парадигмах, однако между ними имеется принципиальное различие. Если в субстанциональной парадигме, в которой объект исследования дан изначально, во всей своей полноте, процесс познания представляет собой *отражение* этого объекта субъектом познания, то в реляционной парадигме, где объект *изначально* отсутствует как данность для субъекта познания и появляется в результате процесса познания, об этом процессе можно говорить не как об отражении, а как об особом, специальном процессе *конструирования*. Впрочем, подобный подход требует более детального и обстоятельного анализа и аргументации, которые целесообразно выполнить в отдельном исследовании.

2. Реляционная онтологическая парадигма продолжает традиции онтологии Аристотеля в рассмотрении законов логики как онтологических законов, которые регламентируют выполнение операций

с понятиями как формальной составной истинного бытия. Тот тип рациональности, который задаёт метафизика Аристотеля, предполагает свою единственность и уникальность, что обусловлено единственностью и уникальностью каждой вещи (сущности) в онтологической концепции Аристотеля, строгой иерархичностью общих и частных свойств, на которые раскладывается каждый логический субъект. Реляционная онтологическая концепция, предполагающая динамику логического субъекта и постулирующая в качестве первичной реальности не «гипотезу внешней действительности», а единство человека и объекта его исследования в виде практики, тем самым обосновывает множественность систем логических законов, т.е. множественность различных форм и типов рациональности. Критерием выбора типа рациональности выступает практика. В этом смысле ситуация аналогична той, что сложилась в XIX веке в геометрии, где на протяжении более двух тысяч лет геометрия Эвклида считалась единственно возможной и в этом смысле уникальной. И только развитие неевклидовых геометрий расширило наши горизонты геометрических представлений, а метод формализации обосновал множественность геометрий, выбор среди которых в отношении к описанию реального мира определяется наблюдательными данными. Таким образом, опираясь на реляционную онтологическую парадигму можно вести исследования и в области логики, исследуя возможные типы рациональности.

3. Реляционная онтологическая парадигма в основаниях физического знания, применённая в целом к наукознанию как относительно самостоятельной дисциплине, в случае её обобщения на науку вообще может оказать существенное влияние и быть использованной при решении ряда конкретных задач науковедения. К ним можно отнести проблему генезиса и развития научных понятий, представляемых как содержательный базис научной теории, и которую онтологическая парадигма решает рассмотрением логических субъектов как функций от своих предикатов. Кроме того, данный онтологический подход содержит в себе определённое решение проблемы оснований научного знания, предлагая в качестве таковых человеческую практику. Онтологическая парадигма в её различных формах может быть применена и в «сопряжённых» с этой проблемами соизмеримости научных теорий, аксиоматизации естественнонаучных теорий, наблюдаемости и ненаблюдаемости в науке и некоторых других. И, наконец, постановка вопроса об онтологических основаниях научного знания и его решение в виде двух онтологических парадигм даёт ответ и на другой вопрос специфики европейской

культуры в целом и генезиса в её «недрах» такого уникального и эффективного преобразователя окружающей действительности как европейская наука. Этот ответ заключён в том, что только в рамках европейской науки была сформирована определённая онтологическая система, «открывающая дорогу» развитию научного знания и научной методологии. Везде, где феномен науки не состоялся, зачастую, несмотря на развитие там сложных философских систем, не состоялась и соответствующая научному знанию онтологическая концепция, а существующие концепции были несовместимы с наукой.

4.Реляционная онтологическая парадигма в основаниях физического знания и как «антитезис» парадигме субстанциональной, и как её расширение и дополнение, может быть использована не только в анализе физического и космологического знаний. Она может быть обобщена и использована как онтологическое основание и при анализе целого ряда других типов реальности, где ясно и чётко, как и в физическом знании, можно выделить объект исследования и представить его как логический субъект. В первую очередь это касается социальных дисциплин, где их объекты исследования – человек, общество, различные социальные группы могут рассматриваться как функциональные зависимости от свойств, выделяемых общественной практикой. Очевидно, что все свойства, выявляемые реляционной парадигмой (например, относительность множественности), при этом будут выявляться и в объектах исследования, проводящихся на основе данной парадигмы, а методология, основанная на ней, может быть эффективной в решении актуальных общественных проблем.

Безусловно, применение реляционной онтологической парадигмы и в целом концепции двух парадигм к решению вышеозначенных проблем требует отдельных работ, особого подхода и исследования. Всё это перспективы будущего, но важным является то, что такие перспективы в концепции онтологии физического знания существуют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов А.И. История ядерной физики./А.И.Абрамов. – М.: УРСС, 2006. – 232с.
2. Александров Ю.В. Астрономія: Історико-методологічний нарис. / Ю.В. Александров. – К.: Сфера, 1999. – 88 с.
3. Александров Ю.В. Основи релятивістської космології: навчальний посібник. /Ю. В. Александров. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2004. – 134 с.
4. Альвен Г. Миры и антимирь. Космология и антиматерия. /Г. Альвен; пер. со швед. Ю.К. Зайцева – М.: Мир, – 1968, – 120 с.
5. Андреев. И.Л. Происхождение человека и общества./И.Л. Андреев. – М.: Мысль, 1988. – 416 с.
6. Анисов А.М. Современная логика /А.М.Анисов – М.: ИФ РАН, 2002. – 273 с.
7. Антисерии Д. Западная философия от истоков до наших дней. Античность и средневековье /Д. Антисерии и Дж. Реале; в переводе с итал. и под редакцией С.А. Мальцевой. – СПб.: Пневма, 2001. – 604 с.
8. Аристотель. Метафизика. /Аристотель; пер. с др. гр. А.В. Кубицкого. – М.: Мысль, 1981. – 552 с. (Собрание сочинений в четырёх томах /Аристотель; Т.1, Серия: философское наследие).
9. Аристотель. О небе. /Аристотель; пер. с др. гр. Н.В. Брагинского, Т.А. Миллера, А.В. Лебедева, В.П. Карпова – М.: Мысль, 1981. – 613 с. (Собрание сочинений в четырёх томах /Аристотель; Т.3. Серия: философское наследие).
10. Аристотель. Физика. /Аристотель; пер. с др. гр. Н.В. Брагинского, Т.А. Миллера, А.В. Лебедева, В.П. Карпова. – М.: Мысль, 1981. – 613 с. (Собрание сочинений в четырёх томах /Аристотель; Т.3. Серия: философское наследие).
11. Аронов Р.А. К вопросу о логике микромира./Р.А. Аронов. // Вопросы философии – 1970. – №2 – С. 123 – 125.
12. Архангельская И.В. Космология и физический вакуум. /И.В. Архангельская, И.Л. Розенталь, А.Д. Чернин. – М.: КомКнига, 2006. – 216 с.
13. Бережной Ю.А. Удивительный квантовый мир./ Ю.А. Бережной. – К.: Мастер-класс, 2007. – 240 с.
14. Бернал Дж. Наука в истории общества./Дж. Бернал; пер. с англ. А.М. Вязьминой, Н.М. Макаровой, Е. Г. Панфиловой. – М.: Иностранная литература. 1956. – 735 с.
15. Больцман Л. О методах теоретической физики /Л. Больцман // Статьи и речи – М: Наука, – 1970, Стр. 65 – 71.

16. Больцман Л. О неизбежности атомистики в естественных науках /Л. Больцман // Статьи и речи – М: Наука, – 1970, Стр.124-125.
17. Больцман Л. О статистической механике /Л. Больцман // Статьи и речи – М: Наука, – 1970, Стр. 168 – 179.
18. Бор Н. Избранные научные труды. /Н. Бор; пер. с англ. И.В. Андреева, С.И. Вавилова И.М. Дрёмина. – М.: Наука, 1970. – 584 с. (Избранные научные труды в двух томах./Н. Бор. Т. 1, Серия: классики науки).
19. Бор Н. Избранные научные труды. /Н. Бор; пер. с англ. В.А. Фоком, А.В. Лермонтовой, В.Я. Френкелем и др. – М.: Наука, 1971. – 676 с. (Избранные научные труды в двух томах./Н. Бор. Т. 2, Серия: классики науки).
20. Бранский В.П. Философское значение проблемы наглядности в современной физике /В.П. Бранский. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1962. – 192 с.
21. Бруно Дж. Изгнание торжествующего зверя. О причине, начале и едином./Дж. Бруно; пер. с итальян. А.В. Золотарева – Минск: Харвест, 1999. – 480 с. – (Классическая философская мысль)
22. Бруно Дж. О Бесконечности, вселенной и мирах./ Дж. Бруно; пер. с итал. М.А. Дынника – М.: Соцэкгиз, 1936. – 245 с.
23. Вайнберг С. Гравитация и космология. /С.Вайнберг; – [2-ое издание], пер. с англ. В.М. Дубовника и Э.А. Тагирова под редакцией Я.А. Смородинского. – Волгоград: Платон, 2000. – 696 с.
24. Галилей Галилео Диалог о двух главнейших системах мира – птоломеевой и коперниковой. /Галилей Галилео; пер. с итальян. У.И. Франкфурт – М.: Наука, 1964. – 639 с. (Избранные произведения в двух томах. /Галилей Галилео, Т.1).
25. Гейзенберг В. Развитие понятий в физике XX столетия /В. Гейзенберг. // Вопросы философии – № 1 – 1975. – С. 79 – 88.
26. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. /В.Гейзенберг; пер.с нем. И.А. Акчурина и Э.П. Андреева – М.: Наука, 1989. – 400 с.
27. Гинзбург В.Л. О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года. /В.Л. Гинзбург. //Успехи физических наук – 2002. – Т. 172, №2. – С.213-219.
28. Глинер Э.Б. Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества / Э.Б. Глинер.// Журнал экспериментальной и теоретической физики – 1965. – Т. 49, – С. 542-548.
29. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиск окончательной теории /Б. Грин; пер. с англ. под общим руководством академика РАН С.С. Горштейна, общ. ред. В.О. Малышенко – М.: УРСС, 2004. – 288 с.

30. Грин М. Теория суперструн: В 2-х т. Т.1. / М. Грин, Дж.Шварц, Э. Виттен; пер с англ. С.И. Азикова, П.Б. Медведева – М.: Мир, 1990. – 518 с.,
31. Грин М. Теория суперструн: В 2-х т. Т.2. /М. Грин, Дж.Шварц, Э. Виттен; пер с англ. С.И. Азикова, П.Б. Медведева – М.: Мир, 1990. – 656 с.
32. Гросс Д. Грядущие революции в фундаментальной физике [Электронный ресурс] /Д. Гросс //Элементы. – Режим доступа до журналу <http://elementy.ru/lib/430177>
33. Гуков С.Г. Введение в струнные дуальности. /С.Г. Гуков. // Успехи физических наук – 1998. – Том 168, №7. – С.705-717.
34. Доброхотов А.Л. Категория бытия в классической и западно-европейской философии. /А.Л. Доброхотов. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 248 с.
35. Дойч Д. Структура реальности /Д. Дойч; пер. с англ. Н.А. Зубченко – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 400 с.
36. Долгов А.Д. Космология ранней вселенной. / А.Д. Долгов, Я.Б. Зельдович, М.А.Сажин. – М.: Изд-во Московского университета, 1988. – 244. с.
37. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики: С древнейших времён до конца XVIII века. /Я.Г. Дорфман. – [2-ое изд.] – М.: КомКнига, 2007. – 352 с.
38. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики: С начала XIX до середины XX вв. /Я.Г. Дорфман. – [2-ое изд.] – М.: Изд-во ЛКИ, 2007, – 320 с.
39. Дуков В.М. Электрон. История открытия и изучения свойств. / В.М. Дуков – М.: Просвещение, 1966. – 235 с.
40. Жизнь животных в шести томах. [Л.А. Зенькевич и др.]. – М.: Просвещение. Т.1. – 1968. – 580 с.
41. Зельдович Я.Б. Строение и эволюция Вселенной. /Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков. – М.: Наука, 1975. – 736 с.
42. Зельманов А.Л. Некоторые философские аспекты современной космологии и смежных областей физики // Диалектика и современное естествознание. /А.Л. Зельманов. – М.: Наука, 1970. – С. 395 – 400.
43. Зиновьев А.А. Очерки эпистемической логики / А.А. Зиновьев. // Логика и физика: сб. научн. работ – Свердловск: Изд-во Уральского государственного университета, 1975. – Стр. 3-11.
44. Зиновьев А.А. Логическая физика /А.А. Зиновьев. – М.: Наука, 1972. – 191 с.
45. Зиновьев А.А. О логике микрофизики /А.А. Зиновьев. // Вопросы философии –№2, – 1970. – С. 128-135.

46. Идлис Г.М. Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы. /Г.М. Идлис. //Известия Астрофизического Института АН КазССР, – 1958. – Т.7 – С. 396-401.
47. Казютинский В.В. Антропный принцип в научной картине мира // Астрономия и современная картина мира. /В.В.Казютинский. – М.: ИФРАН. – 1996. – С. 144-182.
48. Каку М. Параллельные миры: Об устройстве мироздания, высших измерениях и будущем Космоса /М. Каку; Перев. с англ. М. Кузнецовой – М.: ООО Издательство «София», 2008. —416 с.
49. Картер Б. Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии. /Б. Картер // Космология: теория и наблюдения. - М.: Мир. - 1978. - С. 369-379.
50. Кассирер Э. Познание и действительность. Понятие субстанции и понятие функции. / Э. Кассирер; пер. с нем. Б. Столпнера и П. Юшкевича. – М.: Гнозис, 2006. – 400 с.
51. Клайн М. Математика. Утрата определённости. /М. Клайн; пер. с англ. Ю. А. Данилова – М.: Мир, 1984. – 434 с.
52. Кравченко А.М. Философские проблемы обоснования физической теории /А.М. Кравченко. – К.: Наукова думка, 1985. – 240 с.
53. Крейг У. Самое начало. (Происхождение Вселенной и существование Бога.) / У. Крейг; пер с англ. А. Цветкова – Чикаго: SGP Vox 502, Chicago, IL, 60690-0502 USA, 1987. – 80 с.
54. Кузнецов Б.Г. О квантово – релятивистской логике./Б.Г. Кузнецов. //Вопросы философии. – 1970. – №2. – С. 118 – 122.
55. Кузнецов Б.Г. Принцип дополнительности./Б.Г. Кузнецов. – М.: Наука, 1968. 87с.
56. Кун Т. Структура научных революций. /Т.Кун; пер.с. англ. И.З. Налётова – М.: Прогресс, 1975 – 288 с.
57. Ламберт Д. Доисторический человек./Д.Ламберт; пер. с англ. В.З. Махлина. – Ленинград: Недра, 1991. – 256 с.
58. Ландау Л.Д. Механика. /Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – [2-ое издание] – М.: Гос. Изд-во физ.-мат. лит., 1958. – 208 с. – (Курс теоретической физики в девяти томах. /Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Т.1.).
59. Ландау Л.Д. Теория поля. /Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – [7-ое издание] – М.: Наука, 1988. – 510 с. – (Теоретическая физика в десяти томах/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Т. 2.).
60. Лейбниц Г.В. Письмо к Якобу Томазию о возможности примирить Аристотеля с новой философией. /Г.В. Лейбниц; пер. с латинского, французского, немецкого Я.М. Боровского, В.Г. Крёбера,

- В.П. Приobraженского и др. – М.: Мысль, 1982. – 636 с. (Сочинения в четырёх томах /Г.В. Лейбниц, Т.1. Серия: философское наследие)
61. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм /В.И. Ленин. – М.: Политиздат, 1985. – 601 с. (Избранные сочинения: В 10-ти томах / В.И. Ленин Т.5. Ч. I.).
 62. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. /А.Д. Линде. – М.: Наука, 1990. – 280 с.
 63. Логика и физика: сб. научных работ / [научн. ред. Чупин П.П. и др.]. – Свердловск: Изд-во Уральского гос. Университета, 1975. – 149 с.
 64. Лосев А.Ф. Платон. Аристотель./А.Ф. Лосев, А.А. Тахо-Годи – М.: Мол. гвардия, 1993. – 383 с.
 65. Льюис Марио История физики. /Марио Льюис; пер. с итал. Э.Л. Бурштейна. – М.: Мир, 1970. – 464 с.
 66. Ляховский В.Д., Болохов А.А. Группы симметрии и элементарные частицы. /В.Д. Ляховский, А.А. Болохов. – Л.: Изд-во ленинградского университета, 1983 – 336 с.
 67. Максвелл Дж. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. /Дж. Максвелл; пер. с англ. У.И. Франкфурта – М.: Государственное издательство научно технической литературы, 1954, – 687 с.
 68. Максвелл Дж. Молекулы. /Дж. Максвелл// Статьи и речи. – М.: Наука. – 1968. – Стр. 69 – 78.
 69. Максвелл Дж. К. Пояснения к динамической теории газов. /Дж. Максвелл// Статьи и речи. – М.: Наука. – 1968. – Стр. 69 – 78.
 70. Мамчур Е.А. Проблем соизмеримости теорий /Е.А. Мамчур. // Физическая теория (философско-методологический анализ): сб. научн. работ [научн. ред. Акчурин И.П. и др.] – М.: Наука, 1980. – С. 114-135.
 71. Маркс К., Энгельс Ф. Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии /К.Маркс, Ф. Энгельс. – М.: Политиздат, 1985. – 639 с. (Избранные произведения в 3-х томах/ К.Маркс, Ф. Энгельс, Т 3.).
 72. Маршаков А.В. Теория струн или теория поля? / А.В. Маршаков. // Успехи физических наук – 2002. – Том 172, №9. – С.979-1020.
 73. Математический энциклопедический словарь / [Главный редактор Ю. В. Прохоров] – М.: «Советская энциклопедия» – 1988. – 847 с.
 74. Материалисты древней Греции. Собрание текстов Гераклита, Демокрита и Эпикура /Собрание текстов Гераклита, Демокрита и Эпикура; редакция и пер. с др. гр. М.А. Дынника. – М.: Гос. изд-во политической литературы, 1955. – 238 с.
 75. Менский М.Б. Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов». / М.Б. Менский. //Успехи физических наук. – 2000. –Т. 170, №6. – С. 631-648.

76. Методологические принципы физики: [коллективная монография / ред. Кедров Б.М., Овчинников Н.Ф.] – М.: Наука, 1975. – 512 с.
77. Моисеев Н.Н. Человек и биосфера: опыт системного анализа и эксперименты с моделями /Н.Н.Моисеев. – М.: Наука, – 1985. – 271 с.
78. Моисеев Н.Н. Идеи естествознания и общественные науки / Н.Н.Моисеев. – М.: ВЦ АН СССР, 1991. – 55 с.
79. Молчанов Ю.Б. Четыре концепции времени в философии и физике. / Ю. Б.Молчанов. – М. Наука, 1977. – 192 с.
80. Морозов А.Ю. Теория струн — что это такое? /А.Ю. Морозов. // Успехи физических наук – 1992. – Т. 162, №8 – С.83-175.
81. Мостепаненко А.М. Проблема существования в физике и космологии. Мировоззренческие и методологические аспекты. / А.М. Мостепаненко. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1987. – 153 с.
82. Наан Г.И. Проблемы и тенденции релятивистской космологии / Г.И. Наан // Эйнштейновский сборник. – М.: Наука, 1966. – С.339 -372.
83. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. / И. Ньютон; перев. с лат. А.Н. Крылова. – М.: Наука, 1989. – 486 с.
84. Ньютон И. Оптика, или трактат об отражении, преломлениях, изгибаниях и цветах света./ И. Ньютон; пер с англ. С.И. Вавилова – М. – Л., Гос. Изд-во, 1927, – 368 с.
85. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц./Л.Б. Окунь. – М.: Наука, 1988 – 272 с.
86. Окунь Л.Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц. / Л.Б. Окунь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 128 с.
87. Омеляновский М.Э. Гейзенберг и развитие физических понятий / М.Э. Омеляновский. // Вопросы философии – № 1 – 1975. – С.90 – 96.
88. Омеляновский М.А. Развитие оснований физики XX века и диалектика /М.А. Омеляновский. – М.: Наука, 1984. – 312 с.
89. Отклики читателей на статью М.Б. Менского. «Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов». //Успехи физических наук. – 2001. –Т. 171, №4 – С. 437-462.
90. Павленко А.Н. Европейская космология – основание эпистемологического поворота. /А.Н. Павленко. – М.: Интрада, 1997. – 257с.
91. Павленко А.Н. Место «хаоса» в новом мировом «порядке». / А.Н.Павленко. // Вопросы философии – 2003. – №9, – С. 39 – 53
92. Павленко А.Н. «Стадия эмпирической невесомости теории» и ad hoc аргументация. /А.Н.Павленко. //Философия науки. – М.: ИФРАН. – 1998. – Выпуск 4. – С. 108-118.

93. Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна / А.Пайс; пер. с англ. В.И. и О.И. Мацарских. – М.: Наука, 1989. – 508 с.
94. Пахомов Б.Я. Проблемы изменения значений научных понятий / Б.Я. Пахомов. // Вопросы философии – № 1 – 1973. – С. 140-144.
95. Поппер К. Что такое диалектика? /К. Поппер. // Вопросы философии – №1.– 1995. – С. 118-138.
96. Пугач Б.Я. Диалектика наблюдаемости и ненаблюдаемости в естественнонаучном познании / Б.Я. Пугач. Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1991. – 258 с.
97. Развитие оснований физической теории. / [М.В. Попович, Н.Н. Киселёв, А.М. Кравченко и др.]; под ред. А.М. Кравченко, В.С. Лукьянец. – К.: Наукова думка, 1989. – 189 с.
98. Райдер Л. Элементарные частицы и симметрии. /Л. Райдер; пер.с англ. А.П. Горяки – М.: Наука, 1983. – 317 с.
99. Рис М. Наша космическая обитель. /М.Рис; пер с англ. Н.А. Зубченко – Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002 – 192 стр.
100. Розенталь И.Л. Геометрия, динамика, Вселенная./И.Л. Розенталь – М.: Наука. 1987, – 145 с.
101. Розенталь И.Л. Теория элементарных частиц и принцип целесообразности. // Астрономия и современная картина мира. / И.Л.Розенталь. – М.: ИФРАН, 1996. – С. 183-192.
102. Розенфельд Л. Развитие принципа дополнительности. / Л.Розенфельд // Нильс Бор. Жизнь и творчество. – М.: Наука, 1967. – Стр. 61 – 87.
103. Сажин А.М. Современная космология в популярном изложении. / А.М.Сажин – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
104. Смирнов В.А. Логические методы анализа научного знания. / В.А. Смирнов – М.: Наука, 1987. 256 с.
105. Соколов В.А. К истории закона чёрного излучения (Об исследованиях В.А. Михельсона) /В.А. Соколов // Успехи физических наук – 1951. – Т. 43, №2. – С. 275 -283.
106. Сорохтин О.Г. Глобальная эволюция Земли. / О.Г. Сорохтин, С.А. Ушаков. – М.: Изд-во МГУ. 1991. – 446 с.
107. Сочинения платоновской школы. Определения. /пер. с др. гр. С.Я. Шейнман-Топштейна. – М., Мысль, 1994. – 832 с. (Собрание сочинений в четырёх томах /Платон. Т.4. Серия: философское наследие).
108. Старобинский А.А. Спектр реликтового гравитационного излучения и начальное состояние Вселенной / А.А. Старобинский. //

- Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики – 1979 – Т.30, Вып. 11 – С. 719-723.
109. Стаханов И.П. Логика «возможного»./И.П. Стаханов. // Вопросы философии – 1970. – №2. – С. 126 – 127.
 110. Степин В.С. Теоретическое знание: структура, историческая эволюция. /В.С.Степин. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 743 с.
 111. Тараров Я.В. Гносеологические проблемы космологии ранней вселенной: дис.. кандидата филос. наук: 09.00.09. /Тараров Яков Владимирович. – Харьков, 2002 – 194 с.
 112. Тараров Я. В. Проблема понятия «Вселенная» в квантовой космологии. /Я.В. Тараров. // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна Серія: Теорія культури та філософія науки – 2003. – №587. – С. 17-19.
 113. Тараров Я.В. Современная космология – возвращение к Платону? / Я.В. Тараров.// Академия – 2006. – №6 – С. 205-213.
 114. Тягло А.В. Становление научной концепции целостности. / А.В.Тягло. – Харьков: Из-во при Харьковском университете ИО «Вища школа», 1989. – 133 с.
 115. Физическая теория (философско-методологический анализ): сб. научн. работ /[научн. ред. Акчурин И.П. и др.] – М.: Наука, 1980. – 464 с.,
 116. Физическая теория и реальность: сб. научных работ / [научн. ред. Чудинов Э.М. и др.]. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1976. – 171 с.
 117. Фомин П.И. Гравитационная неустойчивость вакуума и космологическая проблема./ П.И. Фомин. Препринт – К.: ИТФ, 73-137Р, – 9 с. (Препринт / Институт теоретической физики АН УССР; ИТФ – 1973, 73-137Р).
 118. Фомин П.И. Квантово-полевой подход к теории релятивистской струйной активности квазаров и галактических ядер. / П.И.Фомин. //Украинский физический журнал – 1991. – Т.36, №12. – С.1785-1795.
 119. Фомин П.И. О механизме передачи энергии и момента в релятивистских струях квазаров и радиогалактик. /П.И.Фомин, М.Д. Томченко. // Кинематика и физика небесных тел. – 1997. – Т.13, №5. – С.24-35.
 120. Фридман А.А. О возможности мира с постоянной отрицательной кривизной пространства. /А. А. Фридман. //Успехи физических наук – 1963. – Том 80, №7. – С. 447-452.
 121. Фридман А.А. О кривизне пространства. / А.А. Фридман. // Успехи физических наук – 1963. – Том 80, №7. – С.439-446.

122. Хелзен Ф. Кварки и лептоны: Введение в физику частиц. / Ф. Хелзен, А. Мартин; пер с англ. А.П. Горяки – М.: Мир, 1987. – 456 с.
123. Хорган Джон Конец науки: Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки. /Джон Хорган; пер. с англ. М.Жуковой – СПб: Амфора, 2001. – 479 с.
124. Хромова В.А. Категориальный синтез теоретического знания. / В.А. Хромова. – К.: Наукова думка, 1984. – 296 с.
125. Цехмистро И.З. Импликативно-логическая природа квантовых корреляций. /И.З. Цехмистро. //Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, №4 – С. 452-458.
126. Цехмистро И.З. Холистическая философия науки. [Учебное пособие] / И.З. Цехмистро. – Суммы: ИТД «Университетская книга», 2002. – 364 с.
127. Чернин А.Д. Тёмная энергия и всемирное антитяготение. / А.Д. Чернин. //Успехи физических наук – 2008. – Том 178, №3. – С.267-300.
128. Чешев В.В. Проблема реальности в классической и современной физике / В.В Чешев. – Томск: Изд-во Томского университета, 1984. – 257 с.
129. Чудинов Э.М. Эйнштейновская концепция физической реальности / Э.М. Чудинов. // Физическая теория и реальность: сб. науч. работ – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1976. – С. 33 – 42.
130. Шаров А.С. Человек, открывший взрыв Вселенной. /А.С.Шаров, И.Д. Новиков. – М.: Наука, 1989. – 208 с.
131. Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь. Разум. /И.С. Шкловский; [6-е. изд.] – М.: Наука, 1987. – 320 с.
132. Эйнштейн А. Влияние Максвелла на развитие представлений о физической реальности./А. Эйнштейн; пер. с англ. Ю.А. Данилова, С.Г. Суворова, А.М. Френка. – М.: Наука, 1967. – С.136 – 139. – (Собрание научных трудов в четырёх томах./А.Эйнштейн, Т.4, Серия: классики науки).
133. Эйнштейн А. По поводу книги Эмиля Мейсона «релятивистская дедукция». /А. Эйнштейн; пер. с англ. Ю.А. Данилова, С.Г. Суворова, А.М. Френка. – М.: Наука, 1967. – С. 98 – 102. – (Собрание научных трудов в четырёх томах./А.Эйнштейн, Т.4, Серия: классики науки).
134. Эйнштейн А. Физика и реальность. /А. Эйнштейн; пер. с англ. Ю.А. Данилова, С.Г. Суворова, А.М. Френка. – М.: Наука, 1967. – С.200 – 227. – (Собрание научных трудов в четырёх томах. / А.Эйнштейн, Т.4, Серия: классики науки).

135. Albrecht A. Early Universe Cosmology and Test of Fundamental Physics: Report of the P. 4.8 Working Subgroup, Snowmass 2001 [Электронный ресурс] / Albrecht A., Frieman J., Trodden M. // arXiv: hep-ph/0111080 v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
136. Aldering G. Supernova Acceleration Probe: A Satellite Experiment to Study the Nature of the Dark Energy [Электронный ресурс] / G. Aldering, W. Althouse, R. Amanullah, J. Annis, P. Astier and other // arXiv:astro-ph/0405232 v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
137. Barrow J.D. The Anthropic Cosmological Principle. /J.D. Barrow, F.J. Tipler – Oxford: Oxford Univ. Press., 1986. – 388 p.
138. Battye R. Constraints on brane inflation and cosmic strings /R. Battye, B. Garbrecht, A. Moss, H. Stoica// Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. – Issue 01. – 2008. P. 20 – 43.
139. Bernal A. Physics from scratch. Letter on M. Tegmark's "The Mathematical Universe" [Электронный ресурс]/A. Bernal, M. Sánchez, F. José Soler Gil // arXiv:0803.0944. Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
140. Berndt M. The Anthropic Principle Revisited [Электронный ресурс]/M. Berndt // arXiv:astro-ph/0108259 v2. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
141. Bosma A. Dark Matter in Galaxies: Observational overview / A. Bosma// International Astronomical Union Symposium no. 220, held 21–25 July, 2003 in Sydney, Australia. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific. – 2004. P. 39 – 47.
142. Brandenberger R. Principles, Progress and Problems in Inflationary Cosmology. [Электронный ресурс] /R. Brandenberger // arXiv: astro-ph/0208103 v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
143. Brumfiel G. Quantum weirdness even stranger than previously thought. [Электронный ресурс] /G. Brumfiel // Nature – Режим доступа до журналу: <http://www.nature.com/news/2008/080813/full/news.2008.1038.html>
144. Caldwell R. Phantom Energy: Dark Energy with $w < -1$ Causes a Cosmic Doomsday /R. Caldwell, M. Kamionkowski, N. Weinberg// Physical Review Letters. – vol. 91. – Issue 7. – 2003. P. 273 – 295.
145. Carroll S. Is our Universe natural? /S. Carroll// Nature. – Volume 440. – Issue 7088. – 2006. P. 1132-1136.
146. Cirkovic M. Is the Universe Really That Simple? /M. Cirkovic// Foundations of Physics. – Vol. 32. – 2002. P. 1141 – 1168.

147. Clifford M. The Confrontation between General Relativity and Experiment. /M. Clifford //Living Reviews in Relativity – Vol. 9, No. 3. – 2006. – P. 18 – 107.
148. Clifton T. Islands in the landscape /T. Clifton, A. Linde, N. Sivanandam // Journal of High Energy Physics. – Issue 02. – 2007. P. 24 – 39.
149. Davies P. Does Life's Rapid Appearance Imply a Martian Origin? / Davies P // Astrobiology. – Volume 3. – Issue 4. – 2003. P. 673-679.
150. Davies P. How bio-friendly is the universe? / P. Davies // International Journal of Astrobiology. – vol. 2. – Issue 02. – 2003. P. 115-120.
151. Davies P. Multiverse Cosmological Models / Davies P //Modern Physics Letters A. – Volume 19. – Issue 10. – 2004. P. 727-743.
152. Deustua S. Cosmological Parameters, Dark Energy and Large Scale Structure [Электронный ресурс]/ Deustua S., Caldwell R., Garnavich P., Hui L., Refregier A. // arXiv:astro-ph/0207293 v1. – Режим доступа до журнала: <http://xxx.lanl.gov/>
153. Dicke R. H. Dirac's Cosmology and Mach's Principle/R. H. Dicke // Nature. – 192. –Nov.4 – 1961. P. 143 – 151
154. Garriga J. Prediction and explanation in the multiverse /J. Garriga A. Vilenkin // Physical Review D. – vol. 77. – Issue 4. – 2008. P. 259 – 267.
155. Gasperini M. String Theory and Fundamental Interactions / M. Gasperini, J. Maharana //String Theory and Fundamental Interactions, Lecture Notes in Physics. – Volume 737. – 2008. P.12 – 43.
156. Gasperini M. Dilaton Cosmology and Phenomenology /M.Gasperini //String Theory and Fundamental Interactions, Lecture Notes in Physics, – Volume 737. – 2008. P. 787.
157. Gasperini M. Elements of String Cosmology /M. Gasperini, G. Horowitz // Physics Today. – vol. 61. – Issue 10. –2008. P. 58 – 87.
158. Gasperini M. Pre-Big Bang Scenario in String Cosmology. / M. Gasperini and G. Veneziano [Электронный ресурс] // arXiv:hep-th/0207130v1. – Режим доступа до журнала: <http://xxx.lanl.gov/>
159. Gould S. The evolution of life on earth /S. Gould // Scientific American № 6. – 2004 – p. 92-100.
160. Gutperle M. M/string theory, S-branes and the accelerating universe / M. Gutperle, R. Kallosh, A. Linde// Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. – Issue 07. – 2003. P. 1 – 8.
161. Hertzberg M. Inflationary constraints on type IIA string theory / M.Hertzberg, S. Kachru, W.Taylor, M. Tegmark// Journal of High Energy Physics. – Issue 12, – 2007. P. 95 – 119.
162. Hertzberg M. Searching for inflation in simple string theory models: An astrophysical perspective/M. Hertzberg, M. Tegmark, S. Kachru,

- J. Shelton, O. Özcan// *Physical Review D*. – vol. 76. – Issue 10. – 2007. P. 38 – 57.
163. Ichiki K. Constraints from the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe on Decaying Cold Dark Matter/ K. Ichiki, M. Oguri, K. Takahashi// *Physical Review Letters*. – vol. 93. – Issue 7 – 2004. P.34 – 56.
 164. John E. Dark Matter and Dark Energy: Summary and Future Directions [Электронный ресурс] / John E. // arXiv: astro-ph/0304183v1. – Режим доступа до журнала: <http://xxx.lanl.gov/>
 165. Johri V. Phantom cosmologies /V. Johri// *Physical Review D*. – vol. 70. – Issue 4. – 2004. P. 31 – 38.
 166. Kachru Sh. de Sitter vacua in string theory /Sh. Kachru, R. Kallosh, A. Linde S. Trivedi // *Physical Review D*. – vol. 68, Issue 4. – 2003. P. 14 – 27.
 167. Kachru Sh. Towards inflation in string theory /Sh. Kachru, R. Kallosh, A. Linde, J.Maldacena, L. McAllister, S. Trivedi // *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*. – Issue 10, – 2003. P. 13 – 54.
 168. Kallosh R. Dark Energy and the Fate of the Universe / R. Kallosh A. Linde // *American Physical Society, April Meeting*, – Philadelphia: MEETING ID – 2003. P. 12 – 32.
 169. Kallosh R. M theory, cosmological constant, and anthropic principle / R. Kallosh, A.Linde // *Physical Review D*, – vol. 67, Issue 2, – 2003 – P. 28 – 36.
 170. Kallosh R. Observational bounds on cosmic doomsday /R. Kallosh, J. Kratochvil, A. Linde, E. Linder, M. Shmakova // *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*. – Issue 10. – 2003. P. 15 – 26.
 171. Kallosh R. Supergravity, dark energy, and the fate of the universe / R. Kallosh, A. Linde, S. Prokushkin, M. Shmakova// *Physical Review D*. – vol. 66. – Issue 12. – 2002. P. 34 – 57.
 172. Kallosh R. Testing string theory with cosmic microwave background / R.Kallosh, A. Linde// *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*. – Issue 04. – 2007. P. 17 – 39.
 173. Kaloper N. On the new string theory inspired mechanism of generation of cosmological perturbations / N. Kaloper, L. Kofman, A. Linde, V. Mukhanov // *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*. – Issue 10. – 2006. P. 6 – 17.
 174. Kamionkowski M. New Views of Cosmology and the Microworld / M. Kamionkowski // *Proceedings of 30th SLAC Summer Institute on Particle Physics: Secrets of the B Meson – California: SLAC, Menlo Park*, – 2002. – P. 4 – 41.

175. Kinney W. Cosmology, Inflation, and the Physics of Nothing [Электронный ресурс] /W. Kinney // arXiv: astro- ph/0301448 v1. – Режим доступа до журнала: <http://xxx.lanl.gov/>
176. Krauss L. The State of the Universe: Cosmological Parameters 2002 / L. Krauss// Astronomy, Cosmology and Fundamental Physics: Proceedings of the ESO/CERN/ESA Symposium Held in Garching, Germany, 4-7 March 2002. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg – 2003. – P. 50 – 83.
177. Lawrence M. Krauss Dark Matter Candidates: What Cold, ..and What's Not [Электронный ресурс] / Lawrence M. // arXiv:hep-ph/0702051v1. – Режим доступа до журнала: <http://xxx.lanl.gov/>
178. Linde A. Accidental inflation in string theory /A. Linde, A. Westphal// Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. – Issue 03. – 2008. P. 5 – 23.
179. Linde A. Inflationary Cosmology /A. Linde // Inflationary Cosmology – Berlin: Published by Springer. 2008. – P.1 – 36.
180. Linde A. Inflation and String Cosmology /A.Linde //Progress of Theoretical Physics Supplement. – No. 163. – 2006. – P. 295-322.
181. Linde A. Stationary Measure in the Multiverse /A. Linde, V. Vanchurin, S. Winitzki // arXiv:0812.0005
182. Linde A. The inflationary multiverse /A. Linde //Universe or Multiverse? – Cambridge: Cambridge University Press. 2007. – P.127 – 153.
183. Lisi G. An Exceptionally Simple Theory of Everything [Электронный ресурс] /G. Lisi // arXiv:0711.0770v1. – Режим доступа до журнала: <http://xxx.lanl.gov/>
184. Lukash V. N. Cosmological model: From initial conditions to structure formation/V. N.Lukash //Il Nuovo Cimento B – vol. 122. – Issue 12. – 2007. P.1411-1422.
185. McAllister L. String cosmology: a review / L. McAllister, E. Silverstein //General Relativity and Gravitation. – Volume 40. – Issue 2-3. – 2008. P. 565-605
186. Nemiroff R. Adventures in Friedmann cosmology: A detailed expansion of the cosmological Friedmann equations/R. Nemiroff, B. Patla // American Journal of Physics – Volume 76 – Issue 3. – 2008. P. 265-276.
187. Peebles P. The cosmological constant and dark energy /P. Peebles, B.Ratra // Reviews of Modern Physics. – vol. 75. – Issue 2. – 2003. P. 559-606.
188. Perlmutter S. Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae /S. Perlmutter G. Aldering G. Goldhaber and others //The Astrophysical Journal. – Volume 517. – Issue 2. – 1999. P. 565-586.

189. Perlmutter S. Nugent Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae [Электронный ресурс] / S. Perlmutter, G. Aldering, G. Goldhaber, R. Кноп, and other // arXiv:astro-ph/9812133v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
190. Pogosian L. Anthropic predictions for vacuum energy and neutrino masses / L. Pogosian, A. Vilenkin, M. Tegmark // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. – Issue 07. – 2004. P. 5 – 17.
191. Reid D. The picture of our universe: A view from modern cosmology. [Электронный ресурс] /D. Reid, D. Kittell, E. Arsznov, G. Thompson // arXiv:astro-ph/0209504 v2. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
192. Riess A. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant/A. Riess, A. Filippenko, P. Challis and others// The Astronomical Journal. – Volume 116. – Issue 3. – 1998. P. 1009-1038.
193. Robert R. Weinberg Phantom Energy and Cosmic Doomsday [Электронный ресурс] / R. Robert, M. Kamionkowski, N. Nevin // arXiv:astro-ph/0302506 v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
194. Sánchez A. Cosmological Parameters 2006 /A. Sánchez, C. Baugh // Observing Dark Energy, ASP Conference Series. – Vol. 339. – 2005. P.4 – 12.
195. Schroer B. String theory and the crisis in particle physics [Электронный ресурс] /B. Schroer // arXiv:physics/0603112 v.4. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
196. Scott D. How Many Universes do There Need to Be? /D. Scott J. Zidin // International Journal of Modern Physics D. – Volume 15. – Issue 12. – 2006. P. 2229 – 2233.
197. Sean M. Carroll Why is the Universe Accelerating? [Электронный ресурс] / M. Sean // arXiv:astro-ph/0310342 v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
198. Seikel M. How strong is the evidence for accelerated expansion? / M.Seikel, D. Schwarz // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. – Issue 02. – 2008. P. 7 – 35.
199. Shen B. The Avalon Explosion: Evolution of Ediacara Morphospace / B. Shen, L. Dong, S. Xiao, M. Kowalewski // Science 4 January 2008: Vol. 319. no. 5859, pp. 81 – 84
200. Susskind L. The anthropic landscape of string theory /L. Susskind // Universe or Multiverse? Cambridge: Cambridge University Press. 2007. – P.247 – 263.

201. Taylor J. Small-scale Substructure in Dark Matter Haloes: Where Does Galaxy Formation Come to an End? /J. Taylor, J. Silk, A. Babul // International Astronomical Union Symposium no. 220. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific. – 2004. P. 91 – 99.
202. Tegmark M. Anthropic predictions for neutrino masses /M. Tegmark, A. Vilenkin, L. Pogosian // Physical Review D. – vol. 71. – Issue 10. – 2005. P. 253 – 286.
203. Tegmark M. Many lives in many worlds Nature /M. Tegmark //Nature – Volume 448. – Issue 7149. – 2007. P. 23-24.
204. Tegmark M. Measuring Spacetime: From Big Bang to Black Holes/M.Tegmark // Lecture Notes in Physics. – vol. 646. – 2004. P.169-189.
205. Tegmark M. Parallel Universes [Электронный ресурс]/M. Tegmark // arXiv:astro-ph/0302131 v1. – Режим доступа до журналу: <http://xxx.lanl.gov/>
206. Tegmark M. The Mathematical Universe /M. Tegmark// Foundations of Physics. – Volume 38. – Issue 2. – 2008. P.101-150.
207. Tipler F. Intelligent life in cosmology /F. Tipler// International Journal of Astrobiology. – vol. 2. – Issue 02. – 2003. P.141-148.
208. Weinberg S. Living in the multiverse. /S. Weinberg // Universe or Multiverse? Cambridge: Cambridge University Press. 2007. – P. 29 – 41.

Наукове видання

Тараросєв Яків Володимирович

**ОНТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ
ТА КОСМОЛОГІЇ**

Монографія

Російською мовою

Коректор Попій І. В.
Комп'ютерна верстка Літвінова О. О.
Макет обкладинки Літвінова О. О.

Підписано до друку 14.08.09. Формат 60х84/16.
Папір офсетний. Друк ризографічний.
Обл.-вид. арк. 15,53. Умов. друк. арк. 12,42.
Наклад 300 прим. Ціна договірна

61077, Харків, пл. Свободи, 4,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна
61077, м. Харків, пл. Свободи, 4.
Тел.: 705-24-32

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3367 від 13.01.09



Тарароев Яков Владимирович

Кандидат философских наук (2002), доцент (2005), доцент кафедры теории культуры и философии науки философского факультета Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. Окончил Харьковский государственный университет им. А. М. Горького в 1996 г. по кафедре астрономии физического факультета. Лауреат областного конкурса «Лучший молодой ученый Харьковщины — 2005» в номинации «физика и астрономия», автор (в соавторстве) учебного пособия «Логика и методология естественнонаучного познания» и более трех десятков статей.

Научные интересы: философия науки, философские аспекты космологии и физики, история космологических воззрений и астрономии, формы и методы генезиса научного знания, структура естественнонаучного знания, проблема отражения реальности в теоретическом знании и т.д.