

**ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ
НАУЧНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ**

**КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ
ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ
И РЕАЛЬНОСТЬ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЛОСОФСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ГНОСЕОЛОГИИ И ИСТОРИИ ФИЛОСОФИИ

Н. В. Головки

**ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ
НАУЧНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ**

**КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ
И РЕАЛЬНОСТЬ**

Учебное пособие

Новосибирск
2006

ББК Ю 251.4: В31я73-1

УДК 115.4

Г 612

Головко Н. В. Философские вопросы научных представлений о пространстве и времени. Концептуальное пространство-время и реальность: Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2006. 226 с.

ISBN 5-94356-368-7

Пособие посвящено анализу методологических проблем познания физической реальности, возникающих в связи с необходимостью применения в науке концептуального пространства и времени. Являясь основными элементами научной картины мира, эти представления оказывают определяющее воздействие на методологию научного поиска, развитие теоретического знания и мировоззрение исследователя. В центре внимания классические проблемы фундаментальных естественно-научных представлений о пространстве и времени в рамках программы научного реализма.

Пособие предназначено для слушателей спецкурса «Философские вопросы научных представлений о пространстве и времени», читаемого в магистратуре философского факультета НГУ, – магистрантов, проходящих подготовку по специализациям «Онтология и теория познания» и «Философия и методология науки и техники» в рамках дисциплины «Философия науки», а также для студентов, магистрантов и аспирантов других специальностей, слушающих курсы «Философия», «Философия науки», «История и философия физики», «История и философия математики», «История и философия естествознания» и другие курсы, предусматривающие обращение к вопросам философско-методологического сопровождения теоретического ядра современного естествознания.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-1862.2005.6), а также грантов Лаврентьевского конкурса молодежных проектов СО РАН – 2006 (проект № 153) и Российского гуманитарного научного фонда (проект № 06-03-90305 а/Б).

Ответственный редактор
д-р филос. наук, проф. А. Л. Симанов

Рецензенты:
*д-р филос. наук В. В. Корухов,
д-р филос. наук, д-р физ.-мат. наук О. В. Шарыпов*

*Пособие печатается по решению
ученого совета философского факультета НГУ.*

ISBN 5-94356-368-7

© Новосибирский государственный
университет, 2006
© Н. В. Головко, 2006

Ошибочно думать, что задача физики – найти, какова природа на самом деле? Физика касается вопроса – что мы можем сказать о природе?

Нильс Бор

Физика является попыткой концептуально «охватить» реальность, мыслимую существующей независимо от нас. Именно в этом смысле можно говорить о физической реальности.

Альберт Эйнштейн

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие продолжает серию учебных пособий, раскрывающих проблемы, методологию, предпосылки и основные результаты современных философско-методологических исследований неклассических представлений о природе пространства и времени. Необходимость применения в науке концептуального пространства и времени, определяющая роль представлений о пространстве и времени в рамках современной научной картины мира обуславливают актуальность анализа проблемы соотношения концептуального пространства-времени и реальности.

Рискну предположить, что за пять лет, прошедшие с момента выхода первого пособия (методическое пособие О. В. Шарыпова «Философские вопросы научных представлений о пространстве и времени. Введение» издано в 2000 г.), произошли значительные перемены, в первую очередь, в отношении научного сообщества к этой достаточно традиционной, конечно, натурфилософской и, вне всякого сомнения, маргинальной (как для естествоиспытателя, так и для философа) теме. Перемены были вызваны, в первую очередь, изменением понимания конкретной (а не метафизической, как ранее) роли представлений о структуре пространства в современной физической картине мира. Успехи теории струн наконец подтолкнули серьезных теоретиков к открытому исследованию тех областей, которые традиционно считались уделом лишь академиков или студентов.

Кроме того, были достигнуты важные научные результаты в области исследования структуры пространства на планковских масштабах. Стали видны проблемы, решение которых приведет нас к завершению (хотя, конечно, трудно говорить заранее) построения расширенной специальной теории относительности, основными характеристиками которой являются планковские величины (планковская длина и планковское время, если говорить о структуре пространства). К числу наиболее значительных событий последнего времени, получающих отражение в пособии и затрагивающих непосредственную тематику пособия, следует отнести появление в отечественной литературе ряда важных работ по проблемам философско-методологических исследований структуры пространства-времени на планковских масштабах, в частности по «проблеме планковских величин», таких авторов, как В. В. Корухов, О. В. Шарыпов и А. Л. Симанов,

а также фактическое признание мировой общественностью важности и необходимости разработки расширенной специальной теории относительности, прежде всего мы имеем в виду работы Дж. Амелино-Камелиа, Дж. Ковальски-Гликмана, Дж. Магеджо, Л. Смолина и других известных зарубежных авторов. Впервые на конкретную научную основу ставятся вопросы об эмпирической проверке свойств пространства-времени, затрагивается одна из самых «нерушимых» прежде характеристик – конвенциональный характер физической геометрии. Все это предполагает новый виток философской рефлексии.

Традиционно представления о структуре пространства претерпевали значительные изменения именно в период смены фундаментальных физических представлений, а то и научной картины мира в целом. Является ли современный период именно таким, покажут будущие исследования, однако успехи фундаментальной науки сейчас заставляют нас вновь «выйти из тени» и «перетрясти скелет» традиционным постановкам вопросов, дополнив их новым содержанием.

Специфика данного пособия «Концептуальное пространство-время и реальность» состоит в том, что основные вопросы традиционной проблематики философско-методологических исследований пространства-времени перемежаются с вопросами исключительно философского характера: в каком смысле возможно знание о реальности, способна ли физика предложить нам объективное знание или только знание о реальности «как она открывается нам», насколько полно концептуальные модели структуры пространства-времени принятых в настоящее время фундаментальных теорий (специальной и общей теорий относительности) отражают объективную реальность? Впервые в отечественной литературе поднимается проблема реализма как адекватного философского подхода к исследованию философско-методологических проблем структуры пространства-времени. Традиционно в своих исследованиях подавляющее большинство отечественных авторов (в нашей стране интерес к проблемам философско-методологических исследований физики и геометрии пространства никогда не иссякал, достаточно обратиться к списку литературы, приведенному в конце пособия) опирается на канон диалектического материализма и в целом материалистических (энгельсовских) представлений о сути пространства и времени. Автор данной работы отдает себе отчет в том, что по ряду вопросов, которые по-разному трактуются в диалектико-материалистической и реалистской¹ традициях, мнение читателя может не совпадать ни с той, ни с другой весьма уважаемыми философскими доктринами. Хочется выразить надежду, что необходимый компромисс (который, на наш взгляд, возможен, поскольку материализм – одно из необходимых условий реализма) все же будет найден.

Пособие представляет собой самостоятельную авторскую точку зрения на постановку проблем и новейшие результаты в области исследования философских вопросов современных научных представлений о пространстве и времени. По нашему мнению, оно может быть полезно как для специалистов в известных областях, так и для всех интересующихся философскими и конкретно-научными проблемами исследования структуры пространства-времени.

В заключение хотелось бы выразить особую благодарность рецензентам и ответственному редактору за оказанную поддержку и высказанные замечания.

В целях унификации изложения часть материала гл. 1 заимствована из пособия О. В. Шарыпова (с любезного согласия автора) и дополнена переработанными сведениями, соответствующими задачам, поставленным в настоящем пособии. Надеемся, что наша переработка материала не вызовет нареканий, а наоборот, это будет расценено как приглашение к совместной работе над следующим пособием в серии «Развитие представлений о пространстве и времени в естествознании и философии». Гл. 3 пособия не была бы написана без помощи В. В. Корухова, который любезно разрешил воспользоваться своими наработками и прокомментировал ряд возникших вопросов. Во всех случаях даны ссылки на авторство заимствованного материала.

Часть материала, представленного в данном пособии, уже была нами опубликована, в частности в журналах «Философия науки» и «Вестник НГУ. Философия». Автор выражает благодарность редакциям журналов за предоставленную возможность перепечатать материалы, которые составили отдельные параграфы гл. 1, 4. Кроме того, необходимо отметить, что в ходе работы над пособием автор не раз обращался к фондам библиотек Oxford Scholarship Online и Questia Media America, а также Алтайской краевой универсальной научной библиотеки им. В. Я. Шишкова. Наконец, сама работа была выполнена на философском факультете НГУ и неоднократно обсуждалась на философско-методологических семинарах в Институте философии и права СО РАН. Конечно, хотелось бы выразить благодарность всем, кто принимал участие в дискуссиях.

Н.Г.

*Новосибирск, Академгородок
декабрь 2005*

ВВЕДЕНИЕ

Нельзя понять, что наука представляет собой на самом деле, если у тебя в голове не сложилось идеи о том, какой науке следует быть.

Карл Поппер

Утверждение Нильса Бора можно легко проинтерпретировать в терминах соотношения реальности «как таковой» и реальности «как она открывается нам в ощущениях». Неверно, утверждает он, думать, что физика способна раскрыть перед нами саму реальность, физика лишь раскрывает перед нами только то, как реальность «открывается нам». Последнее крайне важно, поскольку подчеркивается, что принципиальный субъективный характер наших ощущений невозможно исключить из контекста даже самых точных и проверенных научных теорий. В самом общем случае мы можем предположить, что то, какой реальность предстает перед нами, «открываясь нам» в ощущениях, может существенно отличаться от того, какой она является «на самом деле». Таким образом, первая реальность является безнадежно субъективной, а вторая, согласно Бору, отвечая фундаментальному уровню нашего физического знания, также является в некотором роде всего лишь результатом более сложного «приоткрывания», физическое знание не является подлинным знанием о реальности.

Основной философский вопрос, экспликации которого посвящено пособие и который будет разбираться ниже, – это вопрос о том, способна ли (и насколько) физика, в частности занимающаяся проблемами физики пространства-времени, предоставить нам знание именно об объективной реальности? Вопрос состоит не в том, что следует считать собственно задачей физики в смысле наиболее желанной цели исследования или достижения практического результата, скорее вопрос в том, какое знание о реальности фактически «раскрывает» физика. Каковы пределы физического знания, ограниченные обоснованным доказательством выдвигаемого знания? Как далеко мы можем зайти, следуя за физическими представлениями, прежде чем погрузимся в мистицизм и оккультизм? Сколько

угодно можно спекулировать понятиями типа «объективная реальность», «базовое знание», «теоретическая нагруженность», «недоопределенность» и т. д., но как только мы попадаем в область философии науки, нам необходимы достаточно веские основания – аргументы, для того чтобы опираться на физику как на науку, изучающую реальность. Если все данные, которые мы можем почерпнуть о природе, исключительно субъективны, то тогда не окажется ли так, что все, что мы можем знать о ней, – это лишь рефлексия по поводу собранных данных: мы можем говорить о независимых данных, о независимой реальности, но эти рассуждения будут бездоказательны.

Бор репрезентирует одну из возможных точек зрения, которая оставляет рассуждения о реальности «за пределами» научного знания, за пределами того, чем занимается физика, и если он прав, тогда единственное, о чем способна рассказать нам физика, – это реальность «как она открывается нам». Точка зрения Бора не является случайной или неожиданной, он, вне всякого сомнения, один из гигантов физики начала XX в., и он, конечно, опирается на определенные представления о сути научного знания, которые подкреплены определенными, принятыми в то время в определенном сообществе философскими воззрениями. Однако цель нашего анализа не столько история идей, сколько интерпретация современного состояния знания и уровня философской рефлексии, поэтому мы искусственно будем использовать точку зрения Бора скорее как обозначение для представлений, принятых в достаточно широком направлении современной философии науки, а именно в антиреализме. Аналогично точка зрения другого гиганта физики XX в. Альберта Эйнштейна будет обозначать противоположные боровским представления, соответствующие программе научного реализма.

Отметим, что в свое время Бор и Эйнштейн придерживались существенно различных точек зрения на природу квантовой механики. Однако в контексте пособия нас будет интересовать содержание не квантовой механики, а другой фундаментальной теории современной научной картины мира – теории относительности, и в особенности то, каким образом оно противоречит представлению Бора о физике. Эйнштейновское представление о физике более оптимистично, он утверждает, что физика способна предоставить достаточно обоснованное знание о реальности «как таковой», а не только о нашем субъективном описании природы. Физика способна предложить объективное знание о реальности, которая «находится за» той реальностью, которая «дана нам в ощущениях».

Таким образом, мы обозначили две основные точки зрения относительно возможности построения знания о реальности. Соответственно цель нашего исследования – выяснить, что же все-таки отражает знание, принятое в рамках современных представлений о пространстве-времени,

что, собственно, отражает концептуальное пространство-время специальной теории относительности (СТО) или общей теории относительности (ОТО), либо насколько оно отражает объективную реальность? Поскольку вопрос ставится в рамках философии науки, основное внимание будет уделяться вопросам обоснования доказательства знания о реальности, т. е. объектом нашего исследования является широко известная философская проблема соотношения теории и реальности.

Предметом нашего исследования является представление о пределах объективного знания в физике, в частности в физике пространства-времени. Существуют ли эксперименты, способные четко указать нам на них, либо не является ли вопрос о пределах знания слишком философским и лежащим за пределами физики как науки? Для Бора, Эйнштейна и многих других физика в состоянии дать обоснованный ответ на поставленный вопрос. В этом смысле отдельные части физического знания функционируют как основания для более общих и абстрактных философских построений относительно природы научного знания. Что физика сама по себе может предположить относительно реальности, а еще лучше относительно соотношения реальности «как таковой» и реальности «как она открывается нам»? Еще более важен ответ на вопрос: что мы можем знать относительно каждого из аспектов реальности? В каком отношении физическое знание находится с физической реальностью, о которой говорит Эйнштейн? Придерживается ли современная физика точек зрения Бора или Эйнштейна относительно того, что мы можем и чего не можем знать о реальности?

Поскольку предмет нашего исследования тесно связан с самим физическим знанием, нам не обойтись без краткого экскурса, например, в теорию относительности (см. дополнение А). В настоящий момент теория относительности (как СТО, так и ОТО) является основной теорией, описывающей природу пространства, времени и движения вещества как на микро-, так и на макромасштабах. В рамках современной научной картины мира, по-видимому, можно говорить лишь о двух «базовых», фундаментальных теориях, которые в самом общем виде полностью репрезентируют все современное физическое знание о мире, – это теория относительности и квантовая механика. Данное пособие посвящено первой из них. В любом случае, мы будем исходить из представления о том, что корректные физические представления являются необходимым основанием для постановки философских вопросов. Последнее предположение нетривиально. Мы будем опираться на достаточно распространенную, особенно в отечественной философии науки, точку зрения, согласно которой, *обращаясь к анализу концептуальных оснований научной теории, мы тем самым проясняем для себя ее философское содержание.* Это очень тонкий момент, затрагивающий весьма болезненную точку сопри-

косновения предмета исследования философа в области философии науки и, например, ученого-естественника. Не следует путать философские рассуждения «о том, что есть» [Куайн, 2003] или о различии «явления» и «действительности» [Рассел, 2001] и конкретные научные рассуждения о трудностях современной науки. Существуют физические проблемы, такие как проблема сингулярности в общей теории относительности или проблема расходимостей в квантовой механике, и в то же время есть философские проблемы, такие как анализ нагруженности наблюдения. Говоря о взаимоотношении физики и философии, мы всегда можем воспользоваться двумя крайностями и «опуститься» и до расселовского полного отрицания возможности влияния философии на что бы то ни было, кроме нее самой, и до вполне экстремистского полагания философии науки некоторым «генеральным штабом», определяющим стратегию развития физики. Читатель может придерживаться как той, так и другой точки зрения. Наша точка зрения весьма близка по духу той реалистской позиции, анализу которой посвящено пособие: возможность философской рефлексии над теоретическими и экспериментальными основаниями научного знания ни в коем случае не является отрицанием какой бы то ни было объективности физики или философии, или аргументом в пользу их абсолютной истинности, она указывает на предмет исследования философии науки и ни на что иное. На наш взгляд, бессмысленно смешивать в данном случае философию в ее «чистом» понимании, физику и конкретную предметную область философской рефлексии, возникающую в силу актуальности и фундаментальности мировоззренческих проблем, поднимаемых наукой, что в равной степени относится и к результатам, которые достигаются в этих областях знания.

Наша абстрактная цель, реализация которой выходит далеко за рамки данного пособия, – раскрыть роль содержания моделей концептуального пространства-времени в содержании современной научной картины мира; тем самым мы надеемся избежать конфликта профессиональных философов и, например, ученых-естественников и тех, кому кажется, что он что-то понимает в философии. Прежде чем приступить к изложению материала, необходимо обозначить некоторый план нашего рассуждения, который будет способствовать более адекватному подбору релевантных данных и отражать представление о целях нашего исследования, что в конечном счете существенно повлияет на заключение, как справедливо заметил сэр Карл Поппер.

Вне всякого сомнения, пространство и время для современной науки – это геометрия. Конечно, так было не всегда. Например, для Аристотеля физическое пространство было совокупностью именно физических свойств, а не математических объектов, его физика вообще стремилась избежать какой-либо геометрической интерпретации; для Рене Декарта

не существовало абсолютного пространства, которое было необходимо геометризывать, пространство было субстанциально и не имело значения вне материи; для Исаака Ньютона, наоборот, пространство выступало не только в качестве свойства протяженности, но и как геометрический вакуум, который столь же реален, как и протяженность.

Считается, что первым, кто признал необходимость математизации физики, был Галилео Галилей; основой его представлений о пространстве было единство физики и геометрии, провозглашенное еще в работах Архимеда. Однако только со времени Герхарда Минковского, весьма удачно предложившего геометризовать физику СТО в рамках четырехмерного континуума событий, а возможно чуть раньше, вместе с трехмерным континуумом, принятым в механике Ньютона, пространство и время участвуют в научной картине мира именно как геометрические многообразия. После работ К. Гаусса, Б. Римана, Г. Гельмгольца, Т. Леви-Чивиты, Г. Вейля, А. Эддингтона, Э. Кретсмана, А. Пуанкаре, А. Эйнштейна, Р. Карнапа и др., исследовавших процесс «измерения» неевклидовости геометрии и пришедших к неутешительному выводу о конвенциональном характере физической геометрии, можно было бы прийти к мысли, что собственно наука более не нуждается в метафизических изысканиях.

Естественно, для философии подобная постановка вопроса выглядит едва ли не оскорбительной¹: представления о природе пространства и времени исконно относились к области философских исследований, именно здесь наука черпала свое вдохновение, пытаясь по-своему осмыслить эти фундаментальные формы бытия; так было и во времена Аристотеля, и во времена Ньютона, и во времена Эйнштейна, и, по-видимому, так происходит и сейчас.

Основная задача пособия – анализ взаимосвязи философских идей о пространстве и времени с фундаментальными конкретно-научными положениями. Понятно, что для продуктивного изучения философских вопросов (приложений) современной физики в первую очередь необходимо знать и понимать современную физику. Без этого невозможно осмыслить вопросы, затрагиваемые в данном пособии. Несмотря на то что основным полем нашего исследования является философия науки, в частности онтологические и эпистемологические проблемы научного знания в области исследования фундаментальных представлений о пространстве и времени (предмет достаточно сложный и неоднозначный даже для самой науки), мы надеемся, что соблазн придать больше наукообразия нашим философским построениям не будет достаточно сильным, для того чтобы преодолеть требования необходимой философской точности. Этого не произойдет: все используемые посылки и методы, выводы и заключения относятся к области философии; современная физика способна дать ответы на интересующие нас вопросы, все наши выводы будут основаны на доста-

точно серьезном уровне понимания физики. Читателю не нужно специально изучать конкретные разделы физики или математики, но, по крайней мере, необходимо некоторое стремление ознакомиться с ними, чтобы разобраться во всех тонкостях материала.

Отбирая материал для пособия, мы ставили перед собой достаточно широкие цели и соответствующие им задачи. Первая задача – представить в достаточно сжатом виде основные философские проблемы, связанные с анализом удивительного многообразия свойств пространства-времени, начиная с проблемы соотношения физики и геометрии и переходя к проблемам объективности, абсолютности и универсальности свойств пространства-времени. Все они освещены в гл. 1 пособия. Затронуты такие важные частные проблемы, как проблема мерности пространства-времени и проблема метрических (геометрических) и топологических свойств. Гл. 1 «Многообразие свойств пространства и времени» – это своеобразная дань, стремление отдать должное почтенной традиции философско-методологических исследований пространства и времени, а также систематизировать и представить в удобном для нас виде основные проблемы.

Здесь мы погружаем читателя в чрезвычайно важный контекст проблематики философско-методологических исследований структуры пространства-времени. Содержание этой главы является достаточно самостоятельным по отношению к остальной части пособия. То же на первый взгляд можно сказать и о гл. 3. Эти главы связаны обсуждением конкретных проблем физики структуры пространства-времени, в то время как гл. 2 и 4 (так же на первый взгляд) связаны скорее дискуссией о реализме, чем обсуждением конкретных проблем физики пространства-времени. На наш взгляд, такой способ подачи материала – чередование обсуждения конкретных проблем, например проблемы мерности пространства-времени, или дискретности, или непрерывности его структуры, с обсуждением проблем теоретической нагруженности наблюдения – как нельзя лучше соответствует «духу» философско-методологических исследований проблем, возникающих вследствие необходимости применения в науке концептуального пространства-времени – от конкретных проблем физики к философской рефлексии.

В любом случае, все части пособия составлены так, чтобы каждая из них раскрывала самостоятельный фрагмент общей картины, связующим звеном которой является эпиграф. Основной вопрос, который мы обсуждаем, – вопрос о соотношении концептуального пространства-времени и реальности. Мы не настаиваем на том, чтобы освоение материала обязательно соответствовало последовательности, изложенной в оглавлении. Кроме того, по ходу изложения могут возникнуть вопросы, освещению которых здесь уделяется недостаточно много внимания (по разным при-

чинам), что может потребовать от читателя самостоятельного изучения ряда тем. В этом случае представляется полезным обращение к приведенному в конце пособия списку литературы, изучение которой поможет более глубоко погрузиться в проблематику.

Вторая задача, которую ставил перед собой автор, – представить читателю основные современные фундаментальные концепции пространства-времени (в первую очередь специальную и общую теорию относительности), опираясь на логическую взаимосвязь основных фундаментальных теоретических предпосылок и оснований каждой из них, и имеющиеся эмпирические и теоретические данные в пользу обоснования и принятия этих концепций, для того чтобы перейти собственно к обсуждению основного философского вопроса – вопроса о возможности знания о реальности «как таковой» (в том виде, как оно представляется в рамках этих теорий), а не о реальности «как она открывается нам в ощущениях»². Выполнению этой задачи посвящена гл. 2 «Феномен и реальность», в которой, с одной стороны, раскрывается проблема соотношения физики и философии, делаются вводные замечания по проблемам реализма и антиреализма в современной философии науки (§ 2.1 «Физика и философия»), с другой – обсуждается проблема нагруженности наблюдений (§ 2.2 «Реальность «как она нам дана»), и наконец, раскрывается содержание проблемы реалистской трактовки утверждений теории относительности в контексте основного поставленного нами философского вопроса (§ 2.3 «Теория относительности и реализм»). Заключительный параграф второй главы (§ 2.4 «Реализм и антиреализм») посвящен обсуждению проблемы соотношения концептуальной модели и реальности в контексте противостояния реализма и антиреализма.

Третья задача, решению которой гл. 3 «Модель дискретно-непрерывной структуры пространства-времени», – представить одну из наиболее интенсивно развивающихся сейчас, чрезвычайно перспективных гипотез структуры пространства-времени. В последнее время публикуется большое количество работ, авторы которых рассматривают варианты модификации специальной теории относительности за счет введения в ее аппарат той или иной дополнительной релятивистски-инвариантной величины [Amelino-Camelia, 2001, 2002a, 2002b, 2002c; Maguejo, Smolin, 2002; Kowalski-Glikman, Smolin, 2004]. Причины необходимости такого «расширения» теории в философско-методологическом плане, за редким исключением, оформлены недостаточно содержательно. В работах В. В. Корухова и О. В. Шарыпова вводится представление о расширенной специальной теории относительности, которая является своеобразным пределом, ограничивающим область применимости «специальной», посредством представления о конечных пределах изменения значений всех физических величин, используемых механикой, набором

предельных и инвариантных значений планковских параметров соответствующих величин [Корухов, Шарыпов, 2005, 2006; Korukhov, Sharypov, 2005]. На наш взгляд, модель «расширенной» теории в философско-методологическом плане уже получила достаточно хорошее обоснование, начиная с обоснования особой роли, которую в ее построении должны играть фундаментальные физические постоянные, продиктованного $\hbar c G$ -принципом, и заканчивая иллюстрацией того, что принципиальная модель пространства-времени «расширенной» теории – модель релятивистского инвариантного эфира – свободна от традиционных противоречий в описании движения в рамках дискретных или непрерывных моделей структуры пространства [Корухов, 2002]. Все это позволяет более внимательно рассмотреть философско-методологические основания тех теоретических представлений, которые, по нашему мнению, способны в дальнейшем сформировать совершенно новый взгляд на мир.

Наконец, в гл. 4 «Научный реализм в эпоху возрождения эфира» все, о чем сказано выше, используется как основание в пользу собственной, глубоко реалистской по духу позиции в отношении пространства-времени и особенно его структуры на планковских масштабах. Современная физика, безусловно, дает достаточно оснований для укрепления наших убеждений в том, что мы можем узнать нечто достоверное об объективной реальности, но это не означает, что мы можем познать все. В частности, наш доступ к познанию реальности всегда будет зависеть от концептуальной структуры, которую мы налагаем на него. Научные теории всегда будут оставаться попытками дать истинное описание независимой от сознания объективной реальности, где истина будет означать отношение между языком и реальностью, а представление о реальности всегда будет формироваться хорошо проинтерпретированной научной теорией.

В § 4.1 «Маргинализация явлений» приведена основная, на наш взгляд, характеристика современного этапа развития фундаментальной науки. Угроза «иронизации» (Дж. Хорган) естествознания действительно велика, поэтому обсуждение вопросов обоснования знания становится все более своевременным. В § 4.2 «Эмпирицизм против реализма» и § 4.3 «Окончательный аргумент в пользу научного реализма» приводятся аргументы в пользу выбора именно реалистской точки зрения на проблему мотивации научного исследования. Поскольку эмпирическая интерпретация результатов современных фундаментальных теорий затруднена, предпочтению истины как показателя успешности и как основания для мотивации дальнейших научных исследований перед другими показателями, которые предлагает антиреализм, является более обоснованным, отвечающим требованиям современной фундаментальной науки. По сути, анализ проблемы мотивации является ключевым моментом интерпрета-

ции «иронического» по духу характера современных фундаментальных исследований в условиях, когда эмпирическая проверка следствий теории затруднена или невозможна. Последний § 4.4 «К вопросу о реалистской интерпретации релятивистского эфира» возвращает нас в контекст современных исследований по философским проблемам физики пространства-времени и знакомит читателя с наиболее острыми проблемами, решение которых еще только предстоит.

Необходимо признать, что значительную часть пособия составляет обсуждение проблем реализма. Тому есть несколько причин. В контексте основного вопроса о соотношении концептуального пространства-времени и реальности в настоящее время реализм является, на наш взгляд, единственной достаточно «живой» философской концепцией, которая релевантна обсуждаемым проблемам. Читатель может заметить, что приведенные выше рассуждения о необходимости принятия во внимание существования объективной реальности могут быть (и были) с успехом эксплицированы в рамках материалистической диалектики [Материалистическая диалектика, 1981–1984]. Однако в настоящей работе нами сознательно предпринимается попытка ограничить предпосылки. В наших более ранних работах [Головко, 2002] в ходе анализа развития научного знания мы не раз обращались к методологии, включающей представления о системе методологических принципов научного познания [Симанов, 2001], на наш взгляд, основному результату развития отечественной философии науки. В настоящей работе предпринята попытка, с одной стороны, ослабить чрезмерно сильный, по нашему мнению, характер ряда эпистемологических допущений, принятых в этой системе (основным из которых является существование методологического принципа и характерной модели развития научного знания), а с другой – усилить и конкретизировать аргументацию в пользу принятия именно развиваемой нами модели развития научного знания в области анализа принципиально ненаблюдаемых физических объектов, таких как кварк, струна, брана, планкеон и др. (что, конечно, не отрицает значимости диалектико-материалистических представлений для анализа проблемы соотношения физики и философии).

Являясь сторонником научного реализма, автор данной работы отдавал себе отчет в том, что поднимаемые в пособии вопросы будет сложно адекватно переинтерпретировать в контексте именно научного реализма³, поэтому мы ограничились рассмотрением самых общих проблем реализма, в частности проблемы разделения метафизических и эпистемологических вопросов в контексте противостояния общих доктрин реализма и антиреализма. Конечно, избежать влияния собственной субъективности и оставаться беспристрастным удавалось не всегда. Однако, несмотря на предпочтение реализма, большое внимание уделяется разбору аргумента-

ции именно антиреализма. Иногда даже может показаться, что антиреализму «есть что сказать» (см., например, § 2.2). Аргументы антиреалистов, представленные, в частности, в § 2.2, существенно отличаются от точки зрения автора (см. гл. 4). Впрочем, для составления более полного представления о предмете споров всегда полезно немного «поиграть на чужом поле». В любом случае, данное пособие не является собственно пособием по реализму, в частности, специально был использован термин «метафизика» для обозначения онтологических предпочтений, что, конечно, нельзя считать полностью оправданным. Тем самым мы подчеркиваем вводный уровень данного пособия в проблематику реализма, сам онтологический реализм – это достаточно строгая философская концепция, что, однако, в данном случае не является принципиально важным.

Существует еще одна причина для более серьезного отношения к антиреализму. Следует признать, что антиреализм достаточно широко распространен, более того, принят в сообществе самих ученых, о чем свидетельствует, в частности, полемика Бора и Эйнштейна, а также наш опыт преподавания философии аспирантам физических и математических специальностей СО РАН. Говоря о соотношении концептуального пространства-времени и реальности, философ фактически пытается навязать физику реализм, для того чтобы построенная картина реальности выглядела более логичной и строгой с онтологической точки зрения, однако сам физик, опираясь на реальную практику научного исследования, не всегда готов это принять, и это надо признать.

Надеемся, что точка зрения на проблему соотношения концептуальной модели и реальности, изложенная в данном пособии, будет полезна читателю и послужит отправным пунктом для дальнейших исследований по реализму. На наш взгляд, именно научный реализм является адекватной философской платформой для анализа многих теоретических проблем, связанных с интерпретацией пространства и времени, возникающих, в частности, в ходе применения в научной практике концептуальных пространства и времени.

Глава 1

МНОГООБРАЗИЕ СВОЙСТВ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Тезис о конвенциональном характере физической геометрии в первую очередь есть утверждение, относящееся к структурным свойствам физического пространства и времени.

Адольф Грюнбаум

Наши представления о пространстве и времени историчны, они изменяются по мере развития познания природы. Следует отдавать себе отчет в том, какой путь пришлось пройти естествознанию, чтобы, например, отказаться от анизотропного пространства и естественности замкнутых траекторий (Аристотель) в пользу изотропности и бесконечности пространства (Ньютон), а затем, уже на новом витке «спирали» познания, вновь ввести представления об искривленности пространства, возможности замкнутой (конечной, но безграничной) Вселенной, естественности финитной траектории (Эйнштейн). Так же не закончена дискуссия об абсолютности и релятивности пространства, о том, являются ли пространство и время «формой» или «условием» существования материи¹. Открытыми остаются проблемы дискретности и непрерывности пространства и времени, существования «фундаментальной длины», проблема теоретического обоснования мерности пространства и времени, проблема природы необратимости реальных процессов во времени, асимметрии прошлого и будущего и т. д. Эти проблемы, являясь философскими, в то же время тесно связаны с конкретными науками. Ответы на них важны, в первую очередь, для методологии и логики построения новых научных теорий, объединяющих на новой основе существующие частные, объясняющих и описывающих на единой основе более широкий круг явлений.

Исследование проблемы сущности пространства и времени в европейской научной традиции схематично можно представить как развитие ряда взаимно противоположных концептуальных направлений. Условно их можно обозначить как попытки обоснования объективности или субъек-

тивности пространства и времени, их абсолютности (субстанциональности) или реляционности. В рамках этих направлений известны примеры различных решений ряда менее фундаментальных проблем: локальности (или универсальности) пространства и времени, динамичности (или статичности) времени, симметрии пространства и времени, их размерности, прерывности (или непрерывности), конечности (или бесконечности) и др.

Представления о пространстве и времени имеют много общего, поскольку эти понятия выражают основные аспекты существования реальности. В то же время они имеют и свою специфику, основанную, в частности, на том, что *пространственный аспект реальности как бы более непосредственно актуализирован и психологически очевиден*. Хотя это различие не имеет принципиального характера, оно приводит к тому, что исследование проблемы времени предоставляет гораздо более широкий простор для воображения. Отсюда и то огромное количество вариантов объяснения природы времени, которое как будто противоречит предположению об универсальности времени и даже о его объективности.

Ниже мы представим краткий экскурс по основным, на наш взгляд, из вышеозначенных проблем, для того чтобы сформировать у читателя адекватное представление об исследуемой проблематике, показать, в чем суть философских вопросов научных представлений о пространстве и времени, в чем суть методологических проблем познания физической реальности, возникающих в связи с необходимостью применения в науке концептуальных пространства и времени.

§ 1.1. Физика и геометрия

Как уже говорилось, для современной науки пространство и время – это в первую очередь геометрия. Совокупность свойств пространства (времени) характеризует его внутреннюю форму организации – структуру. С точки зрения геометрии (понимаемой как математическая теория структуры пространств) принято различать следующие группы свойств: а) метрические («количественные»), связанные с исчислением протяженности, инвариантные относительно группы движений и отражающие симметрию пространства; б) топологические («качественные»), связанные с размерностью, непрерывностью, связностью и инвариантные относительно гомотопических (взаимно однозначных и непрерывных) преобразований; в) аффинные свойства; г) проективные свойства и др. Математический подход, будучи необходимым, в то же время не является достаточным средством для изучения свойств реальных пространства и времени.

Обоснование выбора той или иной системы аксиом требует обращения к естествознанию.

Проблема соотношения физической и геометрической (математической) составляющих представлений (моделей) о пространстве и времени является одной из самых актуальных философских проблем. Действительно, ставшая уже классической постановка вопроса о соотношении физики и геометрии связывается с попытками либо свести известные физические взаимодействия к геометрическим свойствам самого пространства-времени, либо, напротив, вывести свойства пространства-времени из физических свойств реальных объектов². Дело в том, что, рассматривая данную проблематику, необходимо учитывать факт существования помимо геометрического описания физических моделей (например, модель искривленного пространства в общей теории относительности) также моделей чисто геометрических, описывающих математические пространства. Этот факт связан с особенностью развития геометрии как части математики: она может развиваться не только применительно к описанию физического пространства (наиболее универсальной здесь, по-видимому, является дифференциальная геометрия), но и «сама по себе», подчиняясь логике развития математической теории (геометрия Евклида, геометрия Римана, геометрии расслоенных пространств и т. д.).

Парадоксально, но тесная связь между физикой и геометрией в описании пространства существовала не всегда, например, так было в протонаучный период развития естественно-научных представлений. Физика Аристотеля вообще стремилась избежать какой-либо геометрической интерпретации. В данном случае имело место прямое блокирование на методологическом уровне возможности математизации физики, связанное в первую очередь с античной практикой разделения физического и математического исследований. Приведем высказывание самого Аристотеля, проводящего четкую грань между физикой и математикой.

Согласно Аристотелю физика есть теоретическая наука о «телах и величинах, их свойствах и видах движения» [Аристотель, 1981а. I. 1. 268а], поэтому

следует рассмотреть, чем отличается математик от физика. Ибо природные тела имеют и поверхности, и объемы, и длины, и точки, изучением которых занимается математик... Дело физика знать, что такое Солнце и Луна, а о том, что свойственно им самим по себе, знать не надо. ...Этим всем занимается и математик, но не поскольку каждая [из фигур] есть граница природного тела, и их свойства он рассматривает не как свойственные [именно] этим телам. Поэтому он и отделяет их [от природных тел], ибо мысленно они отделимы от движения [этих тел], и это [отделение] ничего не меняет и не порождает ошибок. Сами

того не замечая, то же делают и [философы], рассуждающие об идеях: они отделяют [от тел] физические свойства, которые в не меньшей степени поддаются отделению, чем математические [отношения]. ... На то же указывают и наиболее физические из математических наук, как то: оптика, учение о гармонии и астрономия: они в некотором отношении обратны геометрии. Ибо геометрия рассматривает физическую линию, но не поскольку она физическая, а оптика же – математическую линию, но не как математическую, а как физическую [Аристотель, 1981б. II. 2. 115а].

Отметим, что абстрагирование математических соотношений от предметов, в которых эти соотношения проявляются, представляется Аристотелю вполне законной операцией. Иное дело – физические свойства, в принципе не отделимые от их носителей. Тем не менее сторонники математики, развиваемой на основе учения Платона об идеях, фактически пытаются осуществить такое отделение.

В рассуждениях Аристотеля нашли отражение обстоятельства, соответствующие реальной исторической практике того времени. То обстоятельство, что математика изучает «статические неизменные связи и отношения» (как это было у Платона), привело Аристотеля к убеждению, что физика не может быть наукой, построенной на базе математики, ибо физика есть наука о природе, которой органически присущи изменение, движение. Математика же прикладная (главным образом геометрия, развивавшаяся вместе с практическими нуждами строительства и т. п.) воспринимались Аристотелем как инструмент, разновидность ремесла, а не как конструктивный элемент, который можно применять в теоретических построениях. Неслучайно Галилей устами Симпличио произносит:

...Все же скажу вместе с Аристотелем, что в вопросах естественных не всегда следует добиваться необходимости существующего посредством математического доказательства [Галилей, 1948. С. 27].

Последующие попытки Прокла [Прокл, 1986] геометризовать физическую систему Аристотеля ни к чему не привели, поскольку методология, развитая в работах Аристотеля и его комментаторов, запрещала построение физической теории (развитие физических понятий) по математическому образцу.

Кардинальные изменения в отношении физики к геометрии произошли в эпоху Галилея. Галилей первым признал необходимость математизации физики. Это было обусловлено тем, что практика научного исследования, а также развитие военного дела, мореплавания, астрономии и т. д. стали требовать уже количественного представления, в частности количе-

ственного описания движения тел. Необходимо отметить, что образцы количественного описания были тогда связаны с геометрическими взглядами Платона, Архимеда и Евклида³ (попытки количественного описания имелись и до Галилея, например у Прокла). Галилеем в целом была подготовлена почва для изменения методологии исследования. Однако существовал один сильный сдерживающий фактор: во времена Галилея не было другого развитого математического аппарата, кроме евклидовой геометрии. Вполне логично, что геометрия Евклида впоследствии (уже у Ньютона) стала одновременно и моделью физического пространства, и самим описанием физического пространства. Таким образом, произошел переворот взглядов: из теории исчезла физическая сущность.

Неслучайно фундаментальный труд Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687), закрепивший теоретическую основу классической физики и методологию исследования более чем на две сотни лет, написан в стиле «Начал геометрии» Евклида – геометрическим языком, ибо другого просто еще не было. Бесспорно, именно в ньютоновских «Началах» нашла отражение и закрепилась новая методологическая схема, связывающая физику и геометрию. Физические законы, выраженные в математическом виде, *предполагают* определенные геометрические представления о реальном пространстве, в котором протекают физические процессы (см. дополнение А). Поэтому понятно, что для того чтобы сформулировать физические законы, есть необходимость с самого начала задать геометрию, отражающую свойства пространства, а также, например, позволяющую представить его в более удобном математическом виде.

Следует отметить, что в рамках вопроса о соотношении теории и реальности с позиции первоначальной формы синтеза физики и геометрии (выражение физического пространства евклидовой геометрией) вопрос об объективном содержании геометрии не приобрел, да и не мог приобрести, характер проблемы. Отношение геометрии как концептуальной системы к реальному пространству в ньютоновской механике рассматривалось как однозначное воспроизведение геометрической структуры реального пространства при достижении определенного, не вызывавшего ни у кого сомнения уровня абстрагирования от реальных вещей. Само пространство воспринималось как чисто математическое [Ньютон, 1936], не определяемое материей. Опытные факты, которые указывали на справедливость физических законов, в данном случае законов ньютоновской механики, одновременно являлись эмпирическим базисом евклидовой геометрии. Наиболее интересным можно считать тот факт, что по мере построения «здания» классической механики происходит отказ от чисто геометрических методов: начинают бурно развиваться аналитические методы математики, в первую очередь математический анализ. Неудовлетворительность

геометрических методов того времени состояла не только в их чрезмерной громоздкости (развивающаяся наука требовала более простого в использовании математического формализма, необходимость этого была ясна уже Ньютону, заложившему основу будущей теории), но и в принципиальной неприспособленности к описанию и оперированию такими понятиями, как мгновенное перемещение, мгновенная скорость, т. е. теми понятиями, которыми стало описываться движение.

Картина отношения геометрии к реальности существенно изменилась с открытием неевклидовых геометрий. Следствием этого открытия как раз и явилась актуализация вопроса о том, в каком отношении геометрия находится к реальному миру, какая из возможных геометрий реализуется в природе. Изменение фундаментальных физических представлений при переходе от классического периода развития физики к неклассическому, который обычно связывают с развитием квантовой механики и общей теории относительности, в первую очередь затронуло такие свойства физического концептуального пространства, как изотропность и однородность, постулируемые в рамках евклидова геометрического описания (см. дополнение А). Необходимо отметить, что развитие идей общей теории относительности ознаменовало поворотный момент в трактовке физического пространства, не укладывающийся в старую евклидовоподобную схему (применяющуюся в том числе в специальной теории относительности). Общая теория относительности расширила прежние представления о пространстве и времени, так как пространственно-временной континуум описывается «искривленным» многообразием (римановой геометрией) и это искривление пространства-времени берет на себя функцию сил в механике Ньютона, что по-своему решает проблему соотношения физики и геометрии. В общей теории относительности пространство вновь приобрело онтологическую (физическую) сущность, геометрия пространства стала определяться распределением материи. Интересно, что за изменением геометрической интерпретации (сменой евклидовой модели пространственной геометрии на риманову) последовало бурное развитие аналитических методов выражения структуры физического пространства (развитие тензорного и спинорного исчисления).

В рамках чистой математики геометрия рассматривается как формально-аксиоматическая система. В этом случае ее первичные понятия: «точка», «прямая», «плоскость», «лежать на», «находиться между», «быть конгруэнтным» (т. е. равным) – не имеют специфического для геометрии пространственного значения. Их содержание определяется формальной структурой аксиом. Эти аксиомы в данном случае можно считать их неявным определением. В качестве интерпретации геометрических понятий, а следовательно, и составленных из них аксиом могут фигурировать не только пространственные объекты, но и объекты теории чисел, логики

и т. п. Таким образом, геометрия лишь при определенных частных интерпретациях есть наука о пространственных отношениях. Геометрические аксиомы и теоремы, если их рассматривать как элементы непроинтерпретированной, т. е. чисто формальной системы, сами по себе не являются ни истинными, ни ложными. Однако после интерпретации на соответствующих моделях они превращаются в истинные утверждения той или иной отрасли знания. Если геометрия интерпретирована на пространственных объектах, то она превращается в систему истинных утверждений о пространственных построениях. Отметим, что можно говорить о данной геометрии как истинной в том смысле, что она правильно описывает пространственные построения. Здесь находит отражение тезис о том, что истинность математической системы косвенным образом проверяется через соответствие реальности концептуальной модели (например, физической), математическая модель которой описывается данной математической системой (см. дополнение Б).

Система чистой геометрии сама по себе ничего не утверждает о материальном мире. Но она может превратиться в систему утверждений о пространственной структуре материального мира, и это достигается путем физической интерпретации геометрии. Данная процедура состоит в том, что понятиям геометрии ставятся в соответствие физические объекты, а математическим операциям над ними – физические процедуры. Перейдя от абстрактной геометрии к физической, мы, таким образом, казалось бы, находим путь решения проблемы геометрии реального пространства. Решить ее должны опыты с физическими объектами. Однако проблема связи геометрии как концептуальной системы с действительностью («проблема эмпирического обоснования») оказалась значительно сложнее, чем можно было предположить вначале. Это обусловлено тем, что геометрия обычно связывается с реальным миром через определенную физическую теорию. Дело в том, что связь геометрии с физикой исключает возможность прямой проверки геометрии посредством опытных фактов и к тому же лишает результаты этой проверки однозначности. Таким образом, согласно общепринятой (неклассической) точке зрения

в силу этой неоднозначности в решении вопроса о дескриптивной истинности данной геометрии существенную роль играют конвенции. Сюда относится, во-первых, семантическая конвенция, приписывающая аксиомам геометрии собственно геометрическое, т. е. пространственное, значение. Во-вторых, даже после того как аксиомы геометрии получили определенную семантику и превратились в описание структуры пространства, имеется возможность варьирования правил конгруэнтности и в зависимости от их выбора устанавливать, какой имен-

но тип геометрии реализуется в данном пространстве [Чудинов, 1974. С. 147].

Современному этапу развития соответствовало бы такое представление о природе пространства, согласно которому его свойства были бы обусловлены, с одной стороны, данными физическими объектами и их взаимодействиями, а с другой – более фундаментальным уровнем материи. Современные представления о материи и ее структуре диктуют необходимость изменения старых и формирования новых представлений о пространстве. Какими будут эти представления в деталях, определит дальнейшее развитие науки. Однако можно утверждать, что существующие в настоящее время понятия пространства и времени (и связываемый с ними вещественно-полевой уровень материи) изменят свое содержание в тех сферах исследования, которые будут так или иначе затрагивать фундаментальные характеристики самого пространства-времени (где, возможно, обнаруживаются новые свойства материи другого, более фундаментального уровня, например релятивистского инвариантного эфира (см. гл. 3)). В настоящий момент не исключена возможность такого обобщения пространства и времени, в результате которого они станут рассматриваться как проявление более общих структурных отношений природы [Мостепаненко, 1969; Румер, 1971; Шарыпов, 1998; Корухов, 2002].

Абсолютизация вещественно-полевого уровня реальности и связанная с ней трактовка пространства-времени нашли отражение в структуре ряда классических и неклассических физических теорий, где в качестве исходных понятий выступают именно пространство и время (например, механика Ньютона) или пространство-время (например, специальная теория относительности). В данных теориях пространство и время, а также пространство-время рассматриваются как понятия независимые, исходные и универсальные. В современной физике все еще остаются представления о пространстве и времени как об исходных понятиях теории, в известной степени определяющих структуру самой теории, однако результаты ряда исследований как конкретно-научного, так и философского характера подталкивают нас к тому, что сами представления о свойствах пространства и времени необходимо выводить и обосновывать исходя из более фундаментальных онтологических представлений, т. е. с позиции более фундаментального уровня материи.

Существенной особенностью современного подхода к познанию реальности является стремление зафиксировать определенные инвариантные величины, связанные с самой природой исследуемого объекта (вся современная физика является прежде всего физикой инвариантов⁴). В нашем случае вполне обоснованным может быть предположение, что ло-

гика развития научной теории потребует поиска инвариантов более общих и более глубоких по сравнению с известными ранее, из которых можно будет вывести свойства симметрии пространства и времени или свойства симметрии соответствующих пространственноподобных структур вещественно-полевого уровня материи. К тому же новая теория должна будет обнаруживать большую простоту своих принципов⁵ по сравнению с предшествующей теорией, чтобы в конечном счете заслужить право считаться действительно новой теорией, продвигающей научное знание по пути к более глубокой истине.

В рамках формирования будущего (постнеклассического) этапа развития физики мы полагаем необходимым рассмотреть проблему соотношения физики и геометрии на новом уровне. При этом в первую очередь следует обратить внимание на изменение представлений о роли пространства-времени в картине мира (прежде всего в связи с введением представления об уровнях материи в представления о структуре пространства-времени), а также об ограниченной применимости сложившихся математических (геометрических) систем, используемых при формировании математических моделей концептуального физического пространства (отвечающего требованиям изменившейся физической онтологии). Обратим также внимание на то, что на сегодняшний день проблема пространственно-временной структуры ставится как проблема пространства-времени «всеобъемлющей» физической системы, включающей «все пространство-время в целом» (и микро- и макроуровень Вселенной). В связи с этим необходимо отметить, что состояние этой проблемы (построение формализма, адекватного современным изменяющимся представлениям о пространстве-времени) во многом зависит от наличия или, наоборот, отсутствия, во-первых, самого математического формализма, с помощью которого можно описывать свойства абстрактных пространственно-временных структур, и, во-вторых, физической теории пространства-времени, эмпирических данных, позволяющих построить конкретную теорию пространственно-временной структуры и осуществить затем ее наблюдательную проверку, решив таким образом проблему соотношения теории и реальности (и соответственно физики и геометрии).

Итак, проблема соотношения физической и математической (геометрической) составляющих модели пространства-времени не может быть решена «внутри» теории. Данное обстоятельство может оказывать существенное влияние на нашу интерпретацию понятия «объективности» пространства и времени. В частности, вывод о конвенциональности физической геометрии может рассматриваться как основание для отклонения предположения, что ей может соответствовать объективный референт [Чудинов, 1974]. Проблема объективности является первой собственно философской проблемой, на которую мы обратим внимание. Достаточно

даже беглого анализа, чтобы убедиться в том, что это одна из фундаментальных (если не наиболее фундаментальная) проблем философского анализа научных представлений о пространстве и времени, возникающих в связи с необходимостью применения в науке концептуальных моделей пространства и времени.

§ 1.2. Проблема объективности

Как мы уже отмечали, «математический» подход к анализу свойств пространства и времени, будучи необходимым, в то же время не является достаточным средством для изучения свойств реальных пространства и времени. Отметим, что переход от «протонаучного» способа познания мира (до XVII в.) к собственно научному ознаменовался, в частности, переходом от перцептуальных моделей пространства к более абстрактным. В данном случае абстрагирование, конечно, не было «потерей» или «удалением» от реальности, это удаление от перцепций окружающего нас мира, которые могут быть самому миру неадекватны.

В зависимости от точки зрения на объективность пространства и времени определяется подход к исследованию проблем, связанных с анализом свойств пространства и времени. Если отрицание их объективности выводит на первый план психологию восприятия и физиологию органов чувств, то признание объективности нацеливает на изучение фундаментальных (универсальных) свойств материальных объектов и процессов, т. е. ведет, в первую очередь, к физике и постановке философских вопросов о возможности объективного знания о реальности. Проблема объективности является центральной проблемой исследования философско-методологических вопросов, связанных с развитием научных представлений о пространстве и времени.

Реальное и перцептуальное пространство

Говоря о проблеме объективности (реальности) пространства и времени, следует сделать ряд предварительных замечаний. Человек – существо макроскопическое, органы чувств, также являющиеся макроскопическими системами, поставляют информацию о реальных явлениях на «макроскопическом языке». То же относится и к приборным измерениям. Причем в измерениях главную роль играют макроскопические пространственно-временные представления:

Каждое измерение утверждает, что указатель, или помеченная точка, совпадает с тем или иным делением линейки одновременно с совпадением стрелок часов с какими-либо делениями циферблата. Независимо от того, касается ли измерение длин, времен, сил, масс, электрических токов, химического сродства или чего бы то ни было еще, фактически содержание наблюдений состоит лишь из пространственно-временных совпадений [Борн, 1964. С. 399].

В этом смысле можно говорить о «первичности» пространственно-временного фона для любого опытного познания. Такая особенность явилась, как известно, одним из объективных источников кантовского априоризма в представлениях о пространстве и времени. Согласно Канту время и пространство суть априорные формы чувственности [Кант, 1994]. Тем самым у Канта речь идет не о реальных пространстве и времени, а о перцептуальных. Если *перцептуальные* пространство и время суть условия сосуществования и смены ощущений и других психических актов субъекта, то *реальные* пространство и время относятся к сосуществованию и смене состояний окружающих субъект объектов и явлений. В реальном пространстве локализованы реальные объекты, а в перцептуальном – наши ощущения (перцепции). Например, согласно диалектико-материалистической точке зрения перцептуальные пространство и время отражают реальные пространственные и временные отношения и свойства, но лишь в той мере, в какой наше восприятие соответствует природе реальных явлений [Мостепаненко, 1969].

Основным аргументом против априоризма пространственно-временных представлений (условно говоря, против системы Канта) явилось открытие множественности геометрий, т. е. математических моделей пространства (или *концептуальных* пространств). Тем самым если на эмпирическом уровне познания перцептуальные (макроскопические) пространство и время выступают как «первичное», то на теоретическом уровне научного исследования возможно использование разнообразных пространственно-временных моделей. Выбор между различными равноправными моделями с математической (абстрактной) точки зрения может основываться лишь на подходящей конвенции. Однако прежде чем на этом основании ставить под сомнение существование реального пространства, следует учесть вопрос о необходимости естественно-научной интерпретации математических понятий, относящихся к концептуальному пространству. С учетом этого выбор модели уже не выглядит просто условностью. Это свидетельствует в пользу вывода о том, что концептуальные пространства могут служить средствами познания и описания реальных пространства и времени. Это абстрактные математические пространства, которые (как и перцептуальное пространство) находятся лишь

в уме человека, но которые могут явиться средством научного подхода к изучению реального пространства. Проблема соотношения концептуального и перцептуального пространств подробно исследована в работе А. М. Мостепаненко «Проблема универсальности основных свойств пространства и времени» [Мостепаненко, 1969].

Прежде чем окончательно определиться с содержанием проблемы объективности и ролью научного знания в попытках ее решения, кратко остановимся на проблеме субъективности времени.

Субъективность времени

Концепция субъективности времени восходит к Аристотелю и, по существу, заключается в том, что время рассматривается как нечто, упорядочивающее впечатления индивидуального сознания и существующее лишь в сознании и благодаря сознанию. Однако последовательно субъективистскую трактовку времени мы, пожалуй, не сможем обнаружить ни у одного из крупных европейских мыслителей. И Аристотель, и Августин, и Декарт, и Лейбниц, и другие философы признавали существование в той или иной форме независимого от индивидуальной души и сознания основания для восприятия времени, обладающего объективными временными свойствами, «истинную длительность вещей» [Декарт, 1950. С. 451]. Время же «есть мера длительности или же скорее только модус мышления» [Спиноза, 1957. С. 303]. Если обоснование последовательно субъективистской трактовки сущности времени невозможно, то что же могло удерживать многих философов от решительного отказа от всех элементов субъективизма в понимании времени? Одним из главных оснований для этого служат сомнения в универсальности времени, т. е. представления об индивидуальном времени и, в первую очередь, о психологическом и физиологическом времени. Так, согласно М. Гюйо

время закрыло бы доступ к себе существу, которое ничего не желало бы, ни к чему не стремилось бы... Будущее есть не то, что идет к нам, но то, к чему мы идем [Гюйо, 1899. С. 35].

Тем самым Гюйо обосновывал, что время есть продукт человеческого воображения, воли и памяти, результат долгой эволюции. Гюйо полагал, что идея времени возникла тогда, когда человек стал сознавать свои реакции на удовольствия и боль и связал с этими реакциями последовательность мускульных ощущений. Всякая потребность предполагает возможность ее удовлетворения, совокупность таких возможностей мы обозначаем термином «будущее». Способность же различать прошлое и буду-

щее и есть основа для введения и использования идеи времени. Кроме психической рефлексии существует и более глубокий – физиологический – уровень «порождения» времени. Он связан с биоритмами растений и животных, являющимися результатом метаболической и клеточной активности. Фактически каждая живая клетка может иметь собственные «часы». При разной температуре или в различной стадии жизни организм может иметь различное физиологическое время, т. е. различный ритм периодических процессов (например, размножения клеток).

Несмотря на очевидное наличие индивидуальных (психологического и физиологического) времен, никто из современных исследователей проблемы времени, пожалуй, не ставит под сомнение его объективность. Причем основные аргументы, по-видимому, носят гносеологический характер. Сам по себе процесс научного познания реальности требует этого:

Независимо от споров, которые могут вести философы по поводу течения времени, нам следует для изучения движения применить некоторую меру времени; при этом следует *допустить*, что время протекает независимо от движения, так что можно себе представить отдельные части его, между которыми существует равенство или неравенство в любой пропорции. Кто отказал бы нам в этой возможности, тот вообще уничтожил бы возможность какого-либо познания движения [Эйлер, 1938. С. 279].

Что касается каких-либо аргументов онтологического характера, то здесь достаточно сослаться на тот или иной вариант принципа единства мира, предполагающий определенную онтологию. Например, предустановленная гармония мира лейбницева монад призвана «объективизировать» индивидуальные восприятия элементарных духовных сущностей. Аналогично, согласно А. Бергсону, представляя Вселенную единым целым, легко перейти от внутреннего, психологического времени, упорядочивающего наши переживания, к внешнему времени, имманентному вещам и предметам непосредственного нашего окружения, и далее к единому времени, пронизывающему всю Вселенную и устанавливающему временной порядок происходящих в ней событий. По Бергсону, время есть духовное свойство, некоторый элемент сознания, свойственный всем предметам, который выводится им из свойства индивидуального сознания. Время связывается с таким свойством сознания, как память:

Если нет – пусть самой элементарной – памяти, связывающей друг с другом два мгновения, то перед нами будет либо одно, либо другое из них, то есть один-единственный момент, перед нами не будет ни «пе-

ред», ни «после», ни последовательности, ни времени [Бергсон, 1923. С. 43].

В этом суждении справедливо указывается на то, что «течение» времени невозможно представить не только без изменения, но и без сохранения (или «памяти») прошлых событий в настоящем.

Наука и объективность

Таким образом, не нарушая общности, можно считать, что проблема объективности пространства и времени – это прежде всего проблема соотношения наших представлений об их реальности или субъективности. В контексте проблемы соотношения концептуального пространства-времени (соотношения представления о пространстве-времени в рамках данной научной теории и самой объективной реальности) эта проблема превращается в проблему достоверности наших данных для заключения о существовании объективной реальности, выражением определенных свойств которой выступает концептуальное пространство-время. Например, в рамках теории относительности пространство и время объединяются в единое пространственно-временное многообразие. (см. дополнение А). Если пространство состоит из точек, а время – из моментов, то пространство-время СТО состоит из «событий». Согласно Г. Минковскому только единый четырехмерный мир событий обладает реальностью, тогда как время и пространство по отдельности превращаются в «простые тени» [Минковский, 1935]. Однако на это можно возразить: признание реальности целого отнюдь не означает отрицание реальности частей или сторон целого. Кроме того, мир событий так же удовлетворяет приведенным критериям реального существования, как и пространство и время по отдельности.

Имеем ли мы право «проецировать» на мир наши ощущения или концепции и говорить, что пространство и время реально существуют? В истории философских представлений о пространстве и времени существуют примеры «логических доказательств» невозможности существования реальных пространства и времени. В то же время в пользу существования реальных пространства и времени свидетельствует то, что они удовлетворяют методологическим условиям реального существования объекта, принятым в современном естествознании. Во-первых, они в принципе наблюдаемы в опыте, т. е. в принципе возможно (не запрещено законами природы) получение прямой или косвенной информации об изучаемом объекте, выражающейся в конечном счете в показаниях органов чувств. Во-вторых, пространство и время обладают определенной степенью общ-

ности и инвариантности по отношению к преобразованию условий познания. Эти условия не являются достаточными критериями реального (объективного) существования, но в то же время являются важными методологическими приемами, ведущими к решению проблемы объективности в современной науке.

Таким образом, сформировав определенное видение того, как следует интерпретировать проблему объективности пространства и времени, перейдем к анализу менее фундаментальных, но более содержательных и «интересных» проблем.

§ 1.3. Проблема абсолютности

Кратко остановимся на проблеме абсолютности свойств пространства и времени. Объективному времени (и пространству) в рамках той или иной научной картины мира может придаваться субстанциальный или реляционный характер. Так, отказ от представлений классической физики об абсолютных пространстве и времени неправомерно связывать с отказом от их объективности (как это представляли позитивисты; например, по Маху, «пространство и время суть хорошо упорядоченные ряды ощущений» [Мах, 1909. С. 427]). Напротив, согласно Эйнштейну, «чтобы придать понятию времени физический смысл, нужны какие-то процессы, которые дали бы возможность установить связь между различными точками пространства» [Эйнштейн, 1966. С. 24]. Неправомерность связывания субъективности пространства и времени с отказом от их абсолютности следует уже из того, что согласно специальной теории относительности пространство-время имеет абсолютный характер. Не является подтверждением субъективности пространства и времени и наличие в физических теориях понятия «наблюдатель», так как последнее вовсе не предполагает присутствия наделенного индивидуальным сознанием субъекта. Под *абсолютностью* («субстанциальностью») пространства и времени понимается независимость от материальных тел и процессов.

Последовательная субстанциальная концепция пространства и времени приводит к проблеме их природы, которую можно обозначить следующим образом. То, что не зависит от материального, по-видимому, следует рассматривать как не принадлежащее материальному, т. е., возможно, как духовную сущность. В силу объективности пространства и времени это не индивидуальные духовные сущности. Отсюда вытекает возможность их трактовки в духе Ньютона как «чувствилища Бога», свойства которого хотя и могут быть познаваемы, но не объяснимы в рамках научного изучения реальности.

Классическим решением проблемы абсолютности является представление о пространстве и времени в рамках классической механики Ньютона, где четко разводятся абсолютные и относительные пространство и время.

Время, пространство, место и движение составляют понятия общеизвестные. Однако необходимо заметить, что эти понятия обыкновенно относятся к тому, что постигается нашими чувствами. Отсюда происходят некоторые неправильные суждения, для устранения которых необходимо вышеприведенные понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные... Однако совершенно невозможно ни видеть, ни как-нибудь иначе различать при помощи наших чувств отдельные части этого пространства одну от другой, и вместо них приходится обращаться к измерениям, доступным чувствам. По положениям и расстояниям предметов от какого-либо тела, принимаемое за неподвижное, определяем места вообще, затем и о всех движениях судим по отношению к этим местам, рассматривая тела лишь как переносящиеся по ним. Таким образом вместо абсолютных мест и движений пользуются относительными; в делах житейских это не представляет неудобства, в философских необходимо отвлечение от чувств. Может оказаться, что в действительности не существует неподвижного тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих... засоряют математику и те, кто смешивает самые истинные количества с их отношениями и их обыденными мерами.

I. *Абсолютное, истинное, математическое время* само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью.

Относительное, кажущееся, или обыденное, время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год.

II. *Абсолютное пространство* по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

Относительное [пространство] есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное: так, например, протяжение пространств подземного воздуха или надземного, определяемых по их положению относительно земли. По виду и величине абсолютное и относительное пространства одинаковы, но численно не всегда остаются одинаковыми. Так, например, если рассматривать Землю

подвижную, то пространство нашего воздуха, которое по отношению к Земле остается всегда одним и тем же, будет составлять то одну часть пространства абсолютного, то другую, смотря по тому, куда воздух перешел, и, следовательно, абсолютное пространство непрерывно меняется.

III. *Место* есть часть пространства, занимаемая телом и по отношению к пространству бывает или абсолютным, или относительным. Я говорю часть пространства, а не положение тела и не объемлющая его поверхность. Для равнообъемных тел места равны, поверхности же от несходства формулы тел могут быть и неравными. Положение, правильно выражаясь, не имеет величины, и оно само по себе не есть место, а принадлежащее месту свойство. Движение целого то же самое, что совокупность движений частей его, т. е. перемещение целого из его места то же самое, что совокупность перемещений его частей из их мест. Поэтому место целого то же самое, что совокупность мест его частей, и, следовательно, оно целиком внутри всего тела.

IV. *Абсолютное движение* есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое, *относительное* – из относительного в относительном же. Так, на корабле, идущем под парусами, относительное место тела есть та часть корабля, в которой тело находится, например та часть трюма, которая заполнена телом и которая, следовательно, движется вместе с кораблем, Относительный покой есть пребывание тела в той же самой области корабля или в той же самой части его трюма.

Истинный покой есть пребывание тела в той же самой части того неподвижного пространства, в котором движется корабль со всем в нем находящимся. Таким образом, если бы Земля на самом деле покоилась, то тело, которое по отношению к кораблю находится в покое, двигалось бы в действительности с той абсолютной скоростью, с какой корабль идет относительно Земли. Если же и сама Земля движется, то истинное абсолютное движение тела найдется по истинному движению Земли в неподвижном пространстве и по относительным движениям корабля по отношению к Земле и тела по отношению к кораблю [Ньютон, 1936. С. 34–35].

Мы привели такую большую цитату из «Математических начал натуральной философии» Ньютона сознательно, ибо в ней отражена фактически вся суть ньютоновской концепции пространства и времени, на основе которой строилась физическая картина мира вплоть до конца XIX в., когда она подверглась ударам со стороны развивающейся электродинамики и была разрушена в начале XX столетия в процессе становления и развития теории относительности (специальной и общей) и квантовой механики. Очевидность, кажущаяся ясность и однозначность концепции Ньюто-

на совместно с основными законами движения обеспечили длительное господство механицизма, несмотря на критику, которой он подвергался со стороны, например, Г. Лейбница, отстаивавшего континуальность пространства [Лейбниц, 1982].

Проблема абсолютности как проблема континуальности

Можно сказать, что проблема абсолютности свойств пространства и времени – это прежде всего проблема субстанциальности и реляционности свойств пространства и времени, по крайней мере, со времен противопоставления представлений о пространстве Демокрита, Эпикура, Лукреция («пустое» пространство, бесконечноеместилище вещей, «арена» движения тел) и Аристотеля (пустота существовать не может, ибо она – это нечто, имеющее величину, и одновременно ничто, бестелесное начало, ни на что не действующее и не подвергающееся воздействию, чего не может быть, потому что быть не может; отсюда делался вывод, что пространство – это совокупность мест, занимаемых телами). Атомисты рассматривали все сущее как совокупность бесконечного числа неизменных по форме и величине частиц – атомов, образующих при сцеплении друг с другом все многообразие тел природы. «Полное» и «пустое» – два неразрывно связанных понятия: атомы (абсолютно «полные») могут существовать и двигаться только в абсолютно «пустом» пространстве-местилище. Аристотель же полагал, что случайные сочетания неизменных частиц не могут обусловить качественное своеобразие и целостность вещей, их специфические закономерности. Хотя материя и является субстратом вещей, но движущее, активное начало – это форма. Отрицание атомизма влекло за собой и отрицание пустого пространства [Симанов, Потемкин, 1990].

Кратко проанализируем эволюцию взглядов на континуальность пространства от античных атомистов и Аристотеля до Декарта и Ньютона, которая привела к возникновению первой (классической) научной модели структуры пространства. Нельзя сказать, что взгляды Аристотеля на пространство были сформулированы явным образом. Как отмечают А. Л. Симанов и В. К. Потемкин, реконструировать аристотелевские представления о пространстве можно, проследив, как он использует фундаментальное понятие «место». Прежде всего, необходимо отметить, что в своей книге «Физика» Аристотель отрицает атомистические тезисы о возможности существования бесконечности и пустоты [Аристотель, 1981б. II. 2. 115а]. Дискутируя с атомистами, он пытается сформулировать противоречия, к которым, как ему представляется, приводит допущение существования пустого пространства.

В пустоте, по мнению Аристотеля, «нет оснований двигаться сюда больше, сюда меньше: поскольку это пустота, в ней нет различий», поэтому нет и причин для движения. Относительно бесконечности он рассуждает таким образом: «Поскольку имеется [с точки зрения атомистов] бесконечность, не будет ни верха, ни низа, ни центра», следовательно, невозможно ни естественное, ни насильственное (по терминологии Аристотеля) движение, т. е. невозможно любое движение [Аристотель, 1981б. II. 2. 115а]. Имеется еще одно возражение против идеи существования бесконечного пустого пространства. По Аристотелю, движение происходит (после придания телу толчка) вследствие действия воздуха, окружающего движущееся тело. Кроме того, быстрота движения обратно пропорциональна сопротивлению. Следовательно, в пустоте либо скорость движения должна быть бесконечно большой, либо все тела будут иметь равную скорость. «Но это невозможно», – заявляет Аристотель и делает вывод, что пустого пространства не существует.

Объем пособия не позволяет привести подробное доказательство Аристотелем невозможности существования бесконечно большого пустого пространства, изотропного и однородного. Однако отметим, что аристотелевское пространство континуально, так как оно представляет собой совокупность всех мест, которые существуют объективно, и реальных объектов. Кроме того, сферический мир с фиксированным центром и существование естественных движений (вечных движений небесных тел по кругу и движений тел к состоянию покоя, которое соответствует каждому телу) и насильственных (движений, где конечное состояние не является естественным состоянием покоя тела и определяется самим движением), абсолютная заданность верха и низа (сферическая граница мира и его центр – Земля), «наполненность» мира в рамках этой границы, пространственная последовательная распределенность эфира, огня, воздуха, воды и земли как основных составляющих элементов мира указывают на пространство не только континуальное, но и неоднородное и анизотропное.

Вплоть до конца Средневековья и начала эпохи Возрождения в европейских философских системах закрепились (с некоторыми вариациями) аристотелевские представления о пространстве. Представления же о локальном пространстве были геометризированы и детально разработаны в системах древних геометров и механиков, прежде всего в геометрии Евклида. В Средние века представления о пространстве подчинялись эсхатологическим критериям. Пространство описывалось прежде всего религиозными и моральными характеристиками: низ – ад, верх – обитель Бога, восток – рай, запад – место светопредставления и страшного суда. Такие представления связаны с идеями божественного творения мира и создания пространства в акте этого творения, а также с идеей активной роли непространственной субстанции в генезисе пространства. Так, в XIII в.

сочинения Фомы Аквинского изменили направленность христианской теологии: отказавшись от идей Платона, претерпевших значительное изменение за прошедшее тысячелетие, религия нашла опору в философии Аристотеля, которая приобрела религиозный характер. То же произошло и с аристотелевской космологией. «Божественная комедия» Данте дает нам наиболее развернутое и поэтизированное изложение христианской космологии, безраздельно господствовавшей вплоть до XV в. Однако в космологии Данте в равной степени смешиваются и религиозные библейские традиции, и натурфилософские традиции Аристотеля и неоплатоников.

В эпоху Возрождения происходит секуляризация представлений о пространстве: перевод его из «сотворенных» свойств мира в субстанциональные свойства. Появляется понятие абстрактного пространства, лишённого тел и креационистской теоцентрической системы отсчета. Оно представляется однородным и потому позволяющим наблюдателям создавать равноправные системы отсчета. В то же время развитие теологии привело к понятию бесконечности пространства, но бесконечность эта была отказом от протяженности пространства и его реальности. Реальность была приписана лишь непротяженным сущностям. Научная революция XVII в., подготовленная развитием культуры и науки в эпоху Возрождения, привела к тому, что абстрактное абсолютное пространство «наполняется» материальными процессами и телами, а соответствующее понятие включается в механистическую картину мира, формирование которой в явном виде началось с исследований Галилея. Но сами эти исследования были подготовлены философскими системами Ренессанса и постренессанса, образовавшимися из критики аристотелизма и классической теологии.

В механике Галилея движение предоставленного самому себе тела происходит по окружности (здесь имеют место отголоски аристотелевских представлений о естественном движении в подлунном мире), т. е. пространство является искривленным. Следующий шаг Галилея был связан с оправданием однородности пространства, выражаемой в равноправии действия законов механики в любой его точке. Говоря современным языком, поскольку физические законы инвариантны относительно систем отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно, постольку пространство однородно. Для доказательства этого Галилей предлагает мысленный эксперимент: в движущемся корабле наблюдают за движением мелких животных, насекомых, рыб, за падением капель воды (движение равномерное и прямолинейное, без качки). Они оказываются точно такими же, как и в неподвижном корабле или на берегу, т. е. механические движения независимы от системы отсчета, следовательно, независимы от

движения и соответствующие законы (см. дополнение А). Таким образом, искривленное пространство Галилея является однородным.

На основе разработки математической концепции неделимого и переноса ее в физику Галилей делает вывод о существовании пустого пространства:

Если мы разделим тело на конечное число частей, то, без сомнения, не сможем получить из них тела, которое занимало бы объем, превышающий первоначальный, без того, чтобы между частями не образовалось пустого пространства, то есть такого, которое не заполнено веществом данного тела, но если допустить предельное и крайнее разложение тела на лишённые величины и бесчисленные первичные составляющие, то можно представить себе такие составляющие растянутыми на огромное пространство путем включения не конечных пустых пространств, а только бесконечно многих пустот, лишённых величины [Галилей, 1948. С. 346].

Таким образом, по мнению Галилея, пространство есть искривленное замкнутое пустоеместилище мира, своеобразная совокупность траекторий тел, но не их объемов и не расстояний между ними. Иными словами, структура пространства характеризуется равномерными круговыми движениями. Камнем преткновения для Галилея явилась проблема континуальности. Без ее решения нельзя было создать теоретический фундамент для механики, и поэтому к вопросу о непрерывности Галилей возвращался постоянно. Эта проблема находилась также в центре внимания французского математика, физика и философа XVII в. Рене Декарта.

В противоположность Аристотелю Декарт утверждает, что в природе действует единая телесная субстанция, не нуждающаяся для своего существования ни в чем другом. Совершенно умозрательно он делает вывод, что объемность – единственно абсолютно всеобщее неизменное свойство материи, ее сущность. Фактически это заимствовано у схоластов. Из отождествления телесности с протяженностью, выражающей объемность, следует отрицание существования пустоты. Кроме того, Декарт ссылается на «самоочевидную» идею: у *ничто* нет свойств, значит, *ничто* (пустоты) нет [Декарт, 1950]. Таким образом, Декарт геометризует материальное, отождествляя его с протяженностью. Пространство «превращается» в фундаментальный атрибут материи и, таким образом, абсолютизируется окончательно.

С точки зрения Декарта телесность не ограничена в своей протяженности, поэтому пространство бесконечно. Кроме того, поскольку не могло быть всеобщей бестелесной пустоты для создания мира, постольку мир, а следовательно, и пространство вечны. Но какова же структура

пространства? Видимо, она определяется взаимным расположением примыкающих друг к другу материальных тел, не имеющих пор. Однако это только первый, совершенно очевидный вывод. Декарт идет дальше: структура пространства определяется еще и движением материальных тел.

Действительно, если пустоты нет и все частицы примыкают друг к другу, то движение одной из них вызывает движение всех других. В итоге «нигде нет ничего неизменного», всюду царит вечное изменение. Это приводит к изменению плотности и появлению пластичности материи, т. е. возникают локальные возмущения ее, а следовательно, и протяженности – пространства. Таким образом, пространство анизотропно и неоднородно. Возникающие завихрения перемещающихся масс определяют криволинейный характер геометрии движения материальных тел, в частности планет. Известно влияние идей Декарта на Эйнштейна, и в общей теории относительности, как будет показано далее (см. дополнение А), приведенный здесь тезис Декарта получил соответствующую интерпретацию.

Естетственно, ньютоновская концепция абсолютного пространства противостоит декартовой. Остро полемизируя с картезианством, Исаак Ньютон построил концепцию абсолютного пустого пространства – емкости мира, завершив тем самым развитие концепции, основы которой были заложены еще Демокритом. Главным упреком и предметом дискуссий было то, что картезианцы не обращаются в должной мере к опыту, конструируют гипотезы для объяснения мира, опираясь только на умозрительные построения, в частности на упоминавшуюся гипотезу вихрей. Ньютон выступает и против «скрытых качеств», которые не выявляются в практическом опыте (напомним известное – «гипотез на измышляю»).

Критика картезианства и обращение к опыту приводят Ньютона к разработке собственной концепции пустого пространства, оказавшейся, с одной стороны, глубоко не соответствующей реальности, но, с другой – логически непротиворечивой. Единственный, кто в какой-то мере поддерживал картезианскую точку зрения, несмотря на ошеломляющие успехи классической механики Ньютона и насаждаемых ею представлений, был Лейбниц. Лейбниц критиковал субстанциализацию и вообще абсолютизацию пространства, свойственные Ньютону, превратившему пространство во внетелесную и самостоятельную сущность. Лейбниц был убежден, что никакого «чистого» пространства «самого по себе» нет, а значит, нет и пустоты. Он характеризовал пространство как *рядоположенность* явлений или отношение их сосуществования, но вступал в противоречие сам с собой, пытаясь выяснить, насколько эти явления реальны. Иногда он утверждал их реальность, иногда считал их эфемерными, а пространство – застывшим и в конечном счете отстаивал идею зависимости про-

странства от духовных сущностей. Это не могло найти положительного отклика у естествоиспытателей того времени, уверившихся, что Бог, сотворив все сущее, предоставил ему право и возможность развиваться в соответствии с естественными законами, не вмешиваясь в ход этого развития. Сам миф о сотворении мира виделся им вполне материальным практически во всем его объеме.

Несмотря на усиленные попытки философов разрешить противоречия между ньютоновской и лейбницево-декартовой трактовками пространства, материализовав духовную субстанциональность относительного континуального пространства Лейбница (см. [Спиноза, 1957]), непротиворечивую философскую трактовку пространства, допускающую физическую или какую-либо другую естественно-научную конкретизацию и интерпретацию, создать не удалось. Идея Спинозы не привела к прекращению борьбы, развернувшейся вокруг попыток объяснить пространство, его структуру, природу и свойства. Несмотря на закрепившиеся в науке представления об абсолютном пустом однородном изотропном пространстве – вместилище мира, идеи континуальности пространства, его анизотропии, относительности и зависимости его структуры от материи, а структуры материи, мира – от структуры пространства, идеи, которые берут свое начало еще в мифологических представлениях о пространстве, продолжают существовать по сей день. Физики, склонные к идеям картезианства и объяснению некоторых явлений (например, теплоты) с помощью субстанций, ввели понятие эфира как среды, не оказывающей сопротивления движущемуся телу. Это позволило объяснить ряд явлений из оптики, термодинамики и других областей, но вызвало, в свою очередь, новые противоречия, которые в конечном счете привели к научной революции в начале XX в. и тем самым поколебали господство идеи ньютоновского пространства в физике.

Исследованию проблемы абсолютности свойств пространства-времени посвящено большое количество работ. Среди наиболее подходящих для самостоятельного углубленного изучения можно выделить монографию А. Л. Симанова и В. К. Потемкина «Пространство в структуре мира» [Симанов, Потемкин, 1990]. В данном случае следует отметить, что проблема абсолютности прошла достаточно долгий путь развития, постоянно находясь во взаимосвязи с другими «онтологическими» представлениями. В настоящее время проблема абсолютности – это не только постановка и обсуждение проблем субстанциональности или пустоты, а также континуальности или реляционности, фактически она значительно шире. В частности, нельзя не отметить взаимосвязь проблем абсолютности и универсальности (или локальности) свойств пространства и времени. Более того, фундаментальный характер проблемы абсолютности подчеркивается тем, что решение именно этой проблемы приводит в

дальнейшем к решению проблемы мерности, а также проблемы метрических и топологических свойств пространства и времени.

§ 1.4. Проблема универсальности

Рискнем предположить, что в рамках истории философии проблема универсальности свойств пространства и времени в явном виде, в сущности, не была сформулирована. Однако различные точки зрения на природу пространства и времени влекли за собой возможность различных точек зрения на проблему универсальности их свойств. Например, в конечной Вселенной Аристотеля универсальность свойств пространства выражается в свойствах мира как целого, в единой мировой симметрии. Кроме того, по Аристотелю, универсальными, по-видимому, следует считать также свойства трехмерности и непрерывности. Точка зрения Аристотеля вытекала из его понимания пространства как «топоса», «смежной границы объемлющего тела» и из его трактовки движения и структуры мира. Она позволяла рассматривать пространство как структуру, в которой возможно изменение определенных свойств от точки к точке.

Напротив, линия Демокрита, приведшая к идее Ньютона об абсолютном пустом пространстве, подразумевала универсальность всех пространственных свойств. Этот вывод оспаривался Лейбницем, чья теория относительного (релятивного) пространства предполагала возможным разнообразие его свойств. Из концепции Канта следует универсальность свойств пространства, однако совершенно иная, чем в представлениях Ньютона. По Канту, универсальность обусловлена не особенностями внешнего мира вещей в себе, а свойством индивидов созерцать мир явлений в одной и той же априорной пространственной «раме». Универсальные свойства пространства связаны не с вещами в себе, не с их порядком, а лишь с формой нашей чувственности. Основанный на точках зрения Ньютона и Канта очевидный вывод об универсальности свойств пространства господствовал в классической науке вплоть до начала эпохи современной физики, когда появились сомнения в универсальности некоторых из этих свойств.

Что касается времени, то основоположником теории абсолютного времени можно считать Платона. Согласно его подходу у «подвижного образа вечности» не может быть каких-либо неуниверсальных свойств. Точка зрения Аристотеля на природу времени, понимаемого им как «число движения», в принципе допускала существование неуниверсальных свойств. Выводы, которые можно сделать в отношении универсальности

времени из концепций Ньютона, Лейбница и Канта, аналогичны выводам об универсальности пространства.

Принадлежащее Энгельсу философское определение пространства и времени как форм существования движущейся материи [Энгельс, 1955] подразумевает, что пространство и время универсальны в том смысле, что в принципе невозможно столкнуться ни с одним реальным явлением, которое находилось бы «вне» пространства и времени. Это позволяет рассматривать пространство и время как необходимые условия существования реальных явлений (концепция субстанциального пространства и времени). В то же время из определения следует, что, являясь формой существования, пространство и время определяются материальными явлениями, зависят от них (концепция реляционного пространства и времени). Если допустить существование множества относительно независимых «классов» материальных явлений и объектов, то в рамках реляционной концепции должны различаться и характерные свойства определяемых ими пространства и времени.

Возникает вопрос: существуют ли универсальные для всех «классов» явлений пространственные и временные свойства, т. е. универсальные пространство и время? Если совокупность всех классов явлений понимать как весь материальный мир (или Вселенную в целом), то этот вопрос, возможно, лишен смысла. У материи в целом не может быть никакого условия ее существования, ибо предположение о таком условии было бы связано с признанием нематериального начала, материя же – *causa sui*. Тем самым для материи в целом не может существовать какого-либо пространственно-временного фона, если пространство и время зависят и производны от материи. Тогда, как указано выше, разнообразие «классов» явлений ведет к разнообразию пространственно-временных форм. Причем наличие универсальной формы, по-видимому, логически равносильно признанию первоматерии – универсальной первоосновы мира.

Данный вывод, в свою очередь, приводит к ряду серьезных трудностей. По-видимому, не следует пытаться решать проблему универсальности пространства и времени «глобально». Правильнее решать ее «локально», оставаясь на почве современного теоретического знания. Конечно, это будут выводы об относительной универсальности или неуниверсальности пространственно-временных свойств, однако важно, что относиться они могут ко всей совокупности известных науке явлений: от микромира до мегамира.

Таким образом, проблема универсальности действительно является «продолжением» проблемы абсолютности свойств пространства и времени и, по сути, представляет собой проблему универсальности – локальности свойств пространства и времени. Отметим, что в современной литературе этой фундаментальной проблеме отводится мало внимания. Боль-

шинство представителей современной (западной) философии придерживаются откровенно декартово-аристотелевской точки зрения на природу пространства, поэтому основное внимание сосредоточено на обсуждении, на наш взгляд, менее фундаментальной проблемы метрических и топологических свойств.

§ 1.5. Метрические и топологические свойства

Проведенный выше анализ основных проблем философско-методологических исследований научных представлений о пространстве и времени свидетельствует о том, что наряду с крушением представлений об абсолютном пространстве и времени в науке XX в. возник вопрос о том, насколько многообразными могут быть свойства времени и пространства. Иными словами, развитие естествознания привело к возникновению проблемы соотношения изучаемого математикой разнообразия свойств концептуальных пространств и возможного разнообразия пространственно-временных свойств, соответствующих различным условиям и уровням изучения явлений. Например, в рамках диалектического материализма принцип неисчерпаемости материи имеет определенное отношение к предположению о многообразии свойств пространства и времени. Хотя свойства пространства и времени по степени общности аналогичны лишь наиболее фундаментальным свойствам, взаимосвязям и закономерностям, из принципа неисчерпаемости материи следует, что даже последние не должны абсолютизироваться. В свою очередь, общепhilosophические принципы требуют конкретизации и развития с учетом данных современной физики, космологии и геометрии.

Одной из наиболее обсуждаемых проблем является проблема метрических и топологических свойств пространства и времени. *Метрические* свойства – это свойства, связанные с характеристиками заданной в пространстве метрики (кривизна, конечность и бесконечность, изотропность, однородность), т. е. по большому счету связанные с определением понятия «расстояние» в данной модели пространства-времени. *Топологические* свойства «менее очевидны», они, например, описывают связность, симметрию и мерность пространства, непрерывность, одномерность и необратимость времени. Разведение этих свойств может быть чрезвычайно полезно в контексте анализа содержания физической и математической (геометрической) концептуальных моделей пространства и времени. Например, можно сказать, что, по существу, теория относительности – это теория метрических свойств пространственно-временного континуума,

которые зависят от физических условий, проявляя определенное многообразие (см. дополнение А).

Более подробно, с философской точки зрения, метрические и топологические свойства пространства и времени рассматриваются в гл. 2, здесь же приведем лишь ряд важных «установочных» замечаний и остановимся на ключевых моментах. Например, до сих пор остается неясным, какие именно физические явления определяют топологические свойства пространства и времени, т. е. их «качественный» аспект. Топологические свойства связаны со свойствами порядка, промежуточности элементов и сохраняются при изменении метрических свойств (не нарушающих непрерывности). Неясно также, существует ли взаимосвязь метрических и топологических свойств реального пространства и времени и чем она определяется в материальном мире. Согласно современным представлениям топологические свойства более фундаментальны. Именно они связаны с причинностью, в силу этого применение концептуальных пространств с неадекватной топологией на уровне физического рассмотрения может приводить к каузальным аномалиям. В связи с этим возникает важная методологическая проблема: возможно ли многообразие топологических свойств пространства-времени и что это означало бы с точки зрения естественно-научной интерпретации? Могут ли такие пространства быть не независимыми, связанными в духе принципа соответствия и т. п.?

На общефилософском уровне (с учетом всей совокупности данных конкретных наук) более предпочтителен вывод о возможности многообразия не только метрических, но и топологических свойств пространства-времени. Представление о том, что все явления в мире «разыгрываются» на едином «пространственно-временном» фоне, который служит условием их существования, не выдерживает критики, так как абсолютизирует воззрения на пространство и время, приобретенные на основе ограниченного опыта. В то же время известная общность топологических свойств пространства-времени макромира, их инвариантность по отношению к макрообъектам и макроявлениям может быть объяснена тем, что эти свойства обусловлены более фундаментальным уровнем реальности – микромиром. В этом случае топологические свойства пространства и времени по отношению к макромиру являлись бы «условием» существования и в то же время могли бы рассматриваться как характеристики формы бытия объектов микромира. Тем самым, например, для фиксированного уровня реальности решалась бы проблема противопоставления концепций реляционности и субстанциальности пространства и времени.

Подобная точка зрения в методологическом отношении означает, что, например, при изучении явлений микромира следует пытаться использовать концептуальные пространства с комплексом специфических метрических и топологических свойств [Шарыпов, 2000]. Причем следует

стремиться к теоретическому обоснованию топологических свойств макропространства и времени исходя из закономерностей других, более фундаментальных уровней материи. Кроме того, можно сделать вывод, что геометрия и ее приложения в области создания новых концептуальных моделей пространства-времени имеют важное значение для развития физики и других наук.

Эйнштейном было выдвинуто существенное положение, что в опыте нет отдельно геометрии и отдельно физики, что проверке опытом подлечит только сумма: геометрия и физические законы. Эта идея высказывалась и ранее. Ее обоснование связано с открытием множественности геометрий. Еще Г. Риман в 1854 г. указывал на связь выбора аксиом геометрии с объективными физическими закономерностями. Первый успех геометрического подхода в физике связан с работой Г. Минковского 1908 г., в которой он ввел представление о четырехмерном мире событий [Минковский, 1935]. Все следствия специальной теории относительности оказываются теоремами этого многообразия: соответствующий фундаментальный раздел физики «сводится к геометрии». В истории науки известна попытка У. Клиффорда в 1870 г. разработать программу «пространственной теории материи». Он идентифицировал частицы с областями пространства, в которых пространство искривлено сильнее, чем в окрестности. После создания специальной теории относительности и работ Минковского для Эйнштейна появилась возможность развития подобных «геометрических» идей в физике, что и привело к созданию общей теории относительности. В этом описании природы геометрия описывает не просто искривленное пространство, а искривленное динамическое пространство (см. дополнение А).

С создания общей теории относительности началась эпоха использования геометрических методов и представлений в физике, которая продолжается по сей день. Во всем многообразии геометрических идей, вторгающихся в физику, можно выделить два основных направления, одно из которых связано с непрерывными (архимедовыми) геометриями, другое – с прерывными (неархимедовыми) геометриями. Первое направление предполагает многообразие метрических свойств пространства при сохранении топологических, второе предполагает многообразие в том числе и топологических свойств. К первому направлению относится и сама общая теория относительности, в которой составляющие фундаментального метрического тензора являются потенциалами поля тяготения, а теория гравитационного поля интерпретируется как теория структуры риманова пространства (т. е. геометрия).

В начале 60-х гг. американский физик-теоретик Дж. Уилер, обобщив идеи Клиффорда и Эйнштейна, попытался создать всеобъемлющую физическую теорию, основанную лишь на геометрии пустого искривленного

пространства-времени. Эта программа носит название «геометродинамики». Уилер построил геометрическую модель объекта, «заменяющего массу», – геона. Геоны основываются на решении уравнений общей теории относительности, могут иметь различную величину и представляют собой область сильно искривленного пространства-времени. Эта область может стабильно существовать, перемещаться и взаимодействовать с другими подобными областями, т. е. вести себя как частица вещества. Стабильность геона обеспечивается собственным гравитационным притяжением. Принципиально иной подход связан с предложенным в 1921 г. малоизвестным польским физиком Т. Калуцей вариантом пятимерной теории пространства-времени, интерпретирующим гравитацию и электромагнетизм. Пространство в этой теории четырехмерно, а возникающие новые геометрические величины отождествляются с электромагнитными потенциалами. Результаты Калуцы были обобщены в 1926 г. О. Клейном, который получил уравнения движения заряженной частицы в гравитационном и электромагнитном поле.

Теория Калуцы – Клейна была отвергнута физиками после открытия новых квантовых (слабых и сильных) взаимодействий; это свидетельствовало о том, что данная теория отнюдь не выполнила задачу геометризации современной физики. Однако по мере углубления понимания природы этих новых взаимодействий вновь получало развитие стремление к их объединению за счет изменения представлений о свойствах пространства-времени. Теория Великого Объединения (электромагнитных, сильных и слабых взаимодействий) описывает все три различных квантовых взаимодействия с использованием идеи существования определенных абстрактных симметрий силовых полей, что косвенно указывает на проявление некоторой скрытой геометрии. Абстрактные симметрии калибровочных полей приобретают конкретность в форме геометрических симметрий, связанных с дополнительными измерениями пространства. Таким образом, современный вариант теории Калуцы – Клейна постулирует 11-мерное пространство-время. Семь дополнительных пространственных измерений компактифицированы в семи-сферу. Каждая точка макропространства заменяется семимерным гипершаром. 11-мерный вариант теории является наиболее простым, однако это отнюдь не единственно возможное решение (см. дополнение Б). Многомерные теории в явном виде ставят проблему объяснения факта трехмерности макропространства. Возникает ряд важных вопросов: в чем причина спонтанной компактификации дополнительных измерений, возможно ли иное соотношение числа компактифицированных и «развернутых» измерений и др.

Итак, учет симметрии уравнений силовых полей приводит к их возможной интерпретации на языке геометрии при условии изменения наших представлений об одном из топологических свойств пространства –

размерности. Кроме того, известны гипотезы, затрагивающие и другие топологические свойства пространства. Уилером была предложена геометрическая интерпретация электрического заряда. Точечный заряд классической электродинамики, в котором сходятся силовые линии электрического поля, заменяется микроскопическим «входом в туннель», который через другое измерение выходит в другой области трехмерного пространства, что соответствует положению противоположного электрического заряда. Электрические силовые линии (в чисто геометрическом аспекте) проходят через «ручку» многосвязного пространства. В этой теории топологические свойства макропространства, очевидно, обобщаются иначе, чем в 11-мерном варианте Теории Великого Объединения.

Все указанные выше варианты геометрии концептуального пространства-времени отличаются теми или иными топологическими свойствами друг от друга и от макропространства-времени. Отметим, что разработка этих вариантов стала, по существу, возможной и получила обоснование после опубликования в 1899 г. работы Д. Гильберта «Основания геометрии» [Гильберт, 1923]. По Гильберту, аксиомы геометрии Евклида делятся на пять групп: связи, порядка, конгруэнтности, параллельности и непрерывности. Группа аксиом непрерывности состоит из двух аксиом: аксиомы непрерывности Архимеда (если даны два отрезка, то всегда существует кратное меньшего отрезка, которое больше большего отрезка) и аксиомы полноты (множество, в котором выполняется вся система аксиом, полно; к нему нельзя добавить новые элементы, чтобы сохранилось выполнение всех аксиом). Впоследствии было строго доказано, что первая аксиома дает возможность сопоставить каждому отрезку некоторое число, характеризующее длину этого отрезка, а вторая позволяет для любого числа установить существование отрезка, длина которого измеряется этим числом. Тем самым устанавливается изоморфное соответствие между полем вещественных чисел и точками пространства. Главная заслуга Гильберта заключается в доказательстве возможности построения геометрии во всем существенном без использования аксиомы непрерывности. Геометрию, в аксиоматике которой отсутствуют аксиомы непрерывности, называют неархимедовой. Гильберт построил неархимедову систему чисел, т. е. систему, в которой все аксиомы выполняются, а аксиома Архимеда (следовательно, и аксиома полноты) не имеет места; иными словами, он расширил континуум, так что архимедов континуум является только частным случаем неархимедова. Этой неархимедовой системе чисел сопоставляется неархимедово пространство и соответственно неархимедова геометрия [Шарыпов, 1998, 2000].

В § 2.3 мы еще раз вернемся к проблеме соотношения метрических и топологических свойств пространства-времени, хотя обсуждение будет иметь уже скорее философский характер, чем конкретно-научный. За-

вершить данную главу мы бы хотели кратким экскурсом в одну из наиболее интересных топологических проблем – проблему числа измерений пространства-времени.

§ 1.6. Проблема мерности пространства-времени

Фактически мы уже перешли к обсуждению проблемы мерности пространства-времени. Как отмечено выше, попытки геометризации современных физических теорий не только могут потребовать применения неархимедовой математики, но и приводят к проблеме теоретического обоснования числа измерений пространства-времени. Представление о трехмерности пространства возникло на основе эмпирического изучения свойств реального физического пространства. Предполагается, что Птолемей был первым, кто утверждал, что пространство имеет три измерения, потому что в любой точке пространства можно провести не более трех взаимно перпендикулярных прямых. Попытка объяснения факта трехмерности пространства была предпринята еще Аристотелем, ссылавшимся на «совершенство», «завершенность» и «полноту в себе» трех измерений. Позднее было осознано, что любая точка пространства может быть задана в соответствующей системе отсчета с помощью трех чисел, а силы, скорости и перемещения разлагаются на три составляющие. Факт одномерности времени был также осознан человеком на основе опыта, когда стало ясно, что ход всех процессов в природе представляет собой линейную последовательность событий, а любой момент времени в имеющейся системе отсчета может быть задан с помощью одного числа.

В XX в. на основе идей теории относительности две указанные разрозненные проблемы объединились в одну – проблему четырехмерности реального пространства-времени (см. дополнение А). Развитие современных квантовых теорий, оперирующих понятиями пространств более высокой размерности, обострило проблему теоретического обоснования числа измерений реального пространства-времени, вновь поставило вопрос: почему пространство и время имеют ту или иную размерность и чем обусловлено число измерений? Одной апелляции к эмпирическим фактам здесь недостаточно. Задача науки не только открывать факты, но и объяснять их. Научное объяснение заключается в том, чтобы из немногих основных законов выводить все многообразие фактов. Однако на сегодня положение таково, что какую бы физическую теорию мы ни рассматривали, факт числа измерений пространства и времени из нее не выводятся, наоборот, любая физическая теория сама исходит из этого факта. Тем самым попытки ответить на их основе на вопрос: «почему это так, а

не иначе?» – оказываются заведомо тщетными. Очевидно, что это свойство пространства и времени – наиболее глубокое, фундаментальное свойство познаваемого нами реального мира. Объяснение данного свойства чрезвычайно важно для всей научной картины мира, для всего нашего познания.

За необходимость научного подхода к проблеме трехмерности пространства впервые высказался Галилей. Критерием истины в этом вопросе, как и во всех других, писал Галилей, является опыт, научный эксперимент. Галилей указал на опытное происхождение научного факта трехмерности пространства, но не выдвинул теоретического обоснования этого факта. Впервые только Кант попытался вывести трехмерность пространства из характера действующих в природе сил и сделал тем самым важный шаг в сторону научного анализа проблемы. Позднее, в конце XIX – начале XX в., когда возникла идея множественности геометрий, различающихся в том числе и числом пространственных измерений, появилось множество попыток объяснить, почему из бесконечного количества математически возможных вариантов реально осуществляется то или иное число измерений пространства (и времени). Однако ни одну из этих попыток нельзя считать успешной.

Вернемся к тому, что предлагал Кант. Говоря о проблеме трехмерности макропространства, отметим, что к эмпирическим основаниям его трехмерности относится ряд физических опытных фактов: а) все тела природы объемны, т. е. имеют три измерения; б) любую точку пространства можно задать тремя параметрами; в) можно изготовить модели пяти правильных многогранников (но не шести, как в случае четырехмерного пространства); г) существуют диссимметричные тела, которые могли бы быть совмещены в пространстве более высокой размерности и др. Как можно теоретически обосновать эти факты? Кант выводит трехмерность пространства из того факта, что сила притяжения между телами обратно пропорциональна квадрату расстояния. Именно эта идея Канта положила начало «физическому» подходу к данной проблеме, согласно которому трехмерность макропространства может быть обоснована с помощью фундаментальных физических закономерностей.

Впоследствии Мах и Пуанкаре сделали вывод, что трехмерность пространства и одномерность времени есть следствие, главным образом, физиологических и психологических особенностей живых существ. С этой точки зрения конкретное число измерений нам лишь «кажется», в силу того что наш аппарат восприятия устроен определенным образом. Вопрос о том, каково пространство и время на самом деле, с такой точки зрения либо бессмыслен, либо нестрог, ибо в реальном мире нет ничего, что приводило бы к необходимости трехмерности пространства и одномерности времени. Помимо того что здесь отрицается сам эмпирический факт

трехмерности пространства. На наш взгляд, слабость этого подхода связана с тем, что в нем не проводится различий между перцептуальным и реальным пространством и временем. Психологический подход, по-видимому, противоречит и принципу причинности, допуская каузальные аномалии. Данные аргументы не позволяют распространить на топологическое свойство размерности пространства и времени точку зрения в духе конвенционализма. Как показал в 1911 г. Л. Брауэр, между двумя евклидовыми пространствами различного числа измерений невозможно установить взаимно однозначное соответствие, которое было бы везде непрерывным. Следовательно, имеется подлинное математическое различие между пространствами различной мерности.

Помимо предложенного Кантом обоснования трехмерности пространства можно привести ряд других. Например, А. Грюнбаум считает, что

...трехмерность физического пространства представляет собой с логической точки зрения случайный эмпирически факт... В оптике принцип Гюйгенса говорит нам, что, если единичная сферическая световая волна порождается в некоторой точке возмущением, которое длится в течение очень короткого промежутка времени между $t = t_0 - e$ и $t = t_0$, тогда эффект, вызываемый ею в точке P на расстоянии cT (где c – скорость света), равен нулю вплоть до мгновения $t = t_0 - e + T$ и вновь равен нулю *после* мгновения $t = t_0 + T$. Таким образом, согласно принципу Гюйгенса, единичная сферическая волна не оставляет никакого остаточного последствия в точке P . Далее, Хадамард показал, что этому требованию, выраженному в принципе Гюйгенса, удовлетворяют только волновые уравнения, имеющие *четное* число независимых переменных. Поскольку независимыми переменными в этих уравнениях являются временная переменная плюс три пространственные переменные, результат, полученный Хадамардом, доказывает, что принцип Гюйгенса сохраняет силу только для случаев, в которых число измерений *пространства* является *нечетным*, что и имеет место в случае трехмерности физического пространства нашего мира [Грюнбаум, 1969. С. 425–426].

Конечно, эти рассуждения трудно считать доказательством, скорее это «доказательство» является еще одним эмпирическим подтверждением факта трехмерности пространства. Поскольку нарушение принципа Гюйгенса с современной точки зрения означало бы в том числе и нарушение принципа инвариантности скорости света (см. дополнение А), то в мире может, по-видимому, существовать лишь нечетное число пространственных измерений (не равное единице). Отметим, что данное обоснование

существенно зависит от вида волнового уравнения, который, возможно, уже подразумевает трехмерность пространства. Конечно, пока не найдено такого вида уравнения, которое в четномерном пространстве сохраняло бы принцип Гюйгенса, но это обстоятельство не означает невозможности существования в природе таких процессов. Данное обоснование не дает ответа на вопрос, почему макропространство имеет 3, а не 5, 7, ... измерений. Кроме того, оказывается, что волновое уравнение может описывать сферические волны только при $n = 3$, а при $n = 5, 7, \dots$ сферические волны не сохраняли бы свою форму (при условии одномерности времени!).

Своеобразной точки зрения на проблему размерности физического пространства придерживался А. Эйнштейн. В современной науке понятие размерности понимается как минимум в двух существенно различных смыслах. Во-первых, в физике четырехмерность пространства-времени, как фундаментальное свойство материального мира, определяет наиболее общие физические законы. Во-вторых, размерность пространства – центральное понятие топологической теории размерности. Поскольку понятие размерности пространства в математических моделях пространства, используемых физикой, получает наибольшее обобщение в рамках топологии как части математики, анализ физических представлений о размерности пространства должен учитывать имеющиеся возможности математического описания размерности пространства. Нельзя не отметить тот факт, что топологическая теория размерности не способствовала более глубокому пониманию именно физической проблемы размерности пространства, – это было очевидно для Эйнштейна. Поэтому Эйнштейн выбрал другой, естественный для него, физический путь: он связал представление о размерности с представлением о непрерывности и, что наиболее важно, с представлением о «количестве координат», указав тем самым на возможность выражения размерности пространства-времени в метрических понятиях. Последнее не тривиально. Мы привыкли к тому, что метрические и топологические свойства пространства представляют собой различные «стороны медали», эксплицирующие все многообразие феноменологических и концептуальных свойств пространства-времени. Как уже отмечалось, сама проблема метрических и топологических свойств пространства-времени является следствием анализа соотношения изучаемого математикой разнообразия свойств концептуальных пространств и возможного разнообразия пространственно-временных свойств, соответствующих различным условиям и уровням изучения явлений.

Представление Эйнштейна о физическом пространстве-времени соответствует математическому понятию многообразия. Отметим, что поня-

тие размерности многообразия в некотором смысле «тривиальным образом» связано с понятием размерности евклидова пространства (Мы говорим, что размерность евклидова пространства равна n , если и только если в нем существует n , линейно независимых векторов). Идея Эйнштейна заключается в следующем: существует «эталон» n -мерности – евклидово пространство, соответственно, устанавливая определенную связь с этим эталоном, можно говорить о размерности пространства. Для него утверждение о четырехмерности, например, пространства специальной теории относительности означает возможность установить между пространством-временем и четырехмерным псевдоевклидовым континуумом Минковского взаимно однозначное и непрерывное соответствие, и ничего больше [Головкин, 2006].

На наш взгляд, эйнштейновское «решение» проблемы размерности, во-первых, связано с глубоким пониманием сути и содержания применения геометрии в механике, а во-вторых, с осознанием того, что принцип относительности способен играть не только конкретно-научную, но и методологическую роль в построении теории пространства. Необходимость сконцентрироваться только на метрических свойствах пространства-времени при «решении» проблемы размерности (топологической по сути) в рамках специальной теории относительности могла быть продиктована исключительно математическими, геометрическими соображениями, связанными с интерпретацией понятия «инерциальная система отсчета», а также соответствующей экспликацией галилеевского принципа относительности. Аналогичным образом Эйнштейн поступит при создании общей теории относительности: тот же принцип относительности, проинтерпретированный по-новому, совместно с новой экспликацией понятия «инерциальная система отсчета» заставит его «вернуть» топологические «соображения» в контекст «решения» проблемы размерности (см. дополнение А). Однако принципиальным моментом для Эйнштейна останется возможность выразить размерность пространства-времени в метрических понятиях.

К настоящему времени известен ряд научных гипотез, связанных с использованием дополнительных измерений пространства и времени⁶. Все эти гипотезы, опираясь на конкретно-научный фундамент, ведут к тем или иным выводам философского характера. Свидерский делает вывод, что размерность пространства определяется полнотой связи сосуществующих материальных явлений [Свидерский, 1958, 1963]. Из этого положения следует, что размерность концептуального пространства зависит от того, как мы определим фундаментальные свойства изучаемых объектов, какую идеализацию реального объекта мы примем в той или иной теории, от какой части реальных свойств объектов будем абстрагировать-

ся, т. е. связана с уровнем описываемой реальности. Как известно, для описания макроскопического опыта необходимо и достаточно трехмерного концептуального пространства и одномерного времени. Этому соответствует идеализация реального объекта, которая не предполагает его качественного изменения при движении и взаимодействии, т. е. почти статический, почти не взаимодействующий, тождественный себе объект. Этой идеализации противопоставляется понятие процесса. Объект протяжен в пространстве, процесс – во времени. Происходящее в результате развития естествознания постепенное преодоление метафизического противопоставления, абсолютизации подобных противоположных понятий приводит к усложнению, конкретизации используемых наукой абстракций и как следствие к расширению представлений о «полноте связи существующих материальных явлений», что согласно Свидерскому может вести к переопределению размерности концептуальных пространства и времени. Можно предположить, что расширение конкретно-научной базы для определения свойств концептуальных пространства и времени одновременно приближает нас к познанию свойств реального пространства и времени, позволяет находить все более фундаментальные объяснения в том числе и факту его размерности. Например, теоретическое решение проблемы трехмерности макроскопического пространства, по-видимому, может быть получено на основе логико-математического обобщения закономерностей физики микромира, причем только на основе n -мерной геометрии приобретает смысл проблема, почему макропространство имеет три измерения.

С диалектико-материалистической точки зрения сущность реального пространства связана с природой движущейся материи, а сущность времени – со всеобщим процессом становления, с переходом материальных явлений от небытия к бытию. Поскольку материя и движение не сводимы к их конкретным видам и формам, то и основные свойства пространства и времени (в том числе их размерность) как будто не могут быть выведены из закономерностей, присущих конкретным видам материи и формам движения. Однако заметим, что в этом рассуждении речь идет о материи «вообще» (или о материи «как таковой») и движении «вообще», а следовательно, и выводы относятся к пространству и времени «вообще», как к философским категориям, которые, по-видимому, было бы неправомерно наделять конкретными свойствами. Действительно, получить конкретный результат о числе измерений реального пространства и времени только на философском уровне, конечно, невозможно, и было бы совершенно необоснованным ставить подобную задачу: современной научной методологии чужды подходы в духе натурфилософии. Решение данной проблемы может быть достигнуто только на основе философских положений и определений, которые конкретизированы с учетом данных частных наук

(и прежде всего современной физики). В рамках данного подхода пространство и время могут быть нами познаны не абсолютно полно, а лишь относительно полно, т. е. полно применительно к данному уровню реальности. Соответствующие концептуальные пространство и время будут верно отражать свойства реальных пространства и времени, но лишь применительно к ограниченной части многообразия реальных явлений, т. е. свойства той или иной реальной пространственно-временной формы. В отношении метрических свойств данное методологическое положение подтверждено теорией относительности. Размерность относится к более глубоким, общим (топологическим) свойствам, теоретическое объяснение факта числа измерений может быть получено лишь в рамках более фундаментальной теории.

Итак, необходимо признать, что проблема обоснования числа измерений макроскопических пространства и времени до настоящего времени не получила удовлетворительного теоретического решения, которое, возможно, зависит от создания концептуальной основы единой теории физических взаимодействий. Попытки построения таких «всеобъемлющих» теорий предпринимались неоднократно, однако в настоящее время все еще сложно говорить о перспективах того или иного подхода (см. дополнение Б). Для философа в данном случае могут быть интересны прежде всего фундаментальные теоретические предпосылки, которые закладываются в основу различных теорий объединения. В следующей главе мы попытаемся раскрыть природу одной из наиболее важных таких предпосылок – получить ответ на вопрос, насколько предполагаемая гипотеза (или наша теория в целом) отражает объективную реальность, или она претендует лишь на то, чтобы остаться удобной теоретической конструкцией, от которой требуется лишь «соответствие наблюдаемой реальности».

Глава 2

ФЕНОМЕН И РЕАЛЬНОСТЬ

Реальность больше относится к тому, что мы делаем в мире, чем к тому, что мы о нем думаем.

Ян Хакинг

Основной философский вопрос, который будет разбираться ниже, – это вопрос о том, способна ли (и насколько) физика, в частности занимающаяся проблемами физики пространства-времени, предоставить нам знание именно об объективной реальности. На наш взгляд, это один из самых интригующих вопросов, которые может предложить философия науки. Физика уже на протяжении без малого четырех столетий являет собой идеал эмпирического научного исследования, непоколебимо удерживая форпост рационализма, предлагая нам не только захватывающие по степени общности и абстрактности теории, но и находя многочисленные области применения практически во всех областях жизни¹. Современная научная картина мира безоговорочно предлагает нам принять истину, что в конечном счете *представление о реальности формируется хорошо проинтерпретированной научной теорией*.

Данная глава посвящена обсуждению основных проблем реализма в области онтологии (метафизики) и эпистемологии. Начав с обсуждения традиционного вопроса о соотношении физики и философии (§ 2.1), мы перейдем к обсуждению более узкоспециальных и, следовательно, более интересных вопросов о нагруженности наблюдения и недоопределенности теории эмпирическими данными (§ 2.2), что на первый взгляд позволяет усомниться в адекватности самого реализма. Однако в § 2.3 мы попытаемся «переломить» ход рассуждений и убедительно показать, что физике, в частности специальной и общей теориям относительности, «есть что сказать» и относительно объективности знания и относительно самой объективной реальности, скрывающейся за реальностью феноменальной. В заключительном § 2.4 мы еще раз обратимся к общей проблеме соотношения концептуальной модели и реальности в контексте противостояния реализма и антиреализма.

§ 2.1. Физика и философия

Книги по физике и по философии обычно размещают по разные концы книжной полки. В то время как физика занимает почетное место среди естественных наук, философия занимает место где-то за гуманитарными науками, левее психологии, где-то рядом с оккультными науками и спиритуализмом.

Питер Коссо

Я думаю, что могу достаточно обоснованно сказать, что никто не понимает квантовую механику.

Ричард Фейнман

Вопреки традиционным представлениям между физикой и философией много общего. Обсуждая фундаментальные вопросы современной науки, касающиеся проблем структуры или свойств пространства и времени, причинности, детерминизма и многих других, иногда достаточно сложно провести четкую грань между ними: чьи, собственно, это вопросы? Более того, сложность возникает даже при интерпретации методов научного исследования в этих областях: являются ли они собственно физическими или философскими. Между физикой и философией имеется сходство в том, какие стандарты принятия знания используются: хорошая философия, так же как хорошая физика, основана на данных и аргументации. Кроме сходств существуют, конечно, и различия, дальнейший анализ требует провести четкую грань между физикой и философией.

Почему проблема интерпретации реальности – это проблема одновременно и физики и философии?

Прежде чем «переставить книги на книжной полке», как предлагает Питер Коссо [Kosso, 1998], необходимо выяснить, существуют ли вообще науки, которые открыто задаются вопросом о существовании реальности, о том, какова она «на самом деле» и какой «открывается нам»? В данном случае нас интересуют скорее не конкретные исследования в области фи-

зики и философии, а сходство методов и стандартов аргументации, которые приняты в них. По мнению Коссо, можно говорить о сходстве физики и философии в терминах того, что, например, считается свидетельством в пользу теории или доказательством утверждения. Возможно, Бор, высказывание которого мы вынесли в эпиграф пособия, был ангажирован исключительно внутренними проблемами физики, поскольку физика – это не только люди и разделяемые ими теории, но и методы, эксперименты, базовые представления и стандарты принятия гипотез. Обращаясь к вопросу о знании относительно реальности, можем ли мы воспользоваться физическими стандартами аргументации или нет?

В то же время, возможно, утверждение Бора требует дополнительной внешней оценки, поскольку в противном случае мы попадаем в порочный круг, пытаясь оценить пределы научного знания с помощью самого же научного знания, пытаясь оценить научный метод с помощью самого научного метода. Рассматривая проблему реальности как внутреннюю проблему физики, можно с уверенностью утверждать, что слова Бора относятся к тому, что находится за пределами физики. Однако пока неясно, принадлежит ли вопрос относительно знания о реальности, заключенный в этих словах, области философии. Без достаточно четкой аргументации и стандартов принятия знания обсуждение этого вопроса будет принадлежать той самой «окультурной части книжной полки». В связи с этим проблема реальности, проблема получения знания о реальности «как таковой», проблема дифференциации объективного знания и знания о реальности, которая лишь «открывается нам», есть проблема одновременно и физики и философии.

Дело не только в нашем соглашении или понимании взаимоотношения физики и философии, соответствующем современному уровню культуры. Так же как любая наука обращается и к теории и к эксперименту, любое обращение к вопросу относительно объективного знания о реальности требует анализа и физики и философии. Эксперимент без теории бессмыслен, так как именно теоретические представления интерпретируют его содержание и результат, а теория без эмпирической поддержки просто спекуляция. Обращение к проблеме объективности и вопросу о пределах физического знания без обращения к самой физике также будет всего лишь спекуляцией, в то время как сама физика без определенной философской рефлексии сделает наши рассуждения бессмысленными. Перефразируя известное выражение И. Канта, «философия без физики пуста, физика без философии слепа».

Фактически речь идет о том, что может быть «доказано» в отношении пределов знания, обращаясь к физике. В данном случае «доказательство» не будет, конечно, обладать всеми достоинствами математического доказательства, скорее речь пойдет о достаточности обосновывающей аргу-

ментации, которая и отличает знание от догадок или догм, и в данном случае обращение к философии просто необходимо. Отметим, что вопрос относительно пределов знания весьма далек, например, от вопроса о разрешающей силе микроскопа. Говоря о микроскопе, мы соглашаемся с тем, что ответ на него не может быть субъективным. Более того, разрешающую силу микроскопа нельзя измерить, просто используя его, нам необходимы сведения более общего характера относительно принципов его устройства. Другими словами, мы можем понимать, *на что* мы смотрим, но можем не понимать, *что* мы видим. При изучении вопроса о пределах объективности физического знания нам необходимы дополнительные сведения о том, как оно функционирует. Поэтому проблема интерпретации реальности – это проблема одновременно и физики и философии.

От физики к философии

Большинство из того, о чем говорит современная физика, является крайне абстрактным, порой даже «противоречащим очевидным вещам», причем это, по-видимому, характеризует не только физику XX в. Например, Галилей утверждал, что Земля движется, в то время как большинство объектов на небе неподвижны. Земля вращается вокруг Солнца и вместе с тем вращается вокруг своей оси. В некотором смысле это вступало в противоречие с нашим непосредственным ощущением, что все как раз наоборот, в котором мы убеждались каждый день. Галилей утверждал, что движущееся тело продолжит свое движение, не меняя скорости и направления, в том случае, если на него не будут действовать другие силы (принцип инерции). Это также противоречит всему тому, что мы видим, это противоречит здравому смыслу. Однако в настоящий момент это фундаментальное представление о движении, которое является частью представлений классической механики Ньютона. То же можно сказать о предположениях атомной теории, согласно которым все вещества состоят из мельчайших «неделимых» частиц.

Таким образом, с позиции здравого смысла вполне закономерно возникают вопросы: насколько обоснованы физические представления? Являются ли они (и насколько) истинным описанием вещей? Возможно, это всего лишь удобные модели явлений, которые не имеют ничего общего с тем, что есть «на самом деле». Исторически именно философия, как предшественница всех наук, поставила многие из тех вопросов, которые являются актуальными для понимания современного представления о мире. Каким образом мы можем убедиться в том, что физические теории истинны? Каковы стандарты истинности утверждений о природе? Фун-

даментальные проблемы физики с необходимостью ведут нас к философии, более того, понимание физики требует наличия определенных философских предпосылок.

Одним из основных предметов нашего исследования является понятие «наблюдение» (§ 2.2). Мы считаем, что современная наука, та наука, которая возникла в XVII в., наука Галилея, Ньютона и Бэкона, – это эмпирическая наука. Эксперимент и наблюдение являются важнейшей частью научного исследования, эксперимент дает возможность проверить, проинтерпретировать и использовать научное знание. Однако, как показано ниже, само понятие «наблюдение» не является безупречным. В первую очередь наблюдение теоретически нагружено. Наблюдение – это не просто взгляд на природу, это взгляд, который обоснован и опосредован нашими базовыми исходными теоретическими представлениями о природе, и только в этом смысле мы можем говорить о наблюдении как об основном элементе современной науки. Если новые теории способны изменить наш взгляд на мир, то происходит ли аналогичное «переинтерпретирование» наблюдения, и если да, то что мы можем доказать, опираясь на наблюдение? Абстрактное универсальное описание природы, которое предлагает физика, обращает нас к проблеме стандартов научного исследования, а это уже философский вопрос, по крайней мере, вопрос той части философии, которая занимается изучением философско-методологических проблем развития научного знания.

Если простое наблюдение не является источником проверки научного знания, тогда что является этим основанием? Наш разум? Научные теории должны иметь какой-то смысл, в частности, мы можем говорить о том, что научное знание обосновано в целом, а не в отношении отдельных теорий, проверяемых наблюдениями. В то же время, так же в силу абстрактности, обосновать связность физического знания достаточно сложно, для этого, по крайней мере, требуется надлежащее понимание всего объема физического знания, что сейчас практически невозможно. Мы не отрицаем эмпирический характер науки или важность эксперимента в развитии научного знания, однако должны признать, что обоснование научного знания не является непосредственным указанием на «очевидную» связь теории и эксперимента. Прав ли Фейнман, утверждая, что мы можем многое знать, но в то же время ничего из того, что знаем, не понимать?

Все указанные вопросы о взаимосвязи теории и наблюдения, возможности обоснования научного знания и т. д., по сути, философские вопросы, целью которых является обсуждение фундаментальных оснований современных физических представлений. Обсуждение оснований физики, обоснованности физического знания, на наш взгляд, и есть то, что приводит нас от физики к философии.

Эпистемология и метафизика

Отметим, что вопросы, относящиеся к обсуждению природы знания, принадлежат области *эпистемологии*. Вопрос о доказательстве – это эпистемологический вопрос, так же как обсуждение взаимосвязи наблюдения и эксперимента с теорией или вопрос о пределах объективного знания. Может ли то, что мы непосредственно наблюдаем, играть роль данных, обосновывающих знание о том, что мы не можем непосредственно наблюдать? Другими словами, может ли знание «уходить за» пределы того, что нам дано в ощущениях? Это все эпистемологические вопросы, они сводятся к обсуждению того, может ли знание о реальности «как она открывается нам» быть использовано для обоснования знания о реальности «как она есть на самом деле». Эпистемология задается вопросом о том, *как* мы знаем что-то о реальности, а не вопросом о том, *что* мы можем сказать о ней².

Значительное место в философии занимают вопросы, которые в некотором смысле контрастируют с эпистемологическими вопросами. Это вопросы относительного того, *что* представляет собой реальность «на самом деле». В общем случае это *метафизические* (онтологические) вопросы, т. е. вопросы, касающиеся существования вещей «как таковых». В данном случае «метафизика» обозначает скорее тип вопросов, которые можно задать природе, а не метод исследования, стандарт обоснования или тип ответов на поставленные вопросы; это вопросы о том, *что* существует в природе. Можно даже сказать, что в этом смысле метафизика является своеобразной «ничейной землей» между физикой и эпистемологией. Существует ли не зависящая от нашего сознания реальность, вмешиваемся ли мы в мир, когда познаем его, являются ли пространство и время непрерывными или дискретными? Все это метафизические вопросы. Ряд вопросов, например вопросы относительно детерминизма, причинности или вероятностного характера мира, в какой-то степени относятся и к метафизике, и к эпистемологии. Ограниченность наших индивидуальных способностей к анализу большого числа однотипных явлений обуславливает вопрос об эпистемологическом статусе вероятности.

Проведение черты между метафизикой и эпистемологией особенно важно в контексте правильной интерпретации утверждения Бора относительно пределов объективного знания в физике. Бор опирался на собственную интерпретацию квантовой механики, когда утверждал, что то, как реальность «предстает перед нами», является крайне относительным по отношению к наблюдателю. Это эпистемологическое утверждение, поскольку оно затрагивает индивидуальные (характерные в целом для человека) аспекты познания природы. Все, что мы знаем, зависит только от нас. Однако, на наш взгляд, отсюда не следует с необходимостью, что то,

каковы вещи «на самом деле», зависит от нас. А это уже метафизическое утверждение, отличающееся от первого, которое относилось скорее к анализу природы знания о реальности. Субъективный характер самого знания о вещах не предполагает с необходимостью субъективный характер того, каковы вещи «на самом деле».

Два вида реализма

Различие между метафизическими и эпистемологическими вопросами крайне важно. Необходимо избегать ответов на эпистемологический вопрос с метафизическими требованиями, их нельзя «смешивать». Например, говоря о реализме как о широком самостоятельном философском течении, необходимо строго различать его метафизические и эпистемологические контексты и в отношении постановки вопросов, и в отношении полученных ответов.

Основной вопрос *метафизического реализма* – это существование: существует ли объективная реальность, не зависящая от нас? Один из возможных ответов «да, существует», и это означает признание метафизического реализма. Противоположная точка зрения, согласно которой не существует реальности, независимой от нас, а то, каковы вещи «на самом деле», зависит от наших воздействий на реальность, процесса наблюдения или наших представлений о реальности, – это *метафизический антиреализм*.

Можно говорить также об *эпистемологическом реализме*. Способны ли мы познать объективную реальность, а не только то, какой «она открывается нам»? Можем ли мы перейти от того, как вещи «предстают перед нами», к тому, каковы они «в действительности», от утверждения, что мир таков, как нам кажется, к тому, что мир обладает конкретной структурой? Эпистемологический реализм дает положительные ответы на все эти вопросы. Конечно, в этом случае потребуются достаточно сильная аргументация для того, чтобы обосновать, каким образом знание относительно объективной реальности может быть обосновано с помощью субъективных индивидуальных оценок этой реальности. *Эпистемологический антиреализм* утверждает, что необходимого доказательства не существует. Существует непреодолимое препятствие между информацией, почерпнутой нами при анализе реальности «как она предстает перед нами», и знанием относительно объективной реальности, и преодолеть его невозможно.

Естественно, позицию эпистемологического антиреализма защитить значительно проще, чем позицию эпистемологического реализма, поскольку сама по себе она не требует обоснования – достаточно указать

лишь один недостаток или пропуск в аргументации реалиста. Однако при анализе метафизической проблематики с позиции эпистемологического антиреализма возникает непреодолимое противоречие: мы не можем принять ни одну из двух возможных метафизических концепций. Если мы не можем обладать никаким знанием относительно реальности, скрывающейся за нашими ощущениями, то мы не можем достаточно обоснованно выдвигать какое-либо метафизическое требование относительно того, существует она или нет. В некотором смысле позиция эпистемологического реализма оборачивается метафизическим агностицизмом, а это, конечно, уже нельзя считать «подходящей компанией», это недопустимо при анализе пределов знания в области современной физики.

Вопрос относительно объективности также может принимать и метафизическую и эпистемологическую формы. Метафизический контекст – это вопрос об объективной реальности, о природе вещей и ее независимости от человеческого сознания. Объективное свойство вещи – это свойство, которое не зависит от нашего мнения, состояния атмосферы или божественного вмешательства. Например, температура воды 20 °C – это объективное свойство. В то же время каждый из нас может сказать, что эта вода холодная или горячая в зависимости от субъективной оценки ее температуры, и это будет субъективное свойство.

Эпистемологический контекст вопроса относительно объективности обращается к стандартам проверки и обоснования утверждений относительно реальности. Это вопрос о том, что мы имеем в виду, когда говорим об объективности оценки. Отметим, что не независимое от нас существование делает ее объективной, а то, что сама оценка определяет выбор в отношении предмета оценки независимым от воздействия субъективных факторов способом. Объективность оценки – это предмет рассмотрения того, как мы приходим к окончательному вердикту, как мы приходим, например, к выводу о том, виновен подсудимый или нет. В этом заключается эпистемологический смысл объективности.

Такое представление об объективности можно перенести на научное знание. В первую очередь, это потребует того, чтобы метод и сам характер научного исследования исключал (избегал) влияния индивидуальных предпочтений отдельных ученых или исследовательских коллективов, а также особого влияния теоретических или методологических представлений и установок. В этом случае, избавившись от излишней субъективности и ангажированности, можно рассчитывать на более или менее вероятную объективность научного метода.

Последнее время любые рассуждения относительно объективности знания все чаще сталкиваются с проблемой так называемой «натурализации». По мнению Филипа Китчера современная философия переживает период «возрождения натурализма», что является закономерной реакцией

на успехи аналитической традиции, возникновение которой ознаменовало «лингвистический поворот» в философии [Kitcher, 1990].

Натурализация эпистемологии

Основанием для обоснования научных теорий являются эмпирические данные. Философские построения также требуют определенной отправной точки аргументации. Эпистемологические построения, например, просто обязаны быть основанными на каком-то конкретном представлении о знании, для того чтобы обеспечить дополнительную достоверность и практичность достаточно общих построений. Конкретные представления обеспечивают основания для проверки в том случае, если модель недостаточно хорошо объясняет или интерпретирует отдельные детали нашего представления о знании.

Потребность в конкретно-научных основаниях для философских построений, как правило, называют *натурализацией*, в данном случае – натурализацией эпистемологии. Натурализация требует избегать исключительно абстрактной философии, основанной только на логике и рассудке, а также предписывает то, каким знание должно быть «на самом деле», путем создания специфической модели знания, которой должны удовлетворять различные реальные, выбранные заранее агенты или ситуации. Натурализованная эпистемология является эмпирической в том смысле, что она основана на «эмпирических данных» того, как в реальных ситуациях фактически устанавливается знание. Перцептуальное знание, например, может быть установлено путем изучения оснований оптики, физиологии и психологии и применения их к реальным актам зрительного восприятия.

Говоря о научном знании в целом, мы не можем анализировать роль эксперимента, просто говоря об абстрактном экспериментировании, мы всегда обращаемся к конкретным случаям, изучая теоретические построения, инструментарий и реальную практику. Понимание знания с позиции натуралистской перспективы требует понимания физической природы познающего и вещей, которые он познает, другими словами, оно требует знания, или задания, «метафизики» взаимодействия между человеком и миром.

Натурализованная эпистемология изучает то, что мы можем знать и как мы можем знать, полагая, что природа познающего, так же как и мира, позволяет нам получить знание о мире. Основанием для такого предположения, как правило, служат результаты конкретных научных исследований. Наш основной вопрос – вопрос о пределах физического знания:

в каком смысле в данном случае возможна натурализация наших эпистемологических построений и возможна ли она вообще?

Как отмечено выше, говоря о пределах физического знания, есть опасность попасть в порочный круг, когда мы будем стремиться использовать физику для того, чтобы оценить пределы самого физического знания. Впрочем, подобный круг возникает при анализе любой науки. Научные данные должны быть оправданно заслуживающими доверие и поддающимися интерпретации. Часто эта оправданность принятия данных основана на неких теоретических предпосылках, представлениях о том, как эти данные «возникают» и что должны «означать». После этого эмпирические данные используют для проверки теории. Ученый должен быть чрезвычайно внимателен и осторожен во всем, что касается интерпретации эмпирических данных и их роли в проверке теории: поддержку получает (или «извлекает выгоду» из этих данных) не та теория, которая использовалась для интерпретации эмпирических данных, а другая. Аналогичную обеспокоенность можно высказать относительно различных попыток натурализации эпистемологии.

Поскольку отправным пунктом философского теоретизирования по поводу научного знания является или должно являться само научное знание, то, не нарушая общности рассуждения, можно утверждать, что отношения между физикой и философией напоминают отношения между теорией и экспериментом. И в научном контексте, и в контексте вопросов относительно пределов знания и реализма некоторые предварительные теоретические соображения просто необходимы для непосредственного отбора и интерпретации оснований – «эмпирических данных». Наука развивается «за счет» соотношения теории и эксперимента, аналогично, конечно, в натуралистической перспективе можно утверждать, что философия и физика являются необходимыми основаниями для того, чтобы осуществлять прогресс в области реализма, по крайней мере, в отношении интерпретации физического знания.

Таким образом, мы вынуждены предварить наши философско-методологические исследования физических проблем, постановок задач и попыток их решения необходимыми сугубо философскими рассуждениями. Ниже мы попытаемся прояснить тезис Бора относительно реальности «как она нам дана» и реальности «как она есть на самом деле», постараемся задать интерпретацию вопроса о возможности объективного физического знания в подходящей натуралистской перспективе и свести его к вопросу подбора необходимых «эмпирических данных» из области физики и теоретических схем из области философии.

§ 2.2. Реальность «как она нам дана»

– Пойду-ка я к ней на встречу, – сказала Алиса.

– Навстречу? – переспросила Роза. – Так ты ее никогда не встретишь. Я бы тебе посоветовала идти в обратную сторону.

Льюис Кэрролл

Вспомним простой школьный опыт, иллюстрирующий законы преломления света в средах различной плотности. Поместим в прозрачный стакан, наполненный водой, карандаш. Нам будет казаться, что он «переломился» именно на границе раздела воды и воздуха. Это как раз тот случай, когда мы можем четко сказать, что осознаем разницу между явлением и реальностью, между тем, что мы видим, и тем, какова вещь на самом деле. Мы можем принять во внимание эту разницу, поскольку мы знаем, что карандаш прямой. Мы знаем, что происходит в действительности, и можем сравнить наше знание с тем, что нам кажется. Идея, заложенная в утверждении Бора, состоит в том, что в контексте фундаментальной физики мы не в состоянии знать что-либо о реальности, скрывающейся за явлением. Мы в состоянии познать реальность «как она открывается нам», но не то, какова она «на самом деле».

На наш взгляд, в данной идее есть, по крайней мере, два аспекта, требующих внимательного рассмотрения. Во-первых, почему мы должны полагать, что мы ограничены только знанием о реальности «как она нам дана» и не способны познать реальность «как она есть» на уровне фундаментальной физики? Говоря о карандаше и стакане с водой, мы не испытывали необходимости в каких бы то ни было ограничениях. Во-вторых, в тех случаях (предположим, что они есть), когда мы действительно не можем «проникнуть за» явление, почему мы должны полагать, что реальность «сама по себе» является отличной от того, «какой она нам кажется»? Если единственное, что мы знаем, это «переломленный» карандаш, то зачем предполагать, что есть что-то еще, кроме этого?

Нагруженность наблюдений

Понимание различия между явлением и реальностью можно расширить, обратившись к анализу природы наблюдения. Не требуется больших по-

знаний в философии или физике, для того чтобы оценить результаты наблюдения за пространственной перспективой. Одинокое дерево вдали кажется небольшим, но мы, конечно, знаем, что в действительности оно значительно больше, чем кажется. В данном случае один из возможных способов преодолеть барьер явление – реальность – подойти к дереву, изменить перспективу. В общем случае мы можем сказать, что наблюдения всегда испытывают влияние конкретных обстоятельств, в которых они проводятся, и то, что мы видим, частично зависит от нас самих. То, что мы видим – это не вещи «как они есть на самом деле», а скорее то, какими «они кажутся нам». Как только мы осознаем перспективу, мы ментально реконструируем реальность по тем данным, которые «нам кажутся». Таким образом, знание условий наблюдения помогает нам понять, как связаны явление и реальность или что говорит явление о реальности.

Наблюдение в самой науке – это нечто большее, чем предположение причинной связи, это не просто «открытый взгляд» на природу, оно теоретически нагружено. Обладая минимумом геометрических знаний, можно легко вычислить высоту дерева, зная высоту куста, растущего перед ним. Однако в контексте научного исследования данность – это нечто большее, чем просто изображение реальности. Необходимо некоторое «содержание» для наблюдения. Естественно, в этом случае само наблюдение способно как «приводить» нас к реальности, так и «уводить» от нее. Добавление некоторого созерцательного (мысленного) анализа угрожает объективности наблюдения, поскольку оно скорее добавляет субъективности, чем устраняет ее. Ничто не мешает нам в конечном счете видеть только то, что мы хотим видеть.

Небольшого экскурса в проблему нагруженности определенными предпосылками наблюдения вполне достаточно, для того чтобы показать, что сам наблюдатель оказывает влияние на то, что он наблюдает. А поскольку это влияние неизбежно, естественно возникает сомнение в убеждении реалистов, что мы действительно можем знать что-то об объективной, «незамутненной» наблюдениями реальности. Естественно, реализм отвечает достаточно разнообразными по глубине и степени проработанности обоснованиями и доказательствами возможности объективного знания. Такие точки зрения, как *наивный реализм*, которые утверждают, что явление есть непосредственное и прямое отражение реальности, непременно терпят фиаско.

Любое достаточно веское утверждение о возможности объективного знания должно опираться на критическую и весьма осторожную реконструкцию, в рамках которой явления, иначе реальность «как она нам дана», выступают в качестве своеобразных «эмпирических данных», т. е. оснований для нашего теоретического построения. Такая реконструкция, ко-

нечно же, будет включать в рассмотрение влияние наблюдателя на объект исследования. В общем случае выделяют два аспекта этого влияния или содержания наблюдения: физический и теоретический, или концептуальный. Ниже мы остановимся подробнее на каждом из аспектов, а также постараемся ответить на вопрос, что конкретно наука (в данном случае физика) сама говорит по поводу возможности объективного знания о реальности.

Наблюдение: теоретический аспект

Предполагается, что наблюдения в науке делаются таким образом, чтобы быть достаточно открытыми для возможных проверок. Для того чтобы выступать в качестве «эмпирических данных» для нашей реконструкции, наблюдения должны быть чем-то большим, чем индивидуальные восприятия. Они должны быть достаточно обоснованны для того, чтобы внести вклад в построение знания. Они должны быть изложены на языке, достаточно релевантном тому, который мы уже знаем, т. е. соответствовать современному уровню развития знания. Все эти требования осмысленности, зависимости от того, что мы уже знаем и т. д., конечно же, влияют на то, что мы наблюдаем, на само наблюдение. Можно выделить по крайней мере три различных аспекта теоретического, или концептуального, содержания наблюдения.

Первый аспект заключается в выборе объекта, который следует наблюдать, и того, что не считается важным. Наблюдение в науке всегда селективно и методично возвращает нас к тому, что действительно является важным или релевантным в отношении наших целей. Причем основанием для выбора релевантных объектов наблюдения являются, как правило, определенные теоретические представления, принятые в настоящее время в научном сообществе, а также принятые теоретические представления о природе. Именно принятые нами научные теории говорят нам о том, что является релевантным тому, на чем, описывая природу, мы должны сосредоточиться, и что с чем находится (или должно находиться) во взаимосвязи.

Ситуация здесь аналогична оценке общественного мнения в том смысле, что наша выборка должна быть репрезентативной. При подборе образцов легко ввести себя в заблуждение. Оценка выборки должна быть основана на релевантных показателях, например, мы должны исследовать достаточно однородную социальную группу (школьники, мужчины, женщины, пенсионеры). Однако в любом случае мы отбросим ряд показателей, которые покажутся нам незначимыми, например, рост, вес, цвет волос и т. д. Эта дифференциация релевантных факторов пройдет до того,

как мы приступим к опросу, и в основном под влиянием нашего общего представления о ситуации. Нам необходимо заранее обладать некоторыми теоретическими основаниями, прежде чем мы предпримем попытку сбора общественного мнения. Наши теоретические представления непосредственно указывают нам, на что следует обращать внимание.

Второй аспект теоретического, или концептуального, содержания наблюдения состоит в оценке достоверности или правдоподобности наблюдения. Иногда чувственные восприятия подводят. Измерительные приборы могут ломаться. Достоверность наблюдения должна опираться на некоторые основания, пусть даже неявные, которые исключают возможность ошибки. Мы не можем исключить возможность таких ошибок, говоря об условиях наблюдения или исправности инструментов. Мы должны иметь возможность отличать нормальное состояние от измененного, и здесь мы вновь вынуждены обратиться к базовому теоретическому знанию о том, как все-таки происходит само наблюдение. Вспомним пример с калибровкой микроскопа: мы должны знать, как он устроен, для того, чтобы понять, правильно ли он работает.

Тот факт, что наблюдение не является достоверным, автоматически «всплывает» в реальной практике научного исследования. Если наблюдение противоречит теории, первое, что нужно сделать, – это проверить инструменты; мы должны убедиться, что наблюдение выполнено соответствующим образом. И, по крайней мере, часть этой проверки потребует понимания того, как наблюдение должно было выполняться.

Третий аспект наблюдения, подчеркивающий роль теоретической нагруженности, – это понимание того, что, в частности, данный эксперимент (наблюдение) должен означать. Для того чтобы выступать в роли «эмпирического свидетельства», наблюдение должно быть релевантно теории. Паровой след в парогазовой или пузырьковой камере останется без внимания, если мы не свяжем его с элементарной частицей. Данное явление может означать альфа-частицу с определенной энергией. Опыты с парогазовой камерой говорят нам о частицах, а не о паровых следах, от нас требуется совместить некоторое теоретическое понимание с наблюдением, как частицы вызывают следы. Для того чтобы наблюдение было принято, требуются некоторые теоретические основания. В этом случае перенос наблюдения из области непосредственных ощущений восприятия в область принятых эпистемических «эмпирических данных» вновь сопровождается или даже происходит под влиянием некоторой базовой теории.

Наше взаимодействие с природой бессмысленно без некоторого теоретического представления, аккуратно «укладывающего» данные органов чувств. Данное обстоятельство также заставляет нас заключить, что мы рождены скорее для того, чтобы воспринимать природу внутри собствен-

ных представлений, чем для того, чтобы пытаться строить знание «о ней самой». Теоретическая нагруженность наблюдения неизбежна, явление всегда, если так можно выразиться, концептуализировано. Однако вопрос о том, возможно ли знание об объективной реальности, знание, которое «выходит» за пределы данности, знание о «незамутненной» восприятием, неизменной, «чистой» реальности, все еще остается открытым.

Наблюдение: физический аспект

Помимо теоретического содержания, влияние которого невозможно исключить, хотим мы этого или нет, наблюдение содержит еще и собственно физический аспект: наблюдатель с необходимостью физически воздействует на объект исследования. Физический акт наблюдения изменяет конкретные свойства объекта самого по себе. Сам этот процесс может быть весьма разнообразным, однако для нас чрезвычайно важно прояснить то, как физическое вмешательство изменяет объект, и то, «как он нам дан».

Воздействие исследователя на объект хорошо изучено и является предметом дальнейших исследований, например в общественных науках. Можно сказать, что это центральная методологическая проблема, например, антропологии. Влияние антрополога нельзя исключить, в любом случае мы предполагаем, что в отсутствие исследователя, который является «чужим», поведение может быть немного другим. С аналогичными проблемами сталкивается, например, психология. Наша цель – обнаружить, что происходит в сознании реципиента, например с помощью метода задавания вопросов и выслушивания ответов. Риск в том, что ответ уже может «быть заложен» в самом вопросе. Даже безотносительно вопросов имеется некое искусственное представление, в соответствии с которым люди ведут себя другим, «неестественным» образом, когда чувствуют, что их слова или поступки подвергаются анализу. Исследователь имеет дело только с данными «принудительного» анализа и фактически не может рассчитывать на анализ «естественного» поведения людей.

Нечто подобное происходит в физических науках. Если поместить большой «теплый» термометр в достаточно небольшой объем «холодной» воды, то вода нагреется. Естественно, показания термометра будут некоторым средним между собственной температурой воды и влиянием термометра. Измерение будет скорее информацией о взаимодействии между термометром и водой и не будет содержать релевантной информации о том, какой была бы температура воды, если бы термометр в нее не помещали. Конечно, термометр необязательно должен быть большим, а объем воды – малым, это лишь пример. Можно также сделать оговорку,

например, в том случае, если температура воды уже была равна собственной температуре термометра. Однако такого рода воздействие в некоторой степени присутствует всегда, говорим мы о термометрах или об электронных микроскопах. Физическое воздействие на объект имеет место в ходе любых наблюдений в области физических наук, и в большинстве случаев такое влияние оказывается чрезвычайно важным аспектом процесса наблюдения. Например, находясь рядом с объектом исследования, сам наблюдатель (человек) может воздействовать на температуру, влажность или виброустойчивость исследуемого образца. Более того, любое наблюдение требует «переноса» информации посредством некоторого взаимодействия, которое в свою очередь изменяет состояние (например, момент или энергию) и наблюдателя, и объекта. Мы зрительно воспринимаем окружающий мир в отраженном свете. Само отражение изменяет энергию света, и мы воспринимаем информацию о том, как объект провзаимодействовал с нами (посредством отраженного света), а не о том, каков он «на самом деле».

Существует по крайней мере два способа, позволяющих ограничить подобные влияния на наблюдение и все-таки почерпнуть информацию о самом объекте. Во-первых, можно *свести к минимуму физическое воздействие* на образец. Антрополог, как и психолог, стремится быть ненавязчивым, аналогично ведет себя и физик (соразмерные термометры, минимальные энергетические воздействия). Однако все же наши возможности «подстроиться» под природу ограничены, и эффекты воздействия на объект нельзя полностью исключить. Бор является одним из основоположников квантовой механики, неотъемлемой частью которой является признание того, что исследователь влияет на объект исследования и нам доступен лишь результат нашего взаимодействия с квантово-механическим объектом. Возможно, это одно из оснований, которое привело Бора к такой ярко выраженной антиреалистской позиции в отношении пределов физического знания, но, в частности, именно поэтому физическое знание является неотъемлемым предметом эпистемологических исследований вот уже более ста лет.

Другой способ – *теоретическая реконструкция* реальности с учетом всех возможных влияний. Если мы обеспокоены возможным влиянием на условия, мы можем оценить его и исключить из объективной картины происходящего. Владение основами термодинамики и знание конструктивных особенностей конкретного термометра позволит нам достаточно точно подсчитать, сколько энергии будет потрачено или поглощено в любой данной ситуации. В данном случае мы не пытаемся избежать возможного влияния, мы пытаемся как можно точнее воссоздать объективную картину. На первый взгляд выход найден, однако следует задуматься, возможна ли подобная реконструкция в любом другом случае или,

например, в области фундаментальной физики. Возможно ли систематически исключать различные эффекты нашего влияния на описание явлений?

Природа «как она есть»

Для того чтобы ответить на поставленный выше вопрос о возможности объективного физического знания, мы должны прояснить понятие данности или реальности «как она дана нам», понятие феномена, скрывающего объективную реальность (вряд ли это удастся сделать относительно понятия самой объективной реальности). Идея состоит в том, чтобы быть уверенным в отношении того, что мы изучаем, что требует наличия по крайней мере нескольких альтернативных достаточно адекватных описаний (чтобы было, с чем сравнивать), и, следовательно, быть уверенным в том, что представляет собой основную ценность исследования.

Мы предполагаем, что в отличие от явления сама реальность не изменяется в зависимости от принятой перспективы. То, каковы вещи «на самом деле», не должно зависеть от нашей способности (или ее отсутствия) постигать их, от наших капризов или планов в отношении того, как мы выберем, что исследовать и каким образом. Ключевое понятие – «независимость». Реальность вещей *независима* от того, как мы взаимодействуем с ними. Природа «как она есть» ни в коем случае не является природой «для нас».

В том же смысле мы можем говорить, например, о социальной или антропологической реальности. Поведение людей, их мысли и ценности существуют независимо от антрополога. Сторонники метафизического реализма могут утверждать, что содержание сознания существует объективно, независимо от исследований антропологов или психологов. Более того, эпистемологический реализм будет утверждать, что антрополог имеет все основания реконструировать культурную реальность «как она есть».

В общем случае реализм в отношении физики (и других естественных наук) утверждает лишь *существование* объективной реальности, а не то, какова она «на самом деле». Это важно, мы постулируем существование реальности до того, как приступаем к ее изучению. Например, нельзя утверждать, что объективно (в рамках объективной реальности) события являются строго детерминированными в смысле наличия конкретных законов причинного взаимодействия. Таким образом, если будет обоснован (каким-либо способом) индетерминизм, то это не повлечет отрицания значимости основного тезиса метафизического реализма. Ни одно из конкретных свойств нельзя связать с существующим независимо от нас ми-

ром, и именно в силу этого, если нам удастся доказать, что данное свойство является зависимым от нашего состояния, т. е. субъективным, то данное обстоятельство не будет означать, что остальные свойства также являются субъективными. Обоснование того, что какое-то свойство или характеристика не являются объективными, еще не является основанием для утверждения, что объективный мир вообще не существует. И наоборот, если, например, мы говорим, что пространство, в отличие от времени, обладает преимуществом «психологической данности», то мы инстинктивно ощущаем пространство расположенных вокруг нас предметов, однако это замечание, конечно же, не является аргументом «за» или «против» объективности пространства или времени. Отметим, что такое понимание «независимости» служит четкой границей между, например, реализмом и конструктивизмом, по отношению к которому вопрос относительно выбора или «задания» базовых сущностей отнюдь не является простым, в частности, в контексте проблемы недоопределенности.

В отличие от метафизического реализма эпистемологический реализм более сдержан. Утверждение, что мы можем обладать знанием о том, какова реальность «на самом деле», а не только о том, «какой она нам кажется», не требует того, чтобы мы знали *все* о реальности. Основанием для дифференциации различных точек зрения внутри самого эпистемологического реализма как раз является обсуждение вопроса, что может быть познано и как. Мы можем с уверенностью говорить, что дискуссия о реализме значительно больше внимания уделяет обсуждению частных и тонкостей аргументации, чем реальности как таковой. Например, ряд исследователей уверяют нас: не задавайтесь вопросом, существует ли объективная реальность, задайтесь вопросом, существуют ли объективные свойства наблюдаемых вещей:

Один из возможных способов разговора о реальности – это употребление понятия «реальность» как имя прилагательное, а не существительное. Задайтесь вопросом, является ли цвет предмета реальным, в том смысле, что он существует независимо от наблюдателя. Но избегайте вопросов относительно реальности в целом или Реальности. Философы обладают экстравагантной способностью превращения прилагательных в существительные, говоря о красоте яблок, например, как если бы она существовала независимо от них [Kosso, 1998. С. 24].

На наш взгляд, этот подход только ввел бы нас в заблуждение, особенно если мы говорим о пределах объективности физического знания. Однако в контексте всего вышесказанного относительно нагруженности наблюдений и трудностей эпистемологического реализма мы все же постараем-

ся уделить некоторое внимание проблеме объективности свойств предметов физического наблюдения.

Аргументы в пользу реализма

В рамках данной главы мы лишь «набросали» основные проблемы реализма как самостоятельного философского направления, в общих чертах затронули проблему интерпретации теорий и наблюдений, а также их взаимосвязи. Поскольку наши философские предпочтения должны предшествовать анализу самого физического знания, они имеют характер предположений о том, как следует приступить к анализу. По аналогии с научной теорией это гипотезы, которые будут тестироваться и улучшаться, а возможно, будут отвергнуты в свете «эмпирических данных».

Большинство аргументов в пользу реализма фокусируются на вопросе о том, имеются ли достаточно веские основания для принятия того, что научные теории являются истинными. Напомним, что принятие реализма с необходимостью заставляет принять нас тот или иной вид корреспондентной теории истинности, т. е. истины как соответствия (см, например, [Niiniluoto, 2002]). Для философа это означает, что, возможно, достаточно обоснованным является лишь наше убеждение в том, что научные теории о реальности можно проверить только с помощью наблюдения, а более теоретические требования относительно «ненаблюдаемых сущностей» необходимо воспринимать с изрядной долей скептицизма. Почему мы должны (или не должны) принимать утверждения относительно «ненаблюдаемых сущностей» или почему мы должны быть обоснованы в том, что теория является истинной (или почему мы должны рассматривать ее как удобный, хотя и необязательно истинный инструмент, например, для выдвижения новых успешных эмпирических предсказаний)? Все эти вопросы являются основными для реализма.

Однако в данном случае основной вопрос, который волнует нас, – это не вопрос о том, являются ли специальная или общая теория относительности истинными, а скорее вопрос о том, что мы получим в качестве основания для нашей способности познавать природу за пределами того, «как она открывается нам», приняв теорию относительности? Идея состоит не в том, чтобы использовать философию с целью «пролить свет» на физику, а скорее, наоборот, в том, чтобы использовать науку, в частности проблему существования теоретических «сущностей», для того, чтобы защитить реализм. Наша цель не в том, чтобы обратиться к обоснованию научных теорий, но в том, чтобы проанализировать, как эти теории могут служить в пользу реализма или антиреализма.

Мы уже продемонстрировали важность антиреалистской интерпретации физического знания на примере точки зрения Бора (см. § 2.1). Как правило, антиреализм утверждает, что наблюдение и реальность «как она открывается нам», по крайней мере, частично являются результатом нашего собственного вмешательства, или, иначе, наблюдение является *теоретически нагруженным*. В силу этого возникает вопрос: как наблюдение можно использовать для проверки теории и о какой объективности может идти речь? Наблюдение нагружено и теоретическим и физическим содержанием, в любом случае наблюдение – это акт взаимодействия исследователя и объекта. В каком смысле тогда мы можем говорить о знании о реальности, лишенной какого-либо влияния со стороны ученого?

Существует еще один очень сильный аргумент в пользу антиреализма – это *недоопределенность*. Основная идея состоит в том, что эмпирических данных недостаточно для того, чтобы окончательно решить вопрос, какая из множества альтернативных теорий действительно является истинной. Феномен недоопределяет реальность, и именно в этом смысле мы не можем использовать явление само по себе, чтобы доказать, что есть реальность «на самом деле». Для всего, что мы видим в природе, может существовать более чем одно удовлетворительное объяснение, более чем одна интерпретация того, что должны говорить эмпирические данные относительно «ненаблюдаемых сущностей», скрытых за «вуалью данности». Эмпирия сама по себе не в состоянии определить, какие теории являются истинными.

Логика аргумента недоопределенности весьма четкая и убедительная, с этим трудно не согласиться. Проверка теории в науке в общем случае основана на ее успешности в объяснении явлений, которые наблюдаются, либо на предсказании явлений, которые могут наблюдаться в будущем. И предсказание, и объяснение в данном случае имеют одну и ту же форму: если теория истинна, то такие-то и такие-то явления будут наблюдаться. Теория будет считаться проверенной, если такие-то и такие-то явления действительно наблюдаются. Однако, даже если эти явления действительно наблюдаются, даже если предсказание и объяснение успешны, мы не можем однозначно утверждать, что теория истинна. Весьма вероятно, что может существовать альтернативная теория, которая описывает реальность несколько другим способом, но делает те же предсказания и является столь же успешной в объяснении явлений, как и первая (в гл. 4 разбирается один из таких примеров, не так давно буквально потрясших физику высоких энергий). Отсутствие воображения или наша беспечность вместе с имеющейся достаточно успешной теорией может остановить дальнейший поиск альтернатив «за ненужностью», однако в том, что таких альтернатив, которые столь же хорошо отвечают имеющимся

данным, не существует, мы не можем быть достаточно обоснованно уверены.

Реальность «как она дана нам» не может конкретно указать нам на единственную теорию, которая будет соответствовать объективной реальности. Мы даже можем говорить о нескольких непересекающихся реальностях, и мы не в состоянии использовать данность для того, чтобы обоснованно сделать выбор между ними или сказать, какая из них больше соответствует реальности как таковой. Наша эпистемическая осторожность заставляет нас поверить в то, что научные утверждения относятся только к тому, что может быть наблюдаемо. Теории, которые оперируют «ненаблюдаемыми сущностями» (кварки, струны), в лучшем случае играют роль вспомогательных моделей, способов организации нашего знания без каких-либо претензий на объективность. В общем случае теории полезны, но не истинны: природа предстает именно такой, как если бы наши теории были истинными, но это, конечно, не означает, что природа и есть такая, как ее описывают научные теории.

Сдержанность натиск антиреализма иногда достаточно сложно. Однако можно привести ряд аргументов в пользу реалистской позиции в отношении реальности и знания. Один из наиболее часто встречающихся в литературе аргументов – *вывод к лучшему объяснению*. Как правило, указывается на то, что способ рассуждений, используемых в науке для того, чтобы обосновать то или иное утверждение относительно реальности, фактически является некоторым «расширением» наших обыденных представлений, которые мы используем в рамках здравого смысла (в гл. 4 отдельно обсуждается проблема абдуктивного вывода).

Мы заключаем, что наилучшее объяснение ситуации с наибольшей вероятностью является истинным [Lipton, 1991]. Например, если у нас засорилась раковина, то мы, конечно, не будем предполагать, что причиной является инопланетный заговор или колдовство нашего соседа (хотя почему бы и нет). Согласимся, существует множество объяснений, однако наилучшее объяснение, вне всякого сомнения, будет включать все наши познания об устройстве водопровода и канализации, гигроскопических и других свойствах грязи и бытового мусора. Конечно, мы можем согласиться, что альтернативные объяснения (колдовская порча) также могут быть истинными, однако наилучшее объяснение – это то, которое является наиболее вероятным, по крайней мере, в рамках здравого смысла. Таким образом, вывод к лучшему объяснению – это действительно один из способов перейти от «непосредственной данности» к достаточно обоснованному (хотя, конечно, не со всей строгостью) представлению о реальности. Вывод к лучшему объяснению скорее принадлежит нашему здравому смыслу, однако утверждается, что он находит большое применение в

науке, поскольку одна из задач науки – найти и определить наилучшее объяснение для наблюдаемого явления.

Традиционно предполагается, что достоверность вывода к лучшему объяснению базируется на двух основаниях, каждое из которых периодически подвергается широкой критике со стороны антиреализма. Во-первых, что делает *одно объяснение лучше, чем другое*, и, в частности, что может считаться лучшим объяснением? Например, является ли самое простое объяснение наилучшим? Понятие «простота» само по себе достаточно неоднозначное, и его определение часто является спорным. Какое объяснение того разнообразия, которое нас окружает, является наиболее простым; что, например, проще: теория эволюции или креационизм? Как альтернатива или, пожалуй, дополнение к простоте, возможно, вывод к лучшему объяснению действительно является очень мощным типом рассуждения для того, чтобы претендовать на знание относительно реальности «как таковой». Именно в силу этого мы отбрасываем предположения, что причиной засорения раковины является колдовская порча или межгалактический конфликт двух неземных цивилизаций. Кому-то может показаться, что вывод к лучшему объяснению – это крайне консервативное рассуждение: мы должны принять то, что мы и так по большому счету знаем, в то же время, что и вызывает наибольшее опасение, данный вывод эквивалентен обоснованию одной теории (о которой антиреалист наверняка скажет, что она сомнительна) посредством обращения к другой теории (в сомнительности которой антиреалист уже уверен).

Обоснование новых представлений относительно реальности на основании принятых ранее, конечно же, может быть лишь «повторением старых ошибок». Более того, можно указать периоды в развитии научного знания, когда новые идеи доказывали свою состоятельность вопреки «хорошо» обоснованным взглядам на реальность. Вспомним далеко не однозначное принятие системы Коперника. Если бы мы возводили в абсолют укоренившиеся знания, то, вероятно, до сих пор считали бы, что Земля плоская, а мир состоит из четырех элементов. Смысл в том, что иногда объяснение, которое противоречит тому, в чем мы безоговорочно уверены, является все же истинным, и, таким образом, либо у нас должны быть другие критерии относительно того, что считать наилучшим объяснением, либо мы не имеем права полагать, что наилучшее объяснение является истинным.

Возникает вопрос: *в каком отношении объяснение, а особенно наилучшее объяснение, находится с понятием «истина»?* Это и есть второе основание аргумента вывода к лучшему объяснению. Отметим, что объяснение – это своего рода психологический акт. Объяснение в некотором смысле призвано удовлетворить наше любопытство, по крайней мере на время. Причем ложное утверждение играет эту роль так же убедительно,

как и истинное. Можно согласиться с тем, что вывод к лучшему объяснению обладает какой-либо интуитивной значимостью, однако в науке нам нужно нечто большее, чем интуиция, нам нужно доказательство.

Ответы реалистов на все указанные замечания нельзя назвать окончательно убедительными. Например, предлагаются конкретные модели причинного объяснения, и в их рамках уже можно говорить о наилучшем причинном объяснении [Lipton, 1991]. Причинное объяснение претендует на большую объективность, поскольку практически лишено излишнего психологизма. Непричинное объяснение может иметь смысл простого совпадения. Причинное объяснение прочно связано с понятием «истина», поскольку мы понимаем, что что-то должно быть причиной для анализируемого явления. Действительно, то, что X просто объясняет какое-то явление, еще не является основанием для принятия X , однако то, что X является причиной данного феномена, является вполне убедительной причиной, чтобы принять X . Если объяснение – это характеристика нашего сознания, то причина – это характеристика реальности.

Можно привести еще одну версию реализма. Это реализм, разделяющий реализм относительно теорий и реализм относительно объектов [Хакинг, 1998]. Объектный, или, как его иногда называют, «сущностный» реализм, утверждает, что научные теории, содержащие «ненаблюдаемые сущности», не могут быть обоснованы с помощью эмпирических данных, однако отдельные «сущности» можно рассматривать как причины явлений. Мы можем ошибаться относительно деталей, но мы должны быть уверены в том, что, например, электроны реальны, по крайней мере, мы можем манипулировать с ними в ходе реальных экспериментов и практического использования теорий, построенных на предположении, что они существуют. В данном случае, по крайней мере, удастся «перекинуть мостик» между объективной реальностью и явлением.

Вслед за Х. Патнэмом большинство современных сторонников реализма придерживаются так называемого аргумента «чудеса не принимаются» (no miracle argument) [Putnam, 1975. P. 73], который мы вынесли в эпиграф к гл. 4 данного пособия. В этом случае указывается на то, что антиреализм занимает достаточно странную позицию в отношении понимания успешности научных теорий или объяснения прогресса научного знания в целом. Действительно, не странно ли предполагать, что теория, которая обладает успешными предсказаниями, не является истинной? Как еще мы можем объяснить то, что эмпирический успех теории не связан с тем, что теория истинна? В то же время реалист ни на минуту не задумывается над ответом на вопрос, почему теория соответствует эмпирическим данным, – потому что она истинна. Таким образом, истина теории является как бы наилучшим объяснением ее успешности или, по крайней мере, наилучшим объяснением из тех, которые в принципе может пред-

ложить антиреалист. Казалось бы, это именно тот аргумент, который не подвластен тотальному прессингу антиреализма. Однако детальный анализ аргумента показывает, что он основан на, возможно, непреодолимом «порочном круге». В основе реализма лежит вывод к лучшему объяснению, и мы стремимся привести доводы в его (вывода) пользу, с другой стороны, сам реализм (как философская платформа) есть наилучшее объяснение того, что мы наблюдаем, так как реализм суть наилучшее объяснение объяснительного и предсказательного успеха научной теории. «Порочный круг» состоит в том, что мы используем вывод к лучшему объяснению как обоснование для того, что сам вывод к лучшему объяснению обоснован.

Спор между реализмом и антиреализмом бесконечен, однако нас в данном случае будет интересовать не столько развитие этого спора, сколько аргументы в пользу реализма, которые можно почерпнуть в ходе анализа современной физики пространства и времени. Поддерживает теория относительности реалистский тезис относительно реальности или нет? Предлагает ли современная физика достаточно оснований в пользу реализма? Поддерживает ли современная физика антиреалистские тезисы о теоретической нагруженности и субъективном влиянии на наблюдение и недоопределенности теории эмпирическими данными? Дает ли физика основания утверждать, что мы все-таки способны обладать знанием о реальности «как она есть на самом деле» или хотя бы его частью?

Ниже мы попытаемся обосновать тезис о том, что физика (по крайней мере, фундаментальные представления о пространстве и времени в рамках специальной и общей теорий относительности) в целом склоняется больше к реалистской позиции, чем к антиреализму в отношении объективной реальности. В рамках специальной теории относительности достаточно четко прослеживается идея абсолютности и универсальности свойств пространства и времени, а общая теория относительности уже давно является классическим примером успешной недоопределенной теории. В обоих случаях, как нам представляется, удастся показать, что эти теории проводят достаточно четкую границу между тем, что мы можем узнать относительно объективной реальности, и тем, что не сможем, опять же по объективным причинам. Конечно, нашей целью не является «окончательная победа» реализма, однако в рамках данного пособия нам удастся достигнуть своей цели: концептуальное пространство-время специальной и общей теорий относительности в достаточной степени (зависящей от современного уровня развития науки) отражает ряд объективных характеристик реальности.

Возвращаясь к Бору

На наш взгляд, Бор четко представлял грань между реализмом и антиреализмом. Мы можем попытаться: а) описать природу «как она есть»; б) описать ту природу, «которая нам дана». В контексте вышесказанного относительно наблюдения и соотношения явления и реальности сюда можно добавить третью возможность: в) описать только то, «как мы взаимодействуем» с природой.

Как правило, различие между пп. «а» и «в» относят к различию между объективным и субъективным знанием, в то время как в этом контексте обсуждения объективности знания различие между пп. «а» и «б» практически отсутствует. Фактически п. «б» отражает лишь утверждение, что мы можем описать только то, что мы «видим» или можем «увидеть». Достижение объективности – это своеобразный переход от п. «в» к п. «а». Мы используем знание о нашем взаимодействии с природой для того, чтобы реконструировать знание о природе «как она есть». Достижение объективности не в том, чтобы избегать субъективности (это невозможно), а скорее в том, чтобы понимать свою субъективность. Мы должны принимать наблюдения такими, «как они даны (открываются) нам», но в то же время мы должны понимать сложность процесса наблюдения со всеми вытекающими последствиями. В первом случае наблюдение будет бессмысленно, в последнем мы можем «потерять» реальность, скрывающуюся за ним.

Несмотря на явный антиреалистский характер своей позиции, Бор все же уверен в получении знания: «физика касается вопроса – что мы можем сказать о природе», соответственно есть вопросы, на которые она ответить не может. Описание природы не может быть случайным, оно в первую очередь ограничено объективной реальностью «самой по себе». На наш взгляд, это и есть то самое важное искомое ограничение, которое помогает нам говорить, в частности, о пределах физического знания, границе между знанием о реальности, «данной нам в ощущениях», и знанием о реальности как таковой.

С учетом сказанного выше, переходя к анализу содержания физического знания, мы можем поставить перед собой вопрос: насколько обособленным является наше знание о «ненаблюдаемых» аспектах реальности? Можем ли мы знать, каковы вещи «на самом деле», опираясь на то, как они «открываются нам»?

§ 2.3. Теория относительности и реализм

Некоторые высказывания, не смотря на то, что они о физических объектах, а не о чувственном опыте, кажутся особенно уместными для чувственного опыта, причем избирательно, одни высказывания уместны для одного опыта, другие – для другого... под отношением «уместности» я имею в виду лишь свободную ассоциацию, отражающую на практике относительное правдоподобие нашего выбора одного, а не другого высказывания для пересмотра в случае противоречащего опыта.

Уиллард Куайн

Утверждение Бора относительно пределов физики и невозможности объективного знания, которое мы вынесли в эпиграф данного пособия, было обусловлено успехами квантовой механики. В самом деле, на первый взгляд может показаться, что в квантово-механическом описании действительности присутствует что-то, что дает нам все основания согласиться с Бором, а также с теми, кто разделяет его антиреалистскую трактовку физического знания. Несмотря на то что анализ философско-методологических проблем квантовой механики не входит в число основных тем, освещаемых в рамках данного пособия, мы считаем это замечание важным. Влияние квантовой механики на формирование современной научной картины мира сложно переоценить, и, конечно, анализ такой важной проблемы, как соотношение теории и реальности, без обращения к ней будет не полон. В дальнейшем мы постараемся исследовать эти проблемы более подробно. Основной вопрос данной главы следующий: относится ли утверждение Бора к теории относительности? Другими словами, в каком смысле мы принимаем требования теории относительности (как специальной, так и общей): это утверждения относительно самой природы или относительно того, как мы взаимодействуем с ней? В какой степени утверждения теории относительности относятся к реальности, существующей независимо от нас и от того, как мы с ней взаимодействуем, а в какой степени они относятся к нашим субъективным особенностям восприятия?

Два вопроса

На наш взгляд, в дальнейшем целесообразно четко разграничить следующие два вопроса: а) о чем говорит теория относительности; б) как мы можем убедить себя в том, что теория относительности истинна? Второй вопрос – это классический вопрос эпистемологии. Он возвращает нас к философским аргументам в пользу научного реализма: что может быть доказано и как, обосновывают ли эмпирические данные заключения научных теорий и т. д. Первый вопрос также в некотором смысле эпистемологический. В частности, он помогает ответить на вопрос: что теория может утверждать относительно нашей способности знать что-то о природе, познавая ее? Ответ на этот вопрос должен опираться, во-первых, на анализ утверждений самой теории о реальности, во-вторых, на анализ свидетельств, доступных к настоящему моменту, и на то, что теория сама предполагает относительно имеющихся данных. Оставив в стороне вопрос об обосновании теории, мы можем задаться вопросом о том, что теория утверждает и что намерена описывать.

Обозначенное выше различие, как нам представляется, аналогично различию между собственно научной (физической) и концептуальной сторонами научного знания. Конкретно-научная сторона – это факт, что мы, например, взаимодействуем с природой только посредством регламентированных физикой способов. Мы обращаемся к физике, чтобы понять суть взаимодействия, мы даже можем говорить о человеческом факторе или субъективном влиянии на физику, проводимые эксперименты и теории. Вопрос, о чем говорит физика, – это и есть вопрос относительно конкретно-научной стороны нашего знания. Вопросы относительно доказательств, относительно обоснования теорий – это те вопросы, которые традиционно относят к концептуальной стороне. Обычно это вопросы об исходном базовом багаже знания, которые в значительной степени влияют на интерпретацию данных или логику подтверждения теории. Возможно, сама теория или наши «старые» представления являются неотъемлемой (и никак не проверяемой, фундаментальной) частью доказательства. Последний вопрос (т. е. вопрос «б») крайне важен, ниже мы постараемся подробно его рассмотреть. Начнем наш анализ с первого вопроса.

Описывает ли теория реальность?

Описывает ли теория относительности реальность или только то, как мы с ней взаимодействуем? Выражаясь словами Бора, является ли задачей научной теории – открыть нам, какова природа на самом деле? Для того чтобы показать, что теория относительности в целом не дает оснований

склониться к точке зрения, которой придерживался Бор, начнем с анализа специальной теории относительности (СТО) (см. дополнение А).

Весьма поверхностный взгляд на СТО действительно может привести нас к антиреализму Бора. Здесь, как правило, намекают на то, что теория Эйнштейна говорит, что все в этом мире относительно, т. е. нет универсалий, нет единственного истинного взгляда на вещи и т. д.; то, как мы смотрим на вещи, всегда относительно наблюдателя, взгляд одного может существенно отличаться от взглядов другого, и нет никакой возможности утверждать, что один из них ошибочен. Все, о чем можно говорить, – это субъективные представления, а они относительны.

Конечно, считать, что теория Эйнштейна утверждает, что *все* относительно, – это значит весьма далеко отойти от того смысла, который заложил в нее Эйнштейн. СТО в буквальном смысле «построена» на универсалиях. К концептуальным основаниям теории относятся абсолютность (инвариантный характер) законов физики и скорости света. Собственно говоря, СТО – это теория об абсолютных и универсальных характеристиках нашего мира, относительные характеристики (длина объекта, время в данной системе отсчета и т. д.) не играют в ее рамках решающей роли. Например, электрический заряд и пространственно-временной интервал – это инварианты, т. е. сохраняются во всех инерциальных системах отсчета, а длина объекта инвариантом не является.

Демонстрация того, что ряд свойств являются относительными (длина и время), еще ничего не говорит об относительности всех свойств. Более того, являются ли анализируемые свойства относительными по отношению к нам, наблюдателю, или нет? Другими словами, является ли знание об относительности длины или времени субъективным, в том смысле, как это подразумевает Бор? На наш взгляд, нет. В соответствии с СТО, например, феномен сокращения длины никак не связан с тем, является ли он предметом чьего-либо наблюдения или результатом вмешательства или взаимодействия наблюдателя с процессом (как аналогичное явление можно интерпретировать в рамках квантовой механики). Относительные характеристики всегда относительны по отношению к заданной инерциальной системе отсчета, а не по отношению к наблюдателю или акту наблюдения, они относительны по отношению к состоянию движения.

Эффект сокращения длины не является следствием акта измерения длины. Данное обстоятельство существенно отличает интерпретацию этого явления от интерпретации, например, изменения температуры в комнате, оценка последнего существенно зависит от состояния наблюдателя. Время жизни мюонов «растягивается» при движении с большими скоростями; описание того, как долго они существуют, как быстро движутся и какой за это время проходят путь, – это описание того, что в дей-

ствительности происходит в природе, например в том случае, когда на землю обрушиваются космические лучи³.

Вне всякого сомнения, хороший пример демонстрации объективности СТО – это ее использование для проектирования электронного микроскопа или ускорителя и способность манипулирования с объектами, которые в них изучаются [Хакинг, 1998]. Например, линейный ускоритель в Стэнфорде или ускоритель в Институте ядерной физики в Новосибирске разгоняет электроны практически до скорости света. При таких скоростях релятивистские эффекты достаточно значительны и обязательно учитываются. Такие характеристики, как длина, время или масса, определяются исключительно относительно выбранной системы отсчета⁴. Можно даже рассматривать их как двухместные отношения, состоящие из самой характеристики (длина 10 м) и указания соответствующей системы отсчета. В данном случае мы утверждаем относительность не того, как мы «смотрим» на вещи, а того, каковы вещи в действительности. Вещи имеют длину или данные события являются *одновременными* только по отношению к данной системе отсчета⁵.

Вернемся к Бору и к тому, что физика касается вопроса, «что мы можем сказать о природе?». В рамках СТО мы скорее говорим о том, чего не можем сказать о природе: длина или одновременность не являются абсолютными свойствами, мы не можем сказать, что скорость света относительна. Мы не можем принять обратное, поскольку это приведет к несвязности нашей теории и нарушению ее целостности. Мы не можем утверждать, что скорость света относительна, так как это не верно. Мы не просто что-то «можем сказать о природе», мы обязаны утверждать это.

Таким образом, интерпретация СТО основана на выделении относительных и абсолютных характеристик вещей. Отметим, что ряд свойств, например длина или интервал времени, используют представление о различных точках в пространстве и времени (длина – это расстояние между двумя точками в пространстве и т. д.). В связи с этим особого анализа требует вопрос об относительности свойств одной (выделенной) точки в пространстве-времени СТО. Обратимся к парадоксу близнецов, который, на наш взгляд, адекватно интерпретирует объективный характер понятия события в рамках СТО (мы предполагаем, что читатель может самостоятельно овладеть основами СТО) (см. дополнение А).

В момент встречи Ричард моложе чем Боб, и нам совершенно не важно, как происходит сравнение или какими они друг другу кажутся. Ричард объективно моложе. Причем мы можем переформулировать парадокс близнецов, например для радиоактивных образцов, два из которых закреплены на противоположных концах стола, а третий движется от одного (первого) к другому (второму). В системе отсчета, связанной со столом, закрепленные образцы имеют один «возраст» (количество распав-

шихся атомов одинаково), а третий (движущийся) образец в тот момент, когда достигнет второго, будет «моложе» (в нем количество нераспавшихся атомов будет больше). СТО объясняет это явление с позиции представления о различных системах отсчета: движущейся и неподвижной, а не с помощью апелляции к различным влияниям, которые оказывают на него наблюдатель.

Поскольку все измерения должны проводиться в одной системе отсчета, релятивистские эффекты, связывающие различные системы отсчета, должны оказывать влияние на наши измерения (наблюдения). Данный факт как нельзя лучше подходит для того, чтобы реконструировать искомую взаимосвязь между явлением и реальностью. Любой информационный сигнал распространяется со скоростью, меньшей либо равной скорости света, поэтому то, «что мы можем сказать о природе», с точки зрения СТО является лучшим свидетельством в пользу того, «какова природа на самом деле».

Перейдем к анализу ОТО. Что произойдет, если мы перейдем от обсуждения относительности таких свойств, как длина или одновременность, к таким свойствам, как кривизна или гравитационное красное смещение, являются ли эти свойства свойствами реальности как таковой или всего лишь отражают характеристики нашего взаимодействия с ней? Предваряя анализ такого свойства, как кривизна, мы задавались вопросом: является ли кривизна свойством реальности, которое мы измеряем, или скорее свойством самого процесса измерения? На наш взгляд, для того чтобы разобраться с этим, необходимо сначала обратиться к вопросу о причинах, побудивших Эйнштейна перейти от СТО к ОТО.

В общем случае можно сказать, что согласно СТО некоторые свойства вещей являются эффектами состояния движения инерциальных систем отсчета. Переход к ОТО сопровождается расширением нашего представления о системах отсчета, в которых сохраняются законы физики, мы переходим от анализа инерциальных систем отсчета к анализу неинерциальных (движущихся ускоренно) систем отсчета. Аналогично представлениям СТО эффекты ОТО также будут отражать объективный характер вещей, не зависящий от воли наблюдателя.

Мы говорим, что ОТО – это теория гравитации Эйнштейна, поскольку принцип эквивалентности действительно сводит объяснение ряда наблюдаемых эффектов к эффектам, вызванным наличием гравитационного поля. Данное обстоятельство является важным, так как обнаруживает асимметрию наших представлений о релятивистских эффектах ОТО, которой не было в рамках СТО. Теперь состояния, «близкие» и «далекие» от источника гравитационного поля, будут подвержены одному и тому же эффекту с разной «силой» (часы вблизи Солнца будут идти медленнее, чем в удалении от него). В любом случае следствия принципа эквива-

лентности относятся скорее к тому, «какова природа на самом деле», а не к тому, «как мы ее наблюдаем», говорим ли мы об искривлении света вблизи Солнца или о существовании черных дыр.

Таким образом, теория относительности (как специальная, так и общая) в целом не в состоянии служить обоснованием утверждения Бора относительно природы физики. Теория относительности ни в коей мере не допускает, что объективная независимая реальность, которую изучает физика, не существует, и вместе с тем убедительно показывает, что физическое описание необязательно включает субъективный фактор. Другим важным моментом является то, что теория относительности не «выставляет» каких-либо ограничений на исследование реальности «как того, что мы наблюдаем», она объясняет, какая часть явления связана с нашей субъективностью, и не препятствует изучению реальности «как она есть на самом деле».

Все это верно только в том случае, если мы игнорируем следующий вопрос: как мы можем убедить себя в том, что теория относительности истинна? Мы можем спросить себя: возможно, более широкий взгляд, вовлекающий в анализ не только содержание теории, но и ее обоснование, является достаточным основанием, чтобы выдвинуть утверждение относительно пределов физики, аналогичное утверждению Бора? Данный вопрос особенно важен для анализа ОТО, поскольку описание реальности в ее рамках является более фундаментальным, чем в рамках СТО. СТО характеризует свойства, которые можно непосредственно наблюдать и измерять, такие как длина автомобиля или время, за которое жук-короед съедает полтонны коры. В свою очередь, ОТО описывает свойства, которые мы не можем непосредственно наблюдать, например кривизну пространства-времени. Переход к более абстрактным сущностям или объектам накладывает существенные ограничения на эпистемологическую стратегию обоснования знания о них.

Почему теория истинна?

Обратимся к вопросу о достоверности взаимосвязи между свидетельствами в пользу теории и дескриптивной моделью реальности, которую она предлагает. Начнем наш анализ с СТО, поскольку он меньше всего сопряжен с очевидными эпистемологическими трудностями.

В контексте современной науки СТО, без всякого сомнения, является прекрасно подкрепленной теорией: проведено огромное количество экспериментов, которые так или иначе свидетельствуют в ее пользу. Примеры с ускорителем или электронным микроскопом, с долгоживущими элементарными частицами и пр. только одни из многих. СТО не только де-

дает успешные предсказания (предсказание ранее не наблюдавшихся или объяснение ранее не объясненных явлений, которые подтверждаются эмпирически), но и активно используется в приложениях, которые находят практическое применение (ускорители), и во взаимосвязи с другими физическими теориями (релятивистская квантовая механика). Можно утверждать, что СТО давно перешла грань анализа «интересных только ей» явлений и является неотъемлемой частью современного описания природы.

В любом случае, если мы согласны с тем, что научная теория обосновывается эмпирическими данными, то СТО обоснована. Данное обстоятельство, конечно, не может играть особой роли в аргументации против позиции антиреалистов, таких как Б. ван Фраассен [Fraassen van, 1980], согласных с тем, что теория подтверждается эмпирическими данными. Однако основной вопрос, который рассматривается здесь, – это не вопрос об обосновании теорий, а вопрос о том, что физика (теория относительности) сама по себе может утверждать относительно нашей способности знать что-то о природе. Антиреализм утверждает, что в общем случае не существует достоверного вывода от явления к реальности, скрывающейся за ним: нет убедительных причин перейти от заключения, что вещи именно таковы в соответствии с тем, что данная теория истинна, к заключению, что теория действительно истинна; нет достоверности в полном обосновании теории, – убеждение, что теория является истинной, может обернуться лишь слепой верой в это.

На наш взгляд, все-таки имеется одна возможность, говоря об истинности теории, избежать, с одной стороны, абсолютной достоверности, а с другой – слепой веры. Скорее нужно говорить о степени обоснованности истины в том же смысле, в каком мы говорим, что более уверены в том, что завтра Солнце снова взойдет на востоке, чем в том, что в ядре Солнца водород вступает в реакцию нуклеосинтеза и образует гелий. Ни одно из приведенных убеждений не является в полном смысле слова достоверным, и ни одно из них не является слепой верой: различие между ними в степени обоснованности. В данном случае нас интересует исключительно степень обоснованности теории относительности и других научных теорий, а не всей системы обыденных убеждений, которые мы легко можем дифференцировать от слепой веры.

Можно указать одно противоречие, в принципе преодолимое, которое угрожает скептической позиции в отношении степени обоснованности научных теорий. *Если существует некоторое эпистемическое препятствие, такое что, например, мы не можем достоверно узнать природу реальности в том виде, как ее описывает СТО, то оно не дает нам знать, что реальность на самом деле не такая, как ее описывает СТО.* Требование, что СТО не относится к реальности «как таковой», исключает

ет основные скептические доводы, которые оно должно было бы поддерживать. Таким образом, действительно прочная скептическая позиция – это, по-видимому, только агностицизм. Если действительно существует предел нашему знанию и то, «какова реальность в действительности», находится за ним, то у нас нет оснований утверждать, что теория относительности описывает ту реальность, «которую мы наблюдаем», так же как и нет оснований утверждать обратное. Напомним, что СТО заставляет нас делать определенные предположения в отношении реальности. Почему мы должны считать скорость света абсолютной величиной? По-видимому, потому, что она действительно абсолютна и инвариантна. Данное утверждение и есть искомая связь между явлением и реальностью, искомая степень обоснованности теории.

ОТО находится в значительно менее выгодном положении. В настоящий момент ее нельзя назвать в достаточной степени подтвержденной теорией. Конечно, экспериментов, свидетельствующих против принятия ОТО, пока нет, но в то же время мы не можем привести достаточное количество экспериментальных данных, которые интерпретируются «в пользу» ОТО. Тот факт, что пространство-время «предстает перед нами» в рамках ОТО искривленным, еще не означает с неизбежностью, что пространство-время в действительности искривлено. На наш взгляд, необходимо проводить различие между утверждением, что измерение, например, траектории луча света неевклидово, и утверждением, что пространство-время само по себе неевклидово. ОТО делает крайне метафизическое предположение, переходя от описания траектории луча света к описанию природы пространства-времени⁶. Решая, насколько обоснован этот шаг, мы должны учитывать, что для данного эмпирического свидетельства возможны различные альтернативные теоретические описания. Физика дает нам шанс выбрать правильное описание природы и тем самым демонстрирует одну из фундаментальных проблем эпистемологии науки – проблему недоопределенности теории данными.

Один из наиболее ярких примеров недоопределенности теории связан с анализом проблемы определения (измерения) неевклидовости физической геометрии. В свое время эта проблема стала основанием для постулирования конвенционального характера физической геометрии. На наш взгляд, конвенциональность в данном случае еще не означает безоговорочную «победу» антиреализма. Ниже мы приведем ряд замечаний, подтверждающих нашу интерпретацию реалистского по духу понимания конвенциональности.

Проблема недоопределенности: измерение неевклидовости или неевклидовость измерения

Наши рассуждения относительно кривизны и геометрии пространства-времени обычно начинаются с обсуждения измерения пространственных длин и временных интервалов. Например, измерив диаметр и длину окружности и убедившись, что их отношение не равно π , мы заключаем, что пространство не является плоским, т. е. является неевклидовым. К аналогичному выводу мы придем, если, измерив сумму углов треугольника, получим значение, не равное 180° . Однако сам процесс измерения можно интерпретировать по-разному.

Возможно, измерительные инструменты не являются плоскими, другими словами, само пространство является плоским и евклидовым, но в силу действия какой-то нерегистрируемой силы измерительные приборы (линейка) растягиваются или сжимаются в зависимости от их местоположения. Естественно, в этом случае длина окружности не будет равна произведению диаметра и π . Такое объяснение неевклидовости измерения избавляет нас от необходимости обращаться к «противоестественной» идее о ненаблюдаемом искривленном неевклидовом пространстве. Однако само это объяснение опирается на предположение о существовании новой нерегистрируемой силы, т. е. фактически *ad-hoc*, которая способствует разрешению этой ситуации (объяснению неевклидовости измерения). Если предположить существование такой силы, то мы обращаемся к понятию вездесущей и универсальной силы, которая идентичным образом изменяет любые измерительные приборы в любых ситуациях и которая к тому же является нерегистрируемой.

В самой идее выдвижения *ad-hoc* нет ничего плохого. Ряд современных фундаментальных представлений в свое время были введены как *ad-hoc* и лишь впоследствии получили признание вследствие успешности использующих эти предположения теорий, например, предположение об инерции Галилея. Идея, что тело продолжит движение по инерции, даже когда на него перестанет действовать внешняя сила, была настоящей *ad-hoc*, которая была высказана для того, чтобы объяснить факты, не укладывающиеся в представление о вращении Земли.

В любом случае *ad-hoc* требует внимательного рассмотрения. Перед нами стоит выбор: либо универсальная сила, которая воздействует на измерительные устройства, либо искривленное пространство, в котором измерительные устройства сохраняют свои размеры. Простой пример с измерениями на двумерной поверхности поможет нам прояснить ситуацию и провести различия между этими двумя моделями пространства-времени. Важно то, что обе модели соответствуют одним и тем же эмпи-

рическим данным, они расходятся в интерпретации этих данных. Другими словами, модели совпадают в отношении того, что может быть наблюдаемо, и расходятся в отношении того, что не может быть наблюдаемо. Очень важно определить не то, что мы измеряем, а то, как мы измеряем, данное обстоятельство будет как нельзя лучше соответствовать требованию соответствия одним эмпирическим данным.

Нарисуем большой круг с помощью нити, закрепленной одним концом в центре круга, и карандаша, закрепленного на другом ее конце. Теперь измерим длину окружности c и диаметр d с помощью линейки. Предположим, у нас получилось отношение $c < \pi d$, в силу чего мы заключаем, что измерение неевклидово. Каждая из наших моделей объясняет это по-своему. В рамках ОТО мы заключаем, что измерения неевклидовы, так как проводились на искривленной неевклидовой поверхности. Однако альтернативная теория укажет, что измерения проводились на евклидовой поверхности, на которой измерительные инструменты подвергались деформации со стороны нерегистрируемой силы. Предположим, говорят сторонники альтернативной теории, круг был нарисован на большой «нагретой» поверхности, которая была «холодной» в центре и становилась «теплее» ближе к краям круга. Измерительная линейка будет увеличиваться в размерах, и данное обстоятельство может дать именно наблюдаемый результат. Измерение показывает, что круг расположен на плоской поверхности, но некоторые факторы воздействуют на линейку таким образом, что она становится длиннее по мере удаления от центра круга. Конечно, идея «нагретой» поверхности – это наша фантазия, однако она дает хорошее представление о том, как могла бы действовать новая нерегистрируемая сила, изменяющая измерительные инструменты.

Итак, какой является поверхность: плоской или искривленной? Наблюдения и измерения не могут ответить на этот вопрос, они являются «нейтральными» по отношению к геометрии поверхности. Если мы первоначально предположим, что никакой универсальной силы, воздействующей на измерительные приборы, нет, то наблюдения покажут нам, что поверхность искривлена, но если мы изначально предположим, что поверхность евклидова, то эти же наблюдения покажут нам, что измерительная линейка изменяет свою длину под влиянием некоей силы. Описание геометрии поверхности зависит от выбора изначального предположения. И именно в этом смысле говорят, что геометрия есть предмет конвенции.

Аналогичные рассуждения можно привести и для трех- и четырехмерного пространства. Без изначальных предположений об измерительных приборах невозможно перейти от данных измерений к заключению относительно геометрии пространства. Будем ли мы считать его плоским или

искривленным, в конечном счете зависит от конвенции, которую мы приняли изначально относительно измерительных приборов. Подобный пример конвенциональности можно встретить и в рамках СТО.

Абсолютность и конвенциональность скорости света

В рамках СТО можно обнаружить аналогичный тип конвенционального соглашения. В рамках ОТО геометрия пространства зависит от выбора конвенции относительно измерения. Сама природа не дает нам возможности выбрать одну из моделей интерпретации измерений и соответственно не позволяет выбрать геометрию. В рамках СТО в пределах одной системы отсчета одновременность двух различных (удаленных) событий зависит от соглашения о скорости света «в одну сторону». Ограничив анализ одной системой отсчета, мы можем рассмотреть одновременные события, например две вспышки света. В любом случае ответ на вопрос о том, были ли события одновременными, будет зависеть от регистрации этих вспышек в середине пространственного интервала, их разделяющего. Говоря об относительности событий в разных инерциальных системах отсчета, мы всегда предполагаем, что свет в различных направлениях движется с одинаковой скоростью, однако это всего лишь наше соглашение. Скорость света является абсолютной, т. е. одинаковой во всех инерциальных системах отсчета, она не зависит от движения источника света, ни один сигнал не может распространяться быстрее ее и т. д. Однако нет никакого концептуального требования, чтобы в данной системе отсчета она была одинаковой во всех направлениях. Все возможные измерения скорости света – это измерения «туда и обратно», те измерения, которые говорят нам о скорости света «в одну сторону», используют часы, которые уже синхронизованы в терминах одновременности событий, и используют представление о той однонаправленной скорости, которую намереваются измерить. Прямых измерений скорости света «в одну сторону» нет. Нет экспериментальных данных, которые могли бы подтвердить, что скорость света «в одну сторону» отличается от известного значения c . Мы не можем определить скорость света «в одну сторону» в рамках СТО, это предмет конвенции, аналогичный соглашению относительно природы измерительных средств в рамках ОТО.

Данный пример убедительно показывает, что наличие конвенционального элемента в теории не мешает этой теории адекватно отображать реальность. В данном случае конвенциональность – это не синоним субъективности. Приведенные выше рассуждения не затрагивают трактовок релятивистских эффектов, таких как сокращение длины или интервала времени, – это эффекты, возникающие вследствие наличия двух систем от-

счета: движущейся и неподвижной. Является ли понятие одновременности относительным? Да, и в этом нет конвенциональности, договоренности или субъективности, – это результат СТО. Являются ли два события одновременными внутри одной системы отсчета? Ответ на этот вопрос зависит от нашего соглашения относительно скорости света «в одну сторону». Данное обстоятельство не означает, что мы не можем чего-то узнать о природе, скорее оно означает, что данное свойство (одновременность внутри одной системы отсчета) является недетерминированным. Это не свойство реальности, но если мы хотим говорить о реальности, то мы обязаны выбрать соглашение, и какой бы выбор мы ни сделали, мы придем к тому же описанию природы.

Приведем еще один пример – вопрос о конвенциональности выбора топологии реального пространства и времени.

Топология как предмет конвенции

Рассуждения, аналогичные приведенным выше, справедливы и для ОТО: один из аспектов теории указывает на то, что другой аспект не определен и является предметом конвенции. Выясним, в чем состоит различие геометрии и топологии. Рассмотрим поверхность (как двумерную, так и многомерную). Она может быть плоской или искривленной, бесконечной или ограниченной, может иметь конкретное число измерений (два для плоскости и четыре для пространства-времени Минковского), быть гладкой и непрерывной или дискретной и т. д. Некоторые из этих свойств требуют измерения интервалов длины, а некоторые не требуют. Например, число размерностей пространства не зависит от интервала длины между двумя точками, такими же являются свойства дискретности и непрерывности, а также ограниченности или неограниченности, – это топологические свойства. Те свойства, которые требуют измерения интервала длины, являются геометрическими.

Как показано выше, кривизна связана с определением длины, например длины окружности и диаметра, – это геометрическое свойство, такое же, как, например, свойство конечности и бесконечности. Различия между геометрическими и топологическими свойствами удобно представить, обратившись к аналогии пространства с мягкой растяжимой поверхностью. Свойства, которые изменяются при деформации поверхности, являются геометрическими. Свойства, которые могут измениться только вследствие разрезания или склеивания различных частей поверхности, являются топологическими. Если положить на поверхность тяжелый шар, то кривизна будет означать изменение геометрии, но топология останется неизменной; свернув поверхность так, чтобы ее противоположные концы

соприкасались, мы изменим топологию, превратим ограниченную поверхность в неограниченную.

Некоторые топологические свойства являются предметом соглашения, в том смысле, что предлагают альтернативные эмпирически эквивалентные интерпретации. Рассмотрим топологическое различие между цилиндром и открытой плоской поверхностью. Муравей, путешествующий по цилиндру в направлении, перпендикулярном оси, будет возвращаться в одно и то же место. Является ли фиксация того, что муравей постоянно будет возвращаться в одно и то же место, свидетельством в пользу топологической закрытости пространства? Нет, поскольку данный факт может наблюдаться и на плоской поверхности, если предположить наличие мест, полностью повторяющих (копирующих) друг друга. То, что кажется возвращением в одно и то же место, может оказаться посещением другого, но полностью идентичного места. В силу того что эмпирические данные будут идентичны для обеих топологических моделей, мы можем заключить, что свойство открытости или закрытости пространства является недоопределенным эмпирическими данными.

В случае топологической конвенциональности мы практически всегда избегаем двусмысленности, нет эмпирических данных, которые способны заставить нас выбрать между цилиндрической и плоской поверхностями. Конвенциональность топологии – это абстрактное понятие, касающееся того, что мы можем сказать, а также возможного выбора, который мы сможем сделать, если появятся необходимые эмпирические данные. Более того, достаточно большое количество топологических свойств не являются конвенциональными и не являются недоопределенными эмпирическими данными. Например, свойство непрерывности (или дискретности) пространства не является конвенциональным, но оно является основанием, в свою очередь отвечающим за конвенциональность геометрии.

Четырехмерное пространство-время событий Минковского непрерывно, между любыми двумя точками континуума найдется бесконечное число других точек, с каждой из которых можно связать отдельное событие. Пространственно-временной интервал не может быть измерен как конечная сумма расстояний между точками, его составляющими, поскольку он содержит бесконечное число точек независимо от своей величины. Пространство-время само по себе, в силу своей непрерывности, не может предложить никакого «внутреннего» способа измерения длины, и именно поэтому нет никакой «внутренней» геометрии пространства-времени. Следует отметить, что это справедливо для теории относительности, однако и вся наука считает так же; если мы и говорим о дискретном элементе, то речь идет о пространственных масштабах, которые не поддаются описанию теорией относительности. Если бы пространство было дискретным, то интервал был бы простой суммой составляющих его

частей. В данном случае нет необходимости устанавливать какие-либо конвенции относительно измерения, так как пространство-время само бы предложило нам способ измерения расстояний. Однако пространство-время, по крайней мере на макромасштабах, является непрерывным, а не дискретным.

Итак, что же конвенциональность, присутствующая в рамках теории относительности, будет означать по отношению к нашей способности познавать реальность «как таковую» или только то, «как она открывается нам»? Конвенциональность возникает непосредственно внутри теории и затрагивает соответствующие вопросы эпистемологического характера, в частности, относительно принятия или интерпретации теории. Означает ли неизбежный произвол в выборе таких важных составляющих теории, как скорость света «в одну сторону» или природа измерительных средств, то, что в теорию закрадывается субъективность в отношении окончательного описания реальности? Нет, по крайней мере, в том смысле, что наше описание – это не описание природы «как она открывается нам».

Предварительные замечания

Примеров конвенциональных соглашений, конечно, очень много, мы выделили лишь наиболее важные, на наш взгляд, в контексте основной тематики пособия. Уместно также привести аналогию с использованием языка: конвенциональность выбора языка общения не мешает возможности описания природы. Язык – это описательный инструмент, и мы свободны выбирать, каким из множества доступных языков воспользоваться. Мы можем сделать выбор на основании того, какой язык более практичный и больше подходит для анализа ситуации, либо мы можем поддаться своим капризам. Этот выбор в чем-то аналогичен конвенциональности геометрии. Конвенциональность в любом случае показывает, какой аспект удовлетворителен в отношении требования, что наше описание природы всегда является субъективным. От нас полностью зависит, считать, что вода замерзает при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $32\text{ }^{\circ}\text{F}$, и, конечно, однажды выбрав ту или иную температурную шкалу либо тот или другой язык, мы больше не можем выбирать, *что* говорить на этом языке, мы не можем сказать, что вода замерзает при температуре $1000\text{ }^{\circ}\text{F}$ или $0\text{ }^{\circ}\text{F}$. Поскольку изначальный выбор языка уже сделан, именно природа диктует, что является истинным, а что – ложным. Нам остается лишь выбирать, *как* сказать что-то, мы не можем выбрать, *что* сказать.

Аналогично от нас зависит, назовем ли мы пространство плоским или искривленным. Свобода выбора состоит в природе измерения, и, однажды выбрав тот или иной измерительный язык, мы вынуждены описывать

природу данным способом. Если мы считаем, что существуют жесткие измерительные инструменты и что свет распространяется по геодезическим, то мы обязаны считать пространство-время искривленным. Однажды приняв язык неизменных измерительных устройств, мы говорим, что описание природы будет диктоваться самой природой. Это наглядно показывает, что имеются очевидные пределы влияния человека на описание природы. Мы не можем говорить все, что мы хотим, поскольку описание обязано быть согласованным и непротиворечивым, по крайней мере, «перед лицом» природы. Существует два вклада (два аспекта) в описание: наш собственный и природный, и мы можем четко отличать один от другого. Именно физика пространства-времени дает нам пример того, как вклад человека может являться элементом выбора, не нарушая объективности знания. Сами физики, обращаясь к человеку, способны разграничить те аспекты нашего описания, которые зависят от нас, и те, которые зависят от того, «какова природа на самом деле».

Таким образом, подводя итог нашему краткому экскурсу в проблему относительности и реализма, можно подчеркнуть, что теории относительности «есть что сказать» о пределах объективности знания, а эпистемологии «есть что сказать» об эпистемических аспектах содержания теории относительности. Теория относительности не подкрепляет утверждение Бора о том, что физика в общем не описывает и не может описать природу такой, «какая она есть на самом деле». Релятивистская модель мира не предполагает, что наше знание о мире ограничено тем, «как он нам открывается (как он нам дан в ощущениях)». В то же время теория относительности является примером возможности объективного знания. СТО демонстрирует необходимость привязки наблюдателя к одной (собственной) системе отсчета и одновременно свободу выбора систем отсчета. Кроме того, СТО показывает, что эффекты в одной системе отсчета полностью определяются измерениями, но, однажды выбрав систему отсчета, мы полностью определяем все свойства; объективные характеристики и характеристики измеряемые устанавливаются «природой вещей». Таким образом, СТО удается продемонстрировать и субъективный, и природный аспекты в описании природы. Из анализа ОТО следует тот же результат: сама ОТО служит для того, чтобы указывать на элемент конвенциональности таким образом, что мы уже знаем, какая часть описания относится к реальности.

Итак, закончив таким образом краткий анализ основных проблем, связанных с трудностями реалистской интерпретации СТО и ОТО, мы можем перейти к заключительному параграфу данной собственно философской главы нашего пособия, где вновь подчеркнем основные, на наш взгляд, определяющие моменты проблемы соотношения концептуальной модели и реальности.

§ 2.4. Реализм и антиреализм

Но что хорошего может быть в эмпирических данных, если вера, для которой у нас уже есть адекватные данные, в то же самое время, может оказаться ложной? Существует ли что-нибудь, что способно «закрепить» взаимосвязь между истиной и данными? Подобные вопросы заставляют философа конструировать «теорию реальности».

Родерик Чизхолм

В данной главе мы рассматривали точку зрения Бора, которую вынесли в эпиграф пособия как антиреалистскую. Напомним, что эта фраза, вынесенная в эпиграф, имеет два аспекта: один – относительно реальности «как таковой», другой – относительно нашего представления о природе знания о реальности. Мы не можем знать, какова природа «на самом деле», мы можем знать только то, «как она открывается нам».

В противоположность Бору мы рассматривали точку зрения Эйнштейна как реалистскую по духу. Она также имеет два аспекта: во-первых, объективная реальность существует, во-вторых, мы можем обладать объективным знанием о ней. Мы можем выйти за «непосредственную данность» явления и познать объективную реальность.

Основная цель нашего анализа заключается не в противопоставлении точек зрения Бора и Эйнштейна, а скорее в анализе вопроса о том, способна ли современная физика поддержать антиреализм Бора или реализм Эйнштейна. Есть ли что-то в современных фундаментальных теориях о структуре пространства, что «указывает» (или «не указывает») на существование объективной реальности, не зависящей от наших наблюдений, или что-нибудь, что «указывает» на то, что мы можем (или не можем) познать ее? Конечно, в некотором смысле физика является «философски нейтральной», и в общем случае тема реализма не очень важна для самой физики, это исключительно философские вопросы. Однако проблема реализма – это не проблема вкуса или нашего желания, поэтому мы вправе рассчитывать, что содержание физических теорий, в частности обсуждение проблемы истинности физического знания, прольет определенный свет на них.

Антиреализм утверждает, что наблюдение как основа научного знания является теоретически нагруженным, т. е. из него в принципе невозможно исключить некоторый элемент субъективности. Мы изменяем саму физическую реальность, когда пытаемся с ней взаимодействовать, чтобы изучить ее, а также теоретически нагружаем каждый акт наблюдения, интерпретируя его с позиции базового, принятого нами ранее знания. Реализм постулирует принципиальную возможность знания об объективной реальности. Необходимо признать, что иногда этот оптимизм обманчив, «колосс реализма может покоиться на глиняных ногах» различных, достаточно спорных аргументов в его пользу (см. § 2.1). Реализм может выступать «красивым повествованием», «философской легендой», которая логически объединяет науку и метафизику в рамках единого онтологического основания. Естественно, истина лежит где-то посередине, мы можем знать нечто относительно реальности, возможно, далеко не все. Большая часть результатов, полученных при анализе СТО и ОТО, свидетельствует в пользу реализма.

Два вопроса: метафизика и эпистемология

Задача науки – анализ природы, описание и объяснение процессов, происходящих в ней. Однако наука, в первую очередь физика, – это скорее не инструмент для изучения природы, а прежде всего физический и теоретический аппарат, теории, снабженные необходимыми эмпирическими данными, задача которых – построить «максимально прозрачную» картину анализируемого явления. Если мы говорим о науке как об инструменте, производящем знание о мире, то эпистемология науки будет заниматься изучением вопросов о том, *как* он функционирует. Основной эпистемологический вопрос: почему мы считаем, что полученная в результате исследования картина явления является знанием об объекте исследования «как таковом»? Вопрос относительно самого объекта исследования, его существования, является метафизическим.

Разделение метафизических и эпистемологических вопросов аналогично разделению двух аспектов точки зрения Бора, который является антиреалистом и в отношении метафизики, и в отношении эпистемологии. Как сказано выше, антиреализм в отношении эпистемологических вопросов может приводить к агностицизму (см. § 2.2). Мы хотим описать реальность и проверить свои построения, однако в данном случае у нас нет основания для сравнения того и другого. В любом случае наши представления не являются «прозрачными», они, например, всегда неразрывно связаны с нашей субъективностью и опираются на опыт предыдущего знания, – так утверждает антиреализм, а вслед за ним и Бор. Метафизиче-

ский антиреализм более бесхитроу: объективной реальности нет, нам дана только феноменологическая действительность, как только мы изменили теорию – мир поменялся.

Говоря о противостоянии реализма и антиреализма, прежде чем переходить к анализу научного знания, полезно акцентировать внимание на логической взаимосвязи метафизического и эпистемологического реализма. Например, эпистемологический антиреализм (мы не можем знать, какова природа «на самом деле») не влечет за собой с необходимостью метафизический антиреализм (нет объективной реальности). Вполне возможна следующая комбинация: объективная реальность существует, но мы ничего сказать о ней не можем, также возможны различные варианты других агностических точек зрения. В то же время эпистемологический антиреализм «препятствует» выдвижению следующего тезиса метафизического антиреализма: если мы *ничего* не можем сказать по поводу вещей, то мы ничего не можем сказать и по поводу их существования. Метафизический антиреализм, если мы к этому готовы, должен предполагать некоторую степень эпистемологического реализма.

Наша цель – используя результаты научных исследований, прийти к некоторым философским обобщениям. Философия непосредственно связана с обсуждением фундаментальных проблем физики (см. § 2.1, 2.2). Наша задача заключается не в том, чтобы, например, обосновать теорию относительности, а в том, чтобы, опираясь на нее, приблизиться к пониманию противостояния реализма и антиреализма. Вопрос состоит в следующем: если мы полностью доверяем современной физике, то что мы можем сказать о возможности иметь знание о вещах «как они есть» или об их независимом от нас существовании?

Метафизика

Мы уверены, что в интерпретации результатов СТО и ОТО нет ничего, что могло бы выступать в качестве обоснования метафизического антиреализма. На наш взгляд, любая попытка связать их опирается на одну из двух достаточно распространенных ошибок. Первая ошибка – вывод из фактов относительно характеристик отдельной вещи (например, сокращение длины линейки в движущейся системе отсчета при наблюдении из неподвижной) заключения относительно всех характеристик всех остальных вещей (все в мире относительно). Вторая ошибка – вывод из факта, что предмет исследования ведет себя «странно» по отношению к принятым представлениям (например, пространство искривляется и является неевклидовым), заключения, что этот предмет вообще не существует, а является лишь теоретической конструкцией.

Рассмотрим внимательно первую ошибку. Эта ошибка возможна при «неправильной» интерпретации выводов СТО. Некоторые свойства, такие как длина, временной интервал и одновременность, действительно являются относительными по отношению к выбранной инерциальной системе отсчета, но при этом скорость света и пространственно-временной интервал не являются относительными. Конечно, мы можем указать на то, что именно здесь могут скрываться основания представлений, релевантных метафизическому антиреализму: отдельные аспекты природы определяются только по отношению к данной системе отсчета или по отношению к самому акту наблюдения. С этим трудно не согласиться, однако речь здесь идет об отдельных характеристиках, а не о всем мире или о реальности в целом. Вторая ошибка аналогична утверждению, которое ранее (а возможно, и сейчас) можно было встретить у «радикально настроенных» антропологов: наблюдая чужую культуру, мы вправе отказать ей в наличии морали, поскольку представления ее носителей не схожи с нашими.

Говоря об интерпретации теории относительности, нужно учитывать, что классические представления, например о длине, интервалах времени и одновременности, будут расширены, например, эти свойства можно будет рассматривать лишь как двухместные отношения (величина и система отсчета). Те характеристики, которые мы обычно рассматриваем как существенные характеристики окружающего мира, могут оказаться не тем, что ожидалось. (Почему мы решили, что обычно имеем дело с абсолютными характеристиками?) На наш взгляд, единственной философской онтологической концепцией, с которой согласовано подобное представление об относительности «абсолютных характеристик» (например, длина тела), является метафизический реализм. Только в этом случае мы можем не отказываться от абсолютности характеристик и одновременно быть уверенными в том, что мир, который нас окружает, действительно есть нечто большее, чем просто набор феноменальных данных органов чувств. Возможно, эта аргументация покажется кому-то излишне перегруженной психологизмом; для того чтобы придать ей больше строгости (насколько это возможно), вернемся к проблемам эпистемологического реализма. Поскольку объектом нашего исследования является представление о пределах объективного знания, предоставим эпистемологии «поставить точку».

Эпистемология

Тот факт, что мы можем каким-то образом обосновать метафизический реализм (или антиреализм), является демонстрацией определенной степени нашего доверия эпистемологическому реализму. Знание относительно

таких характеристик, как длина, интервал времени или одновременность, не является всего лишь неосмысленной спекуляцией хотя бы в силу того, что СТО нашла практическое применение в производстве и технологии. Это не предмет наших предпочтений, это результат развития физики как науки. Это именно тот случай, когда мы можем с уверенностью сказать, что физика является источником основания для вынесения метафизических утверждений относительно реальности «как она есть на самом деле».

Физика и наука в целом не могут рассказать нам «обо всем», в первую очередь в силу того, что наука является понятийной формой освоения мира, а понятия, которыми оперирует физика, иногда чрезвычайно абстрактны (струна, кривизна пространства), но всегда ограничены соответствующей интерпретацией. Вопрос состоит в том, способны ли мы познать мир за пределами содержания наших непосредственных наблюдений. Пример СТО и ОТО, сложный, нагруженный характер наблюдений показывают, что, по-видимому, мы не можем знать все, однако мы можем указать достаточно объективные характеристики окружающего нас мира.

Объективность скорости света или величины пространственно-временного интервала является аргументом в пользу реализма, указывая на то, что мы можем вполне обоснованно утверждать нечто о мире, даже если мы не в состоянии наблюдать это непосредственно. Мы можем обладать знанием относительно того, что скрывается за данностью явлений, принимая данные наблюдений как свидетельства в пользу объективного знания. Результат вряд ли можно будет считать доказанным, скорее подкрепленным имеющимися свидетельствами, однако это будет результат, говорящий нечто об объективной реальности.

Отметим, что само понятие объективности знания скорее относится к понятию «знание», чем к таким понятиям, как «вещь» или «реальность», тем более если мы говорим об уже известных вещах. Объективность чего-то обнаруживает скорее эпистемологический аспект сущности вещи, а не онтологический. Другими словами, правильнее указывать на объективность системы знания в области астрономии или физики высоких энергий, чем на объективность черных дыр или кварков. Статус объективности, в том случае если мы говорим об объектах (в онтологическом смысле), будет указывать только на их существование. Это лишь обозначение, которое присваивается после того, «как основная часть работы уже проделана», поскольку суть такого представления об объективности основана на релевантном утверждении существования, которое само по себе обосновано обращением к объективности знания о вещи. Поэтому утверждения относительно объективности электронов, струн или кварков как «составляющих» объективной реальности не являются частью нашего

понимания отношений между нами как познающим субъектом и миром, относительно которого это понимание выстраивается.

Эпистемологическая концепция объективности более удобна, обладает рядом преимуществ. Установление объективности в этом смысле не требует сравнения утверждения относительно объекта с объектом как таковым, «не замутненным» воздействием познающего субъекта. Другими словами, от нас не потребуются сравнивать, как удачно отметил Томас Нагель, «взгляд отсюда со взглядом из ниоткуда» [Nagel, 1986]. Естественно, у нас нет доступа ко «взгляду из ниоткуда», адекватная концепция объективности должна поддаваться оценке на основе доступной информации, т. е. той, которая уже нагружена, «замутнена» познающим субъектом. Например, суждение относительно правильной калибровки микроскопа будет в достаточной степени обосновано только на основе определенного уровня понимания особенностей оптики как науки и устройства микроскопа, на основе понимания того, как она работает. Нам нет необходимости обращаться к тому, что будет анализировать этот микроскоп.

Достижение объективности – это в первую очередь понимание того, что нам дано, а не попытка избавиться от субъективности (это невозможно). Смысл не в том, чтобы отбросить влияние субъекта, а в том, чтобы понять, как влияние исследователя воздействует на объект исследования, как результат и будет получено знание (описание) о реальности как таковой. На наш взгляд, другое знание о реальности получить фактически невозможно.

СТО и ОТО наглядно демонстрируют возможность достижения такого типа объективности, указывают границы сферы нашего «влияния на реальность». Например, СТО обнаруживает границы сугубо физического влияния, в том смысле, что указывает на относительность данных характеристик по отношению к выбранной системе отсчета. Поскольку любые измерения производятся в рамках данной системы отсчета, то они относительны по отношению к нашему выбору этой системы отсчета. Перефразируя Нагеля, взгляд извне рамок системы отсчета недостижим, невозможен. Мы знаем, что такие характеристики, как длина, продолжительность интервала времени или одновременность событий, «различны» по отношению к разным системам отсчета, и дело не в том, что мы влияем, например, в процессе измерения на их величины. СТО предлагает нам детальную картину того, как взаимосвязаны различные системы отсчета, в чем проявляется различие, что остается неизменным и как оно связано с тем, что изменяется, она предлагает понимание происходящего, она рассказывает, «как работает микроскоп».

Существует некоторое различие во взглядах Бора и Эйнштейна на объективность. Бор утверждает, что человеческое влияние присутствует во всем, что мы можем знать о природе, т. е. единственное, что мы можем

знать, – это тот мир, который является органическим сочетанием познающего и познаваемого, если, конечно, объективная реальность существует. Эйнштейн, напротив, утверждает, что мы в состоянии избавиться от ненужного влияния и рассматривать мир «чистым», свободным от вмешательства субъекта, т. е. мы можем знать, какова природа «на самом деле», а не только то, «как она открывается нам». На наш взгляд, можно говорить о некоторой промежуточной точке зрения, мы можем оценить и понять суть влияния исследователя на объект исследования, в то же время мы можем оценить вклад реальности «как она есть» в то, «как она открывается перед нами». Таким образом, мы можем знать то, «какова реальность на самом деле», но с некоторыми оговорками, связанными, в первую очередь, с современным уровнем интерпретации реальности, который и определяет степень нашего влияния на нее. Фактически *представление о реальности формируется хорошо проинтерпретированной научной теорией.*

Такое понимание объективности, на наш взгляд, есть нечто большее, чем интересубъективность. Мы не говорим, что научное знание или наука в целом имеет некоторую степень объективности, поскольку его (ее) утверждения являются (или, по крайней мере, выглядят) согласованными. Подобная согласованность слишком подвержена влиянию научных авторитетов, редакторов научных журналов, университетских профессоров и т. д., чтобы иметь решающее значение в оценке того, насколько то, о чем мы договорились, соответствует истине. В данном случае объективность основана на понимании нашего влияния, например, на наблюдении, а не на апелляции к интересубъективности.

Физика теории относительности позволяет нам достаточно легко выяснить аспекты физического содержания явлений, которые она описывает. Намного сложнее оценить теоретический или концептуальный аспект влияния. Обращаясь к современной физике в целом, мы осознаем, что у нас всегда есть выбор языка описания природы. Мы не отрицаем, что то, что мы говорим, влияет на наше описание природы. Например, мы сами выбираем объект и предмет исследования, мы сами выбираем то, что является подкреплением наших построений, что-то всегда остается упущенным, признается незначительным.

Выбранный язык, основные характеристики, на которые следует обращать внимание, накладывают существенный отпечаток на наше представление о природе. Однако выбор самого языка зависит от нас. Конечно, добавление или выбор новых терминов, например «зелубой» (сочетание голубого и зеленого цветов), способно сделать наше описание некоторых аспектов природы (цвет воды в море) проще, однако чего будет «стоять» подобная простота? Есть факт относительно цвета воды (предположим, мы заранее приняли тезис метафизического реализма), эписте-

мологический реализм утверждает, что мы можем что-то сказать относительно этого факта, более того, мы можем «знать» этот факт. Отметим, что данное «знание» о факте не зависит полностью от природы, мы можем сказать, что цвет воды принимает множество оттенков от голубого до зеленого в зависимости от времени суток, погоды, неурожая кофе в Бразилии и т. д. Однако как только мы выбрали язык описания, наше теоретическое или концептуальное влияние на наблюдение закончилось. Язык выбран, и уже факты, описанные в этом языке, являются основанием для построения знания о природе; если мы выберем другой язык, то значимыми будут другие факты. Это именно тот момент описания, о котором говорят, что он *не предлагает* нам описывать природу так-то и так-то, он *заставляет* нас делать это.

Теория относительности продемонстрировала оба возможных типа влияния на наблюдение. Мы конвенционально выбираем геометрию пространства-времени плоской или кривой, и в этом случае описание становится ограниченным самой природой. Выбрав геометрию, мы уже не можем независимо выбрать вид метрики. Влияние человека на процесс получения знания невозможно исключить, нам лишь остается надеяться, что само развитие знания подскажет нам, какие из выбранных характеристик являются объективными, а для этого мы, по крайней мере, должны быть заранее уверены в том, что объективная реальность существует, а объективное знание о ней возможно.

Существует много точек зрения, которые связывают постановку (или решение) эпистемологических вопросов с аргументацией в пользу тех или иных утверждений онтологического характера. Например, согласно Дж. Дж. Смарту реализм является следствием построения удовлетворительного объяснения явления [Smart, 1963]. То, что, например, фотоны существуют, является следствием того, что

...нам пришлось бы предположить, что наблюдаемое поведение явлений осуществилось благодаря совпадению бесконечного числа счастливых случайностей, в результате чего явления счастливым образом вели себя так, *как если бы* они были вызваны несуществующими сущностями, о которых идет речь в теории (цит. по [Хакинг, 1998. С. 67]).

На наш взгляд, подобная тактика выдвижения «эпистемологических утверждений с онтологическими требованиями» весьма спорна. Как отмечалось выше, вывод к лучшему объяснению подвергнут серьезной критике, против него было выдвинуто немало разумных аргументов. Дело в том, что даже если мы принимаем, что объяснение является основанием для формирования обоснованной веры, оно может вовсе не являться лучшим объяснением. В пользу этого свидетельствует, с одной стороны, идея

фаллибилизма научного знания: объяснение может исторически «изменяться», с другой – убеждение в том, что *реальность* чего бы то ни было не является составной частью объяснения. Говорить об объяснительной силе, например, гипотезы кварков – это еще не значит утверждать существование самих кварков. Спор между реалистом и антиреалистом идет о том, необходима ли для адекватности гипотезы кварков реальность самих кварков? Поскольку существование мы можем рассматривать просто как логический предикат, который не добавляет ничего нового к предмету (Кант), то «существование кварков» не будет способствовать большему пониманию и никоим образом не усилит объяснение.

Тем не менее представляется, что можно попытаться «перекинуть мостик» между эпистемологией и онтологией следующим образом. В книге «Теория знания» Родерик Чизхолм приходит к необходимости «теории реальности» в силу того, что анализ «третьего условия» в противном случае «заходит в тупик» [Chisholm, 1966]. Это один из вариантов. Отвечая на вопрос, что есть истина, мы можем следовать Аристотелю, полагая, что истина заключается не в нашей уверенности в том, что наше знание истинно, а наоборот, в том, что реальность такова, что мы, утверждающие что-то, говорим правду [Аристотель, 1976. IX. X. 1051б].

В общем случае современная физика описывает мир в крайне абстрактных терминах, иногда противоречащих нашей интуиции и принятым представлениям (например, теоретическая уникальность теории струн), и можно предположить, что уровень абстрактности будет только возрастать. Однако, конечно, это не будет означать конец науки в привычном понимании этого слова, конец объективности опирающихся на эмпирическую проверку теорий, скорее это будет означать «конец того мира, который мы знали» [Хорган, 2001]. Хорган отчасти исповедует точку зрения, согласно которой знание может считаться обоснованным только тогда, когда «может быть полезным», когда находит применение на практике. Этой точке зрения близок реализм Хакинга [Хакинг, 1998].

В качестве замечания отметим следующее: те, кто апеллируют к практической применимости знания, забывают о том, что таким образом мы рискуем «потерять» понятие «прогресс». Выше приводились слова Патнэма о неспособности антиреализма «объяснить прогресс». Прогресс никогда не был связан с развитием лишь прикладной науки! Прогресс – это методологическое понятие, имеющее целью развитие и поиск новых методов получения знания. Представление о прогрессе как о практической реализации увеличивающегося объема научного знания – это старое бэконовское представление, о необходимости изменения которого говорит Хорган. Понятия «прогресс», «наука», «знание» находятся «в различных плоскостях», причем «прогресс» никогда не был связан с последними какой-либо жесткой однозначной связью. Представляется, что в настоя-

шее время «конец» науке не грозит, – мы наблюдаем лишь «замедление прогресса» в части практического знания, но не теоретического.

Итак, вооружившись достаточно четким представлением о том, каким должно быть наше отношение к проблеме объективности знания, ниже мы предлагаем рассмотреть один чрезвычайно интересный пример, который, на наш взгляд, способен наглядно продемонстрировать значимость приведенной выше аргументации. Прежде чем перейти к собственно философской аргументации, рассмотрим подробнее детали и предпосылки модели дискретно-непрерывной структуры пространства-времени, одной из наиболее многообещающих моделей концептуального пространства-времени для будущей расширенной специальной теории относительности [Корухов, Шарыпов, 2005; Amelino-Camelia, 2002б]. Выбор модели дискретно-непрерывной структуры пространства не случаен, в частности, нам бы хотелось обратить внимание читателя на понятие «релятивистского эфира», которое требует адекватной философско-методологической интерпретации в контексте гипотезы о существовании более фундаментальных уровней физической реальности, чем тот «единственно доступный нам» квантово-полевой уровень, который описывается в рамках ОТО и релятивистской квантовой механики (РКМ).

Глава 3

МОДЕЛЬ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

В нашей Вселенной все физические величины имеют свои планковские инвариантные значения, которые в физических теориях играют, в частности, ограничивающую роль, или, в более широком смысле, роль актуального нуля или актуальной бесконечности в соответствующих концептуальных теоретических моделях реальности.

Виктор Корухов

Необходимость введения в физику дискретных представлений была осознана давно, достаточно вспомнить кризис физики в конце XIX в. и научную революцию в начале XX в., которая завершилась полной «победой» квантовой механики (фактически тезиса о квантовании излучения) и СТО (фактически тезиса об абсолютном характере скорости света)¹. В настоящее время в контексте исследования микроструктуры пространства-времени предполагается, что существенный прорыв в понимании характеристик перцептуального пространства-времени будет связан с введением в концептуальную модель планковских величин, в частности планковской длины². Фактически планковской длине отводится роль фундаментальной длины в модели структуры пространства-времени будущей расширенной специальной теории относительности (РСТО). Представлению о фундаментальной длине, а также планковским величинам и их роли в построении РСТО посвящено достаточно много литературы. В данной главе объектом нашего исследования является модель дискретно-непрерывной структуры пространства, разрабатываемая в работах В. В. Корухова, О. В. Шарыпова и А. Л. Симанова и претендующая занять соответствующее место в концептуальной модели пространства РСТО. По мнению В. В. Корухова и О. В. Шарыпова, именно сейчас представление о фундаментальной длине и ее роли в будущей концепту-

альной модели структуры пространства обретает все более четкие очертания [Корухов, Шарыпов, 2005, 2006]. В § 3.2 мы кратко остановимся на основных особенностях понятия «фундаментальной длины».

Среди наиболее экзотических предсказаний дискретно-непрерывной модели – релятивистский эфир, основным кинематическим свойством которого является инвариантный покой относительно любого инерциального вещественно-полевого наблюдателя [Корухов, 2002]. Цель нашего анализа – раскрыть предпосылки и выявить следствия этого необычного следствия модели, вновь, казалось бы, возвращающего в физику «давно забытые мотивы». Однако, как мы покажем, представление о релятивистском эфире существенно отличается от представления об эфире конца XIX в. Предполагается что вещественно-полевой уровень реальности, получающий удовлетворительное описание в рамках ОТО и РКМ, ограничен более фундаментальным уровнем, представление о котором является следствием предположения, что континуум пространства-времени и вся физика «в малом» могут оказаться дискретными. Говоря о релятивистском эфире, мы можем говорить о том, что это «среда», которая, например, объясняет свойства пространства СТО (сами принципы, на которых строится СТО, обусловлены свойствами этой «среды»), «среда», в которой «разворачивается» все многообразие свойств нашей Вселенной (поэтому и используется понятие «эфир»). Единственным «указанием» на эту «среду» служат фундаментальные физические постоянные (ФФП).

§ 3.1. Теоретические предпосылки

Традиционно предполагается, что реализация методологических возможностей философии связана с возможностью философских гипотез в ходе развития научного знания эволюционировать в гипотезы, имеющие методологическое значение для развития научной теории. То обстоятельство, что некоторые принципы физической теории могут рассматриваться в качестве основы для формулирования философских методологических принципов, указывает возможные пути, посредством которых реализуется органическая взаимообуславливающая связь философии и физики. Отметим, что объяснение явлений, предсказанных и описанных физической теорией, проводится, как правило, в рамках существующей модели реальности, в рамках так называемой физической картины мира как «идеальной модели природы, включающей наиболее общие понятия, принципы и гипотезы физики и характеризующей определенный исторический этап ее развития»:

...объяснение явлений на основе картины мира отличается от объяснения на основе теории своей большей умозрительностью, качественным характером. Но такие объяснения бывают очень полезны и даже необходимы, так как они прокладывают путь для построения новых теорий, которые уже способны дать более строгое объяснение явлений [Мостепаненко, 1969. С. 71].

Таким образом, один из возможных способов развития наших знаний о природе – это поиск границ применимости принятых в настоящее время научных теорий. Найденные ограничения укажут нам путь к построению более фундаментального описания природы.

В рамках современной картины мира можно указать по крайней мере один из возможных источников этих поисков: в нашем мире присутствуют ФФП, которые в силу своей природы могут играть ограничивающую роль. Проведенный анализ, направленный на выяснение сущностных аспектов природы фундаментальных постоянных, а также анализ литературных данных позволил В. В. Корухову сформулировать следующее, прежде всего онтологически ориентированное определение:

...фундаментальные физические постоянные являются эмпирически зафиксированными проявлениями тех свойств структуры материальных объектов, которые в рамках сегодняшних физических знаний являются неизменными (абсолютными) по отношению ко всем процессам и явлениям, описываемым в рамках вещественно-полевой картины мира и инвариантными по отношению ко всем физическим преобразованиям [Корухов, 2002. С. 25].

В достигнутых на сегодняшний день энергетических пределах измерений в изучаемых процессах и явлениях возможные изменения ФФП остаются нефиксируемыми. Рассмотрение ФФП в качестве структурного элемента физической теории с необходимостью привносит в нее момент неизменности, выражающийся в наличии определенных законов сохранения и соответствующих закономерностей, указывает разрешенную область причинно-следственных отношений.

По мере развития основных физических теорий современной картины мира – квантовой физики и теории относительности – постепенно складывается убеждение в том, что планковские величины служат границей применимости эйнштейновской общей теории относительности:

Аргументы, с помощью которых обычно обосновывается такая роль планковских величин, весьма различны – от рассуждений в рамках эскизных вариантов будущей теории квантовой гравитации до простых размерностных соображений [Горелик, 1983. С. 334].

Рассмотрим некоторые моменты, связанные с областью применимости основных физических теорий – ОТО и РКМ. Известно, что в рамках конкретно-научной теории установить точные границы ее применимости не представляется возможным вплоть до создания новой, более общей теории, включающей предыдущую в качестве предельного случая согласно принципу соответствия. Тем не менее существуют методы, позволяющие производить определенные оценки пределов применимости теорий, опираясь на соображения философского метатеоретического характера (реализуя методологическую функцию философии в развитии физической теории). Как показывает история возникновения фундаментальных физических теорий, общезначимые принципы не выводятся из какой-либо конкретно-научной теории (например, принцип неопределенности Гейзенберга – из квантовой теории), а являются по отношению к ней внешней конструкцией, лежащей в основании их аксиоматического базиса. По этой причине все вновь создаваемые теоретические построения, от современной теории элементарных частиц, состоящей из теории электро-слабого взаимодействия и квантовой хромодинамики (стандартная модель), до гипотетических моделей супергравитации, обязаны подчиняться общезначимым принципам, таким как принцип причинности, принципы запрета и инвариантности и т. д.

Характерный пример ограничения на возможную область совместной применимости релятивистской квантовой теории и теории относительности следует из их известных принципов запрета, связанных с наличием в них ФФП. В квантовой механике минимальная область локализации элементарной частицы подчиняется принципу неопределенности Гейзенберга:

$$\Delta x \neq \hbar / (mc) .$$

При этом точность измерения пространственной характеристики частицы ограничена ее комптоновской длиной волны:

$$l > \hbar / (mc) . \tag{1}$$

Далее, согласно представлениям ОТО минимальная область пространственной локализации объекта массой M для удаленного неподвижного наблюдателя в наиболее простом случае определяется решением Шварцшильда. Получение информации для этого наблюдателя имеет пространственное ограничение, связанное с гравитационным радиусом:

$$L > r_g \simeq GM / c^2 . \tag{2}$$

Разрешенная для наблюдения область параметров реальных объектов, подчиняющихся неравенствам (1) и (2), представляет собой область допустимых значений параметров вещественно-полевых объектов, описываемых (пока по отдельности) РКМ и ОТО.

Точка пересечения граничных условий неравенств находится в области планковских значений. При $l = L$ и $m = M$ имеем

$$l \sim (\hbar G / c^3)^{1/2}, \quad m \sim (\hbar c / G)^{1/2},$$

где l, m – планковские значения длины и массы. В контексте анализа модели структуры пространства будущей РСТО было показано, что планковская длина обладает всеми необходимыми свойствами, которыми должна обладать величина, претендующая на роль фундаментальной минимальной длины [Шарыпов, 1998]. Нетрудно убедиться, что планковские значения длины и массы обладают одним уникальным свойством: они инвариантны относительно преобразований Лоренца (преобразования Лоренца и их роль в СТО обсуждаются в дополнении А). Как следствие планковские значения длины и массы независимы от выбора системы отсчета (так же как, например, скорость света c в СТО). Уже одно это свойство свидетельствует об их уникальности.

Зададимся вопросом, в чем, собственно, состоит ограничивающая роль фундаментальной длины? Р. А. Аронов пишет:

Минимальная длина l_0 ($l_0 = l_{pl}$) – это пространственная граница в микромире, отделяющая друг от друга качественно различные пространственно-временные области. А экстраполяция классических представлений о пространстве и времени на расстояния меньше l_0 неправомерна не потому, что там нет расстояний и промежутков времени, а потому, что за пределами этой границы пространство и время обладают качественно иными свойствами [Аронов, 1963. С. 172].

Таким образом, можно заключить, что и планковское значение длины и планковское значение массы должны выполнять роль не только минимальной структурной единицы со стороны макрообъектов, но и, например, максимального значения для спектра масс элементарных частиц, иначе говоря, представлять собой последний предел локализации вещественно-полевых объектов, описываемых в рамках РКМ и ОТО.

Многие годы в физике существует проблема, связанная с наличием в решениях уравнений онтологически бессмысленных нулевых и бесконечных значений физических величин. Решение этих проблем в настоящий

момент связывается с необходимостью более четкого понимания ограничивающей роли ФФП. Отмеченный выше анализ роли ФФП и некоторых их комбинаций в современных теоретико-методологических исследованиях позволил В. В. Корухову сделать предположение, вынесенное нами в эпиграф к данной главе, которое было названо *ħcG-принципом*. Существование ФФП обусловлено существованием материальной среды, представление о которой присутствует в теориях в виде соответствующих инвариантных фундаментальных постоянных или их комбинаций [Корухов, 1988. С. 73–74; 2002. С. 68]. Ограничивающая роль ФФП в данном случае указывает на предельное значение какой-либо физической величины. Понятие предельного значения интерпретируется либо как невозможность существования этой величины за ее предельным значением, либо как предел работы соответствующей теории. Данное предположение можно рассматривать как введение нового методологического принципа с онтологическим основанием, призванного, по нашему мнению, сыграть важную роль в устранении трудностей, связанных с решением проблем расходимостей и сингулярностей. Этот принцип имеет характер ограничивающего принципа, так как ограничивает значения физических величин как сверху, так и снизу. За счет наличия в *ħcG*-принципе всех основных ФФП он охватывает по степени общности максимально возможную на сегодняшний день пространственно-временную область явлений. Это позволяет предположить, что *ħcG*-принцип может оказывать существенное влияние на формирование основ новой постнеклассической физической картины мира.

Ниже мы остановимся на некоторых методологических проблемах, связанных с раскрытием роли ФФП в формировании основ некоторых физических теорий, а также обсудим возможность использования *ħcG*-принципа для получения новых конкретно-научных результатов.

§ 3.2. Фундаментальная длина

Надежду на выход из ситуации, когда в решениях присутствуют бесконечные значения физических величин, часто связывают с гипотезой о существовании в природе некоторой минимальной фундаментальной пространственной характеристики, играющей роль нижней границы применимости современных представлений о пространстве и времени, основанных на их континуальном характере. Предпринимаемые попытки ограничить решения минимальной длиной, ее физическая интерпретация и используемые математические методы в большинстве случаев опирались

на формализм отдельно взятой теории, что приводило к возникновению противоречий с другими теориями [Вяльцев, 1965].

В начале 30-х гг. XX в., вскоре после того, как в общих чертах были заложены основы релятивистской квантовой теории, выяснилось, что при расчете некоторых собственных значений физических величин элементарных частиц возникают принципиальные трудности. Хорошо известным примером может служить логически последовательное построение релятивистского обобщения квантовой механики, которое столкнулось с фундаментальными трудностями – расходимостью в значениях энергии и массы элементарных частиц. Появилась проблема расходимостей. Тогда же В. Гейзенберг указал на возможность выхода из создавшейся ситуации посредством введения новой фундаментальной постоянной с размерностью длины l_f [Гейзенберг, 1968]. Это позволило бы устранить все расходимости в теории и однозначно определить границы применимости собственно релятивистской квантовой теории. С того времени и по нынешний день ведутся экспериментальные поиски этой величины и постоянно предпринимаются попытки развития идеи фундаментальной длины на основе построения математических моделей дискретного пространственно-временного многообразия, в том числе заполненного субстратом с дискретными элементами.

Несмотря на большое количество предлагаемых решений в рамках релятивистской квантовой теории, основанной на континуальной эйнштейновской СТО, проблема расходимостей окончательного решения не получила [Вяльцев, 1965]. Также отсутствует приемлемая физическая интерпретация понятия «фундаментальная длина». Кроме того, существенно усложнился используемый математический аппарат. Все это в итоге привело к неоправданному усложнению и несоответствию предлагаемых моделей и физической реальности. Проблема может найти свое положительное решение при всестороннем теоретико-методологическом анализе понятия «фундаментальная длина» с привлечением всех основных физических теорий и философско-методологических разработок по этому вопросу [Шарыпов, 1998; Корухов, 2002].

Рассмотрим проблему возникновения бесконечных значений в рамках СТО. Действительно, в силу континуального характера математического аппарата в формализме СТО существует редко упоминаемая (по понятным причинам) проблема бесконечных значений физических величин, когда скорость объекта приближается к скорости света. Все инвариантные конечные параметры объекта, измеренные в собственной системе отсчета, при скорости движения, приближающейся к световой, с необходимостью стремятся относительно другого инерциального наблюдателя

либо к нулю, либо к бесконечности. Тем самым фиксируется проблема бесконечных значений в СТО.

Рассмотрим в явном виде причины возникновения противоречия между условием на минимальность фундаментальной длины и следствиями СТО. Если в покоящейся инерциальной системе отсчета значение фундаментальной длины равно l_f , то в любой другой инерциальной системе отсчета, движущейся относительно первой со скоростью $V \neq 0$, она будет иметь меньшее значение:

$$l_f' = l_f (1 - V^2 / c^2)^{1/2} < l_f .$$

Этот результат уже находится в противоречии с предположением о минимальности фундаментальной длины. Поэтому реальное существование в природе l_f одновременно будет указывать и на границы применимости классической (эйнштейновской) СТО. Тем не менее сама теория относительности непосредственно указывает на очень важное свойство, которым должна обладать та или иная длина, претендующая на роль фундаментальной. Это ее *лоренц-инвариантность*.

В настоящее время в физике существует подходящая физическая величина, составленная из лоренц-инвариантных фундаментальных констант, с размерностью длины, – это планковская длина $l_{pl} = (\hbar G / c^3)^{1/2}$. Значение планковской длины является инвариантом преобразований Лоренца, т. е. не зависит от скорости движения инерциального наблюдателя. Отметим, что условие ее минимальности и инвариантности равнозначно появлению в теории понятия максимальной скорости, при которой характерный размер микрообъекта l_0 уменьшается до этого минимального значения. Согласно условию

$$l_{\min} = l_{pl} \equiv (\hbar G / c^3)^{1/2} = l_0 (1 - V_{\max}^2 / c^2)^{1/2}$$

можно ввести понятие максимальной скорости

$$V_{\max} = c(1 - l_{pl}^2 / l_0^2)^{1/2} , \tag{3}$$

которая для данного микрообъекта будет играть роль, отводимую в СТО скорости света [Корухов, 1988]. Следует обратить внимание на то, что ни l_{pl} , ни V_{\max} не могут в буквальном понимании характеризовать веществ-

венные объекты (например, элементарные частицы): они служат предельными в асимптотическом смысле значениями и, как показано ниже, характеризуют качественно новое описание состояний в процессе изучения вакуумоподобной релятивистски-инвариантной «среды». «Среды», не принадлежащей вещественно-полевому уровню реальности, который описывается в рамках РКМ и ОТО.

Заметим, что любая попытка ввести понятие минимальной длины, отличной от планковской $l_{pl} = (\hbar G / c^3)^{1/2}$, заведомо обречена на неудачу.

Действительно, исключительность величины l_{pl} в отношении любых других длин, претендующих на роль фундаментальной, определяется ее *абсолютным* (в смысле инвариантным относительно выбора инерциального наблюдателя) характером. Значение $l_{pl} \sim 10^{-33}$ см следует воспринимать как фундаментальную константу наряду со скоростью света, постоянной Планка и т. п.

Наконец, насколько обоснованно ставить вопрос об абсолютной элементарности планковской длины? И возможно ли существование более глубоких структурных уровней, соответствующих рассмотрению длин, меньших планковской? Решение этих вопросов возможно, по-видимому, в следующем аспекте:

На сегодняшнем уровне логической, философской, математической и физической обоснованности понятия элементарности планковская длина играет роль истинной – инвариантной – элементарной длины как некоторой исторически обусловленной относительной истины, фундамент которой заложен всей предыдущей историей вопроса элементарности. Дальнейшее рассмотрение проблемы элементарности потребует, вероятно, расширения понятия элементарности, включающее в себя понятие инвариантности как относительной истины, т. е. выход за рамки понимания абсолютности как инвариантности [Корухов, 2002. С. 74].

§ 3.3. Модель дискретно-непрерывной структуры пространства-времени

Итак, анализируя методологические и конкретно-научные аспекты проблемы ФФП, мы пришли к понятию «фундаментальная длина», роль которой выполняет планковская длина [Шарыпов, 1998; Корухов, 2002]. В связи с этим в определенной степени должны измениться наши представ-

ления о структуре пространства-времени. К сожалению, мы оставляем на будущее рассмотрение важного аспекта, касающегося проблемы времени, как не имеющего на сегодняшний день достаточно обоснованного теоретико-эмпирического материала. В этом отношении концептуальная модель дискретного пространства имеет под собой достаточно хорошо разработанные логические, теоретические и методологические основания. Достаточные, по крайней мере, для непротиворечивого философско-методологического и конкретно-научного анализа проблемы.

Основные мотивы введения фундаментальной длины в теоретические построения связаны с тем, что переход к концепции дискретности избавляет нас от трудностей с бесконечностями. В то же время он вызывает ряд новых проблем, требующих специального решения. Примером может служить рассмотрение ряда конкретно-научных концепций классических решеточных моделей, в которых не удалось избежать наличия выделенной системы отсчета – системы решетки [Вяльцев, 1965]. Во всех аналогичных работах рассмотрение движения системы отсчета (частицы) ведется в предположении состояния движения относительно дискретной структуры, что, естественно, придает пространственной структуре решетки статус абсолютной системы отсчета. Это приводит к несоответствию с принципом относительности, что является существенным недостатком моделей такого рода.

Действительно, система отсчета, связанная с решеткой, является выделенной в отношении систем отсчета, движущихся относительно этой решетки. По этой причине два инерциальных наблюдателя: один – связанный с выделенной системой отсчета, т. е. покоящийся в системе решетки, другой – покоящийся в движущейся относительно решетки системе отсчета, – не являются эквивалентными и тем самым не относятся к разряду определяемых нами как инерциальные наблюдатели. Все известные попытки построить либо только непрерывную, либо только дискретную модель пространства и времени приводили к возникновению противоречий, решения которых не найдено до сих пор. В частности, построить модель дискретного пространства, удовлетворяющую одновременно свойствам изотаксии, кекинемы и реновации, до настоящего времени не удавалось [Вяльцев, 1965]. Анализ опубликованных работ, как отмечает Р. А. Аронов:

свидетельствует скорее об еще не очень последовательной, но все же вполне определенной тенденции к единству непрерывности и дискретности пространства и времени и, стало быть, говорит не о пережитках представлений о непрерывности пространства и времени, а о необходимости синтеза этих последних с представлениями о дискретности пространства и времени [Аронов, 1971. С. 94].

Следовательно, вполне естественной и исторически оправданной можно признать тенденцию к созданию и анализу моделей дискретно-непрерывного характера. Выше было сформулировано понятие фундаментальной длины, роль которой выполняет планковская длина. Можно также ввести минимальный квант времени как отношение минимальной длины и скорости света: $t_{pl} = l_{pl} / c = (\hbar G / c^5)^{1/2}$. Исключительность величин l_{pl} и t_{pl} в отношении любых других протяженностей и длительностей, как мы уже указывали, определяется их инвариантным характером относительно любого инерциального наблюдателя. Это означает, что обе величины обладают особым качеством, не присущим пространственным и временным характеристикам вещественно-полевых объектов, поскольку последние, согласно СТО, относительны.

По мнению В. В. Корухова, в силу существования непрерывного спектра относительных скоростей непрерывная компонента пространства представлена в модели дискретно-непрерывного пространства-времени пространственной характеристикой движения вещественных объектов, т. е. значениями проходимого пути [Корухов, 2002]. Вместе с тем очевидно, что пространственно-временные свойства этой модели несут в себе, помимо непрерывного, дискретное начало. Дискретный элемент обусловливает в модели наличие минимальной области локализации объекта как в собственной системе отсчета $l_0 > l_{pl}$, так и в движущейся, что связано с введением максимальной скорости движения объекта (3) [Корухов, 2002].

Аналогичные рассуждения можно провести и для временной компоненты дискретно-непрерывного многообразия. Единственным, но существенным отличием является тот факт, что фундаментального минимального значения для времени можно достигнуть только в покоящейся системе отсчета.

Итак, в работах В. В. Корухова и О. В. Шарыпова вводится принципиально новая модель структуры пространства-времени, которая не является ни дискретной ни непрерывной в собственном смысле. В свое время А. Н. Вальцев отмечал, что наличие дискретного элемента в модели структуры пространства обязывает эту модель к выполнению трех свойств: кекинемы (неделимость элементарного движения), реновации (нет непрерывного движения, есть только результат перемещения) и изотаксии (скорость передвижения должна быть строго равна $\Delta l / \Delta t$) [Вальцев, 1965]. В 2001 г. В. В. Корухову удалось построить непротиворечивую схему преодоления свойств кекинемы, реновации и изотаксии в рамках дискретно-непрерывной модели пространства-времени [Корухов,

2001]. В некотором смысле можно говорить о физическом решении известных апорий движения, которые были выдвинуты Зеноном из Элеи в V в. до н. э. на основании анализа противоречий собственно дискретных и непрерывных моделей структуры пространства (см. [Аристотель, 1981б. VI. 9]). Однако, на наш взгляд, В. В. Корухову удалось доказать более сильное утверждение: *в дискретно-непрерывной модели структуры пространства апорий движения типа апорий Зенона нет*. По нашему мнению, это утверждение является несомненным аргументом в пользу дискретно-непрерывной модели структуры пространства, аргументом, демонстрирующим ее эвристический потенциал.

Важнейшее свойство дискретно-непрерывной модели, позволившее снять противоречия в описании структуры пространства, которые, в свою очередь, были очевидны еще античным грекам, является *абсолютный лоренц-инвариантный покой* относительно вещественного наблюдателя той «среды», концептуальной моделью которой выступает дискретно-непрерывная модель. Собственно, именно это кинематическое свойство привело к возрождению понятия эфира.

§ 3.4. Возрождение эфира

Вернемся к формуле (3). Как отмечено выше, исключительность величины l_{pl} в отношении любых других длин, претендующих на роль фундаментальной, определяется ее *абсолютным* (в смысле инвариантным относительно выбора инерциального наблюдателя) характером. Из (3) следует, что условия $l_0 \equiv l_{pl}$ и $l_0 = \infty$ особым образом выделяют из всего множества V_{\max} предельные значения $V_{\max} \equiv 0$ и $V_{\max} = c$, которые являются лоренц-инвариантными величинами в строгом смысле. Условие

$$V_{\max} \equiv 0$$

соответствует *кинематическому состоянию лоренц-инвариантного покоя* объекта [Корухов, 2002. С. 85]. Иными словами, не найдется такой инерциальной системы отсчета, относительно которой «среда», характеризующаяся величиной l_{pl} , наблюдалась бы в состоянии равномерного прямолинейного движения. Следовательно, эта гипотетическая «среда» должна обладать кинематическим свойством инвариантного покоя. Все это вновь «возвращает» нас к дискуссии относительно «эфира», которая

велась в физике в начале XX в. Как ни парадоксально, возможность среды с таким кинематическим свойством не отрицал и создатель СТО:

Специальная теория относительности запрещает считать эфир состоящим из частиц, поведение которых во времени можно наблюдать, но гипотеза о существовании эфира не противоречит специальной теории относительности. Не следует только приписывать эфиру состояние движения [Эйнштейн, 1965. С. 686].

Следует отметить, что Эйнштейн рассматривал возможность существования среды с подобными свойствами, но отверг ее как абсурдную. Он писал:

Действительно, если каждый луч света в пустоте распространяется со скоростью c относительно системы K , то световой эфир должен всюду покоиться относительно K . Но если законы распространения света в системе K' (движущейся относительно K) такие же, как и в системе K , то мы с тем же правом должны предположить, что эфир покоится и в системе K' . Так как предположение о том, что эфир покоится одновременно в двух системах, является абсурдным и так как не менее абсурдно было бы отдавать предпочтение одной из двух (или из бесконечного большого числа) физически равноценных систем, то следует отказаться от введения понятия эфира, который превратился лишь в бесполезный довесок к теории, как только было отвергнуто механистическое истолкование света [Там же. С. 416].

Итак, мы пришли к выводу, что кинематическое свойство инвариантного покоя является той альтернативой, которая в свое время не была должным образом рассмотрена при анализе всех возможных кинематических условий существования эфира:

Действительно, при введении эфира, пространственно покоящегося относительно любой инерциальной системы отсчета, законы, описывающие явления природы, не будут находиться в зависимости от состояния движения, поскольку понятия равномерного и прямолинейного движения относительно такого эфира не существует. При таких и только при таких условиях, накладываемых на среду, может выполняться принцип относительности, подтвержденный многолетней практикой. Более того, сам принцип относительности является прямым проявлением свойства инвариантного покоя среды [Корухов, 2002. С. 86].

В таком инвариантно покоящемся в пространстве относительно инерциальных систем эфире, который играет роль «светоносной среды» (именно той, которую безуспешно искали, например, Майкельсон и Морли), всегда оказывается справедливым принцип постоянства скорости света:

...принцип инвариантности движения света относительно любого инерциального наблюдателя является, аналогично принципу относительности, следствием инвариантности покоя эфира относительно тех же инерциальных наблюдателей [Корухов, 2002. С. 87].

В свете приведенных рассуждений становится ясно, каким образом можно заново ввести в научный оборот понятие релятивистского эфира – «первичной» материальной среды, постоянными структуры которой являются ФФП. В данном случае речь идет о ситуации, в которой происхождение самих постоянных «связывается с наличием определенной структуры физического вакуума, рассматриваемого как материальная среда» [Там же. С. 73–74]. Влияние этой среды на происходящие процессы во Вселенной проявляется, в частности, через присутствие в теориях (и тем самым в изучаемых структурах) ФФП, а также их комбинаций. В этом аспекте существование основных устойчивых состояний во Вселенной связывается с определенной материальной средой, и «тонкая подгонка констант» не является условием на «начало» Вселенной. Кинематическое условие $V_{\max} \equiv 0$ является основополагающим для постулирования гипотетической «среды», конкретной формой существования которой является пространство-время Минковского³.

Отметим, что представление о среде, пространственно покоящейся относительно любой инерциальной системы отсчета, подтверждает тот факт, что законы, описывающие явления природы, не будут находиться в зависимости от состояния движения, поскольку равномерного и прямолинейного движения относительно такого эфира не существует (см. дополнение А). При таких, и только при таких условиях, накладываемых на среду, может выполняться принцип относительности, являющийся прямым проявлением свойства инвариантного покоя.

Итак, предполагается, что рассмотрение планковской длины l_{pl} в качестве минимального инвариантного элемента множества физических длин (фундаментальная длина) является достаточным основанием для рассмотрения модели дискретно-непрерывной структуры пространства-времени, свободной от традиционных противоречий в описании движения как в непрерывных, так и в дискретных моделях пространства-времени. Лоренц-инвариантный характер фундаментальной длины является достаточным основанием для того, чтобы ввести в научный оборот

представление о фундаментальной по отношению к вещественно-полевому уровню описания среде. К сожалению, объем данного пособия не позволяет наглядно продемонстрировать успешность применения выдвинутого подхода к оценке роли фундаментальных постоянных в построении конкретно-научных моделей в таких областях фундаментального естествознания, как современная космология, анализ методологических и конкретно-научных аспектов проблемы гипотезы «сверхсветовых» скоростей (гипотеза тахионов), анализ предельных значений напряженностей электрического и магнитного полей, анализ объема замкнутого импульсного пространства элементарных частиц, анализ методологической роли гравитационной и планковской постоянных, постоянной Больцмана и др., приведенных в работах В. В. Корухова и О. В. Шарыпова⁴.

Таким образом, предположение о существовании релятивистского эфира является простым следствием введения в научный анализ структуры пространства-времени планковских значений длины, времени, энергии, массы, импульса и т. д. Отметим, что, употребляя понятие «эфир», в данном случае мы не стремимся обеднить содержание современной физики или, наоборот, ввести в оборот иррациональное «метафизическое» представление о мифической среде, «объемлющей сущее». На наш взгляд, идет нормальный научный поиск объяснения наличия в нашей Вселенной ФФП, сами ФФП могут быть параметрами, внутренне присущими релятивистскому эфиру.

Итак, совершив краткий экскурс в область анализа «феноменологии» ФФП, в следующей главе перейдем к анализу философско-методологических вопросов современного фундаментального естествознания, связанных в общем случае с «потерей наглядности» физических представлений. Такое свойство релятивистского эфира, как абсолютный лоренц-инвариантный покой относительно вещественного наблюдателя, лишь один из примеров так называемой маргинализации явлений, которая, по мнению Дж. Хоргана, приводит к превращению эмпирической науки в подобие литературного дискурса [Хорган, 2001]. На наш взгляд, потеря эмпирической наглядности теоретических построений современной фундаментальной науки является основным вызовом философии науки в XXI в.

Глава 4

НАУЧНЫЙ РЕАЛИЗМ В ЭПОХУ ВОЗРОЖДЕНИЯ ЭФИРА

Реализм – это единственное направление в философии, которое не эксплицирует успех науки чем-то похожим на чудо.

Хиллари Патнэм

История науки полна примеров теорий, которые в течение длительного времени являлись эмпирически успешными, однако, со временем, их ложность была доказана. Должны ли мы доверять теориям, принятым сейчас?

Ларри Лаудан

На наш взгляд, период наибольшего интереса к философским проблемам теории относительности уже прошел (в 2005 г. отметили 100 лет специальной теории относительности), совсем скоро (лет через 50) они (вместе с проблемами интерпретации квантовой механики) прочно займут место в ряду проблем, ставших уже классическими (таких, как анализ абсолютного и относительного пространства в рамках механики Ньютона или анализ реляционного пространства Декарта). В настоящее время наибольший интерес вызывает философский анализ проблем теории струн, модели дискретно-непрерывного пространства-времени, оснований построения РСТО и других гипотез, претендующих со временем занять место в ядре более прогрессивной научной картины мира. Как уже неоднократно отмечалось (см. дополнение А), в контексте необходимости анализа будущих физических моделей остается актуальным анализ философской интерпретации принципа относительности с позиции научного реализма, поскольку как бы ни изменялась формулировка принципа относительности, он все равно будет отражать объективный характер закономерностей, существующих в природе: принцип относительности содержит информацию об объективном характере закономерностей, представ-

ление о виде их инвариантности можно рассматривать как необходимый элемент, отражающий влияние той концепции, с позиции которой рассматривается принцип.

Задача данной главы заключается в том, чтобы, опираясь на анализ конкретно-научной и философско-методологической составляющих проблемы соотношения концептуальной модели и реальности, сформулировать оригинальный «окончательный аргумент» в пользу реализма (отличный от трактовок Х. Патнэма, А. Масгрейва или И. Ниинилуото), который позволит дать удовлетворительную реалистскую трактовку, в частности, релятивистскому эфиру (если мы говорим о проблеме соотношения концептуальной модели пространства-времени и реальности) и послужит, например, основанием для философско-методологического анализа развития теории струн. Наш «окончательный аргумент» состоит в том, что перед лицом затруднений эмпирической интерпретации результатов современных фундаментальных теорий в рамках выбранной формальной системы предпочтение реализма как основания для мотивации дальнейших научных исследований перед антиреализмом является более обоснованным. Данный вывод является как следствием строго реалистской трактовки проблемы соотношения теории и реальности, так и следствием анализа «иронизации» (Дж. Хорган) современного теоретического естествознания.

Аналитическая философия в целом занимается опровержением перехода от тезиса к аргументу и не нацелена на анализ последних как таковых. Блестящие результаты в этой области были достигнуты именно в результате попыток обоснования опровержения того, что с помощью этих средств данный аргумент из данного тезиса не следует. Научный реализм, представленный как «широкая» (всеобъемлющая) философская система в работах Р. Бойда, Дж. Смарта, Дж. Армстронга, И. Ниинилуото, С. Псиллоса и др., демонстрирует одну из возможных стратегий применения аналитического метода в философских исследованиях [Leplin, 1984; Papineau, 1996; Niiniluoto, 2002]. Отметим еще раз, что наш интерес к научному реализму продиктован, с одной стороны, удовлетворительностью общей мировоззренческой стороны этого направления (материализм в онтологических вопросах, эпистемологический оптимизм и пр.), а с другой – тонкостями в вопросах методологии (например, при обосновании истинности вер относительно теоретических утверждений), которые позволяют надеяться на успешное применение реалистского подхода к анализу таких фундаментальных вопросов, как оценка прогресса научного знания, оценка статуса теоретической гипотезы и анализ соотношения теоретического и эмпирического в научном познании.

Проблема анализа теоретических оснований научного знания традиционно относится к одной из наиболее актуальных проблем философско-

методологических исследований в области современного фундаментального естествознания. Базовые теории в области физики элементарных частиц, космологии или биологии уже изменили наше представление о характере эмпирического обоснования знания. Сейчас переход от теоретической модели к подкрепленной теории вызывает значительные затруднения, в первую очередь связанные с анализом теоретических допущений, эксплицирующих переход от постулируемого теоретического термина к принятому теоретическому объекту. Еще в середине XX в. проблема интерпретации теории стояла менее остро. «Маргинализация явлений» стала основной характеристикой современного этапа развития фундаментальной физики [Dawid, 2005]. Угроза «иронизации» (Дж. Хорган) науки действительно велика, поэтому обсуждение вопросов обоснования знания становится все более своевременным.

Прежде чем перейти к аргументации в пользу реалистской трактовки релятивистского эфира, остановимся на одной из характеристик развития современного научного знания, заслуживающих наибольшего внимания (§ 4.1), а также на аргументации в пользу выбора именно реалистской точки зрения (§ 4.2–4.4).

§ 4.1. Маргинализация явлений

Современная физика элементарных частиц существенно отличается от физики элементарных частиц конца 50-х гг. По мнению Р. Дэвида, наступило время *маргинализации явлений* (the marginalisation of the phenomena) [Dawid, 2005]. В качестве основных признаков, характеризующих произошедшие изменения, он рассматривает следующие:

физика элементарных частиц потеряла свою прямую связь с техническим прогрессом (физику интересуют явления, происходящие в ускорителях, время «жизни» которых настолько мало, что полностью исключает их возможное технологическое использование в обозримом будущем);

явления, находящие объяснения в рамках физики элементарных частиц, являются значимыми исключительно в контексте конкретных теорий (релевантность наблюдаемых предсказаний, например, стандартной модели, полностью зависит относительно подтверждения или опровержения теории, а не относительно самой их наблюдаемости – такова плата за сложность расшифровки зарегистрированного явления);

стремительно увеличиваются технологические трудности воспроизводства явлений, анализируемых физикой элементарных частиц (для проверки работы теории на новых масштабах требуются большие затраты, поэтому такие теории, как теория великого объединения или теория струн, сосредоточены на теоретическом анализе их предсказаний на таких масштабах, которые сейчас кажутся полностью недостижимыми для экспериментирования);

неограниченно возрастает уровень абстрактности и сложности соответствующих теорий (теории развиваются в полной независимости от необходимости выдвижения возможных эмпирически наблюдаемых следствий);

эксперимент перестает быть основной движущей силой научного прогресса (раньше эксперимент вел науку к новым открытиям: дефект массы, нарушение симметрии и пр. – явления, которые были открыты экспериментально и лишь потом нашли теоретическое объяснение, после возникновения стандартной модели в 60-х и осознания важности симметрии физика сначала стала предсказывать явление теоретически и лишь затем пытаться его обнаружить – так были обнаружены W- и Z-бозоны, подтверждены гипотезы конфайнмента и элементарности лептонов, эксперименту отводится роль проверки уже существующей теории) [Dawid, 2005. P. 2–3].

Большинство приведенных особенностей «маргинализации явлений» в современной физике элементарных частиц, конечно, можно отметить и в других областях фундаментального естествознания: фундаментальной биологии и теории эволюции, космологии, геологии и пр., даже несмотря на то, что относительно последнего пункта можно привести обратный пример. Представление о пентакварковом состоянии бозонов возникло именно на основании анализа данных эксперимента и не было ожидаемой проверкой теоретического результата [Sutton, 2003в]. В предыдущих работах мы давали философско-методологическую интерпретацию этого интересного последнего крупного открытия в физике элементарных частиц¹ [Головко, 2005а].

Заслуга Дэвида состоит в том, что ему удалось раскрыть содержание понятия «маргинализация явлений» как основного понятия, на наш взгляд, характеризующего «иронический» (Дж. Хорган) тип современной фундаментальной науки, в частности, проявляющийся в следующем: а) «разрыв» фундаментального естествознания с техническим прогрессом; б) увеличение технологических трудностей воспроизводства анализируемых фундаментальной наукой явлений; в) прекращение интерпретации эксперимента в роли основной движущей силы научного прогресса. Вот три составляющие, которые сыграют существенную роль в будущем понимании сути развития научного знания. По нашему мнению,

дальнейшая интерпретация, например, прогресса научного знания без учета «маргинализации явлений» будет неадекватной, однако другой платформы, кроме реализма, позволяющей адекватно (в контексте развития научного знания) говорить о «маргинализации», попросту не существует.

Прежде чем перейти к конкретной иллюстрации «применения» реализма в условиях «маргинализации явлений», необходимо сделать ряд предварительных философских замечаний, касающихся понимания сути научного знания, необходимости принятия реализма, а также основных проблем, которые вызовет это принятие.

§ 4.2. Эмпирицизм против реализма

Объектом нашего исследования являются фундаментальные физические теории. В силу «маргинализации» эмпирическая проверка их предсказаний затруднена, а порой и невозможна. Заметим, что в дальнейшем мы будем придерживаться стандартного гипотетико-дедуктивного представления о научной теории: «хорошие» теории должны объяснять «старые» (известные) явления и вести к предсказанию новых. Подчеркнем, что необходимость проверяемых предсказаний для «хорошей» теории (теория должна выдвигать дедуктивные следствия, которые можно эмпирически проверить) была закреплена У. Уэвеллом в рамках разработанной им гипотетико-дедуктивной модели представления научной теории [Whewell, 1967]. Суть модели У. Уэвелла в том, что проверка теории основана на объяснении феномена, который наблюдается, и предсказании феномена, который будет наблюдаться в будущем. Удовлетворительное объяснение и предсказание (удовлетворительность связана исключительно с эмпирической фиксацией явления) являются подтверждением теории до тех пор, пока отрицательные результаты наблюдений не опровергнут теорию по *modus tollens*. Отметим, что пока наши рассуждения носят исключительно методологический характер, связанный с анализом характера, скажем так, рациональности, и могут быть использованы как для анализа научного реализма, так и для анализа антиреализма.

Отметим еще раз, что выбор нами научного реализма в качестве удобной методологической платформы неслучаен. Во-первых, научный реализм утверждает существование независимой от сознания реальности, что составляет известное преимущество и обеспечивает необходимую обоснованность вер при построении адекватной физической интерпретации ненаблюдаемых сущностей (см. гл. 2). Во-вторых, научный реализм утверждает, что теоретические объекты успешных, хорошо проинтерпре-

тированных теорий соответствуют реальности. Наконец, научный реализм рассматривает теории как попытки объяснить реальность, истинное знание о которой достижимо. Существенным отличием научного реализма, например, от дескриптивизма или инструментализма является представление о том, что все научные утверждения в научных теориях имеют истинное значение².

Выбрав позицию научного реализма, приведем кратко некоторые критические рассуждения в адрес основных конкурирующих с ним платформ с целью обоснования того, что наш выбор является действительно наиболее удачным. Например, на наш взгляд, позиция конструктивного эмпирицизма Б. ван Фраассена не может считаться удовлетворительной в качестве методологического основания построения оценок удовлетворительности (объективности, наличия адекватной интерпретации) научного знания в области фундаментальных исследований. Во-первых, в данном случае сохраняется требование принципиального доминирования эмпирических методов обоснования научного знания перед теоретическими, что является не совсем удачным предположением в контексте «маргинализации» (особенно в ходе анализа развития теории струн). Во-вторых, как отмечено выше, на наш взгляд, принятие ярко выраженной эпистемологической антиреалистской позиции сопряжено с рядом метафизических трудностей:

В соответствии с конструктивным эмпирицизмом единственная вера, влекущая за собой принятие научной теории, является вера в ее эмпирическую адекватность. Когда эмпирическая адекватность достигнута, теория становится так же хороша, как если бы ничего из того, что она описывает, не существовало. Принятие теории не может склонить нас к тому, чтобы поверить в реальность тех вещей, с которыми она работает [Fraassen van, 1980. P. 157].

Проблемы эмпирицизма

Эмпирицизм (в любых формах) традиционно противостоит реализму. Противоборствующие позиции в целом согласуются в том, что утверждения по поводу наблюдаемых объектов и процессов могут быть истинными в соответствии с тем или иным представлением об истинности. Проблема состоит в том, можем ли мы распространить подход к описанию явлений, опирающийся на привилегированный класс утверждений, описывающих наблюдаемые объекты, на более широкий класс утверждений, касающихся теоретических объектов теории и описывающих как наблюдаемые, так и ненаблюдаемые (в широком смысле) объекты. В том случае

если мы готовы безапелляционно согласиться с подобным расширением, существует лишь две возможности: либо мы принимаем позицию реализма относительно ненаблюдаемых объектов, описываемых теоретическими терминами, либо не принимаем. Сторонники антиреализма принципиально отрицают возможность такого расширения, в то время как реалисты готовы обсуждать условия и возможности подобного расширения. В спорах с эмпирицистами реалисты настаивают на изменении интерпретации понятия факта, свидетельствующего относительно ненаблюдаемых объектов. В то же время различные направления антиреализма или инструментализма традиционно обвиняли подход, которого придерживались эмпирицисты и реалисты относительно истинности или ложности утверждений, оперирующих к понятию истины как соответствия объективному миру. В прологе своей книги «Тени разума» Р. Пенроуз наиболее ярко раскрывает вопросы, вызывающие в настоящее время наибольший интерес со стороны реалистов и их противников: существование внешнего мира, объяснительный статус теории, универсальность и обоснованность теоретического вывода [Пенроуз, 2003].

Особенность самого анализируемого научного знания, которая, на наш взгляд, может повлиять на выбор в пользу реализма, заключается в том, что развитие современных научных теорий, особенно в таких фундаментальных областях физики, как космология, физика высоких энергий, теории струн и т. д., нарушает сложившиеся представления о господстве наблюдения и эксперимента как достаточных оснований для обоснования истинности наших вер в адекватность теоретического знания, описывающего реальность в науке. Наступает эпоха «маргинализации». Теоретический анализ, как правило, связанный с анализом адекватности и обоснованием применимости новых теоретических объектов, о которых получить какую-либо эмпирическую информацию представляется затруднительным, в этих областях знания способен противостоять требованиям эмпирической наглядности результатов и становится все более самообеспечивающимся.

Впрочем, пока эти изменения, коснувшиеся незначительной части науки, все еще не отрицают принципиального первенства эмпирического способа обоснования или подтверждения истинности или заключения о реальности того или иного объекта или свойства. Однако в рамках современных фундаментальных теорий действительно приуменьшается обосновывающая роль эксперимента. В пользу этого может свидетельствовать расцвет науки в некоторых областях знания, как правило связанных с фундаментальными исследованиями, практически без экспериментальной поддержки. Современная фундаментальная наука может делать адекватные утверждения о реальном мире исключительно на теоретических основаниях, например, руководствуясь идеей о принципиальной возможно-

сти объединения всех имеющихся фундаментальных физических взаимодействий в единый формализм, что в свое время привело к возникновению таких теорий, как теория суперструн или другие варианты теорий объединения.

Подобная ситуация затрагивает одну из основных характеристик науки, являющуюся определяющей в науке со времен Галилея и Бэкона, – ее эмпирический характер. Развитие современных научных теорий уже не делает позицию эмпирицизма окончательным судьей в вопросах обоснования научных теорий. Современная гносеологическая ситуация в рамках фундаментальных исследований свидетельствует о том, что эксперимент по-прежнему остается важным для обоснования теории, однако в случае, если мы не можем (по ряду причин) выполнить экспериментальную проверку теоретического результата, то логика развития научного знания в настоящее время все более определенно подталкивает нас к тому, чтобы, по крайней мере, ослабить или даже отказаться (в ряде случаев) от этого требования.

Говоря о традиционном противостоянии реализма и эмпирицизма, мы можем охарактеризовать современную ситуацию следующим образом: ряд современных научных теорий в области фундаментальных исследований представляются в полной мере недоопределенными, для того чтобы вписываться в схему научного реализма, а также недостаточно определенными, для того чтобы считаться обоснованными с позиции традиционного эмпирицизма. Физики, специализирующиеся, например, в области теории струн, в настоящий момент, очевидно, не обеспокоены предъявлением научному сообществу принципиальных схем, которые могут послужить инструментом для предсказания эмпирически фиксируемых явлений даже для косвенного (не прямого) подтверждения их теории. В настоящее время теория струн не способна выполнить эту задачу – представить научному сообществу экспериментальные данные, являющиеся косвенным подтверждением именно струнной теории, как, например, это было в случае с такими широко известными теоретическими объектами общей теории относительности, как черные дыры. Одна из схем, предложенных научному сообществу в последнем случае, – регистрация аккреции вещества одной из компонент в сложных звездных системах. В области теории струн теоретики могут быть мотивированы исключительно их интересом к теоретической структуре самой по себе, однако, являясь физиками, а не чистыми математиками, они полагают, что изучают физический мир. По общему же признанию даже теоретик, занимающийся теорией струн, должен требовать, чтобы его утверждения были в принципе тестируемыми экспериментально. Наглядность (принципиальная наблюдаемость) все еще является необходимым предварительным условием для того, чтобы приписать значимость понятиям тео-

рии. Однако, на наш взгляд, утверждение о том, что потенциально экспериментально регистрируемые следствия наших теоретических построений, которые могут возникнуть в будущем, когда-нибудь будут предъявлены научному сообществу и что именно этот факт является единственной мотивировкой деятельности для теоретика в области суперструн, является абсурдным.

Но нашему мнению, позиция эмпирика по вопросу обоснования теории струн выглядит неадекватной попыткой предписать освященную веками эмпирическую схему обоснования научного знания новому описанию мира, которое просто не входит в диапазон применимости старой схемы. Вместе с тем подтверждение неспособности эмпирицизма воздать должное такому научному явлению, как теория струн, еще не означает окончание дебатов научного реализма и эмпирицизма относительно описываемых теорией объектов. Рассматривая гносеологические основания данной проблемы с позиции сторонника эмпирицизма, мы даже можем прийти к выводу о кризисе современной науки и проводить аналогии, например, с ситуацией обнаружения древнегреческими математиками несоизмеримости диагонали единичного квадрата, на определенном этапе развития математики свидетельствовавшей об определенном кризисе в этой науке. Однако, перефразируя известное высказывание Аристотеля по поводу объектов, исследуемых математиками [Аристотель, 1981б. П. 2. 315а], мы можем по крайней мере сгладить часть противоречий, обратившись к реалистской трактовке теории: *трудности эмпирического обоснования не элиминируют (и не умаляют важности) предмета исследования теоретических физиков.*

Среди основных вопросов философско-методологического анализа сложившейся ситуации можно выделить несколько. Во-первых, вопрос о том, способны ли мы обеспечить обоснованность истинности наших вер в адекватность научного знания в условиях, когда традиционный вариант эмпирического обоснования научного знания, связывающий как верификацию, так и фальсификацию научной теории с процедурой прямой эмпирической проверки, претерпевает изменения. Во-вторых, вопрос о поиске нетривиальных следствий предлагаемых формализаций теоретических объектов и их анализ с целью фальсификации последних, представление удовлетворительных стандартов, обосновывающих истинность теоретических выводов. Традиционно связь между теорией и эмпирическими данными в ходе развития теории ведет к детализации (доопределению) информации об исследуемом теоретическом объекте. В условиях недостаточности эмпирических данных возникает ситуация, когда мы вынуждены использовать интерпретацию экспериментальных данных с позиции альтернативной теории, описывающей тот же теоретический объект. Такую интерпретацию теоретического объекта мы можем назвать

косвенным подтверждением одной из альтернативных теорий (гипотез) [Головки, 2002]. Ситуация может осложняться тем, что между проверяемой теорией и той теорией, эмпирические данные которой мы принимаем, возможно еще несколько существенных допущений теоретического характера (последовательность теорий). Например, кварковая гипотеза – теория строения бозонов – стандартная модель или стандартная модель – $E_8 \times E_8$ гетеротическая теория струн – M -теория. В данной работе мы предполагаем разрешить проблему индивидуации теории в области фундаментальных исследований, фиксируя определенную интерпретацию теоретического термина, которая является отражением косвенного подтверждения выбранной альтернативы.

Другой традиционный противник реализма – инструментализм – утверждает, что научная теория в целом есть экономичное описание эмпирически данной действительности (например, дескриптивизм утверждает, что теория является лишь описанием эмпирического мира), которая полностью лишена возможности приписывания истинных значений своим утверждениям (собственно инструментализм рассматривает теорию состоящей из вспомогательных терминов и терминов наблюдения, которые в совокупности представляют собой лишь систематизацию эмпирически данного мира) [Nagel, 1961]. История философии сохранила для нас, по-видимому, одно из первых столкновений инструментализма и реализма. Аристотель четко аргументировал Евдоксу, что его модель небесных движений ошибочна, руководствуясь исключительно, как мы бы сейчас сказали, соображениями научного реализма. Модель Евдокса не имела для Аристотеля механического смысла, которым должно было бы обладать действительное движение небесных тел, по причине определенных методологических недостатков в разработке. Эти методологические недостатки, по мнению Аристотеля, могли бы быть элиминированы, если бы Евдокс или Калипп пользовались следующим (реалистским по сути) методологическим требованием:

...целью всякого движения должно быть одно из движущихся по небу божественных тел [Аристотель, 1976. XXII. 8. 1074a].

Таким образом, на наш взгляд, платформа инструментализма также не может быть признана адекватной для целей нашего исследования ввиду несостоятельности ее метафизических требований.

Две проблемы манипулятивного реализма

Пожалуй, наиболее серьезную конкуренцию выбранной нами версии научного реализма может составить манипулятивный реализм Я. Хакинга, но, как показано ниже, эта версия также не лишена серьезных трудностей. Согласно научному реализму построение научных теорий имеет своей целью достижение истинного знания о не зависящей от сознания реальности, а их принятие научным сообществом теории означает фактическое обоснование веры в то, что она истинна. Антиреализм полагает целью построения научных теорий не столько истинное описание теорией реальности, сколько успешность ее работы в исследуемой области.

Говоря о различиях между научным реализмом и антиреализмом, остановимся кратко на гносеологической составляющей, обосновывающей принятие научным сообществом новых концепций в области фундаментальных исследований, а точнее, обуславливающей обоснованность наших вер в то, что выбор между конкурирующими научными теориями действительно обоснован. Традиционно в целом научный способ познания реальности тесно связан, во-первых, с концептуальным выражением реальности и, во-вторых, с процедурами эмпирической проверки (выбора). Обращение к науке и научной теории является бессмысленным без фиксации конкретной концептуальной схемы, посредством которой и происходит рассмотрение объектов научной теории, а значит, и реальности, которую стремится описать наука. Вопрос о том, что есть реальность, описываемая научной теорией, не так прост, как может показаться на первый взгляд. На наш взгляд, представление о реальности формируется хорошо проинтерпретированной научной теорией. Таким образом, как это ни парадоксально, существование реальности необходимо доказывать, используя концептуальный аппарат теории. Данное требование является, бесспорно, важным при ответе на главный вопрос философии естествознания – какую реальность описывает та или иная теория?

Далее, принято считать, что научное знание в современном виде возникло в конце XVI – начале XVII в., а именно с фиксации Ф. Бэконом эмпирического метода как метода получения нового знания и успехов методов теоретической механики И. Ньютона. В данном случае понятие «эмпирия» не ограничивается понятиями «эксперимент» или «наблюдение», намного важнее, что оно дает возможность сравнения экспериментальных данных с теоретическими моделями, построенными на основе других эмпирических данных (либо теоретических моделей с моделями, построенными на основе эмпирических данных), и, таким образом, позволяет получить новое знание. Обратим внимание также на то, что, как правило, эксперимент проводится с понятиями (внутри понятийного каркаса) конкретной теории и опирается на ее заключения. Вследствие этого

большинство проводимых экспериментов являются лишь иллюстрациями конкретных теорий. Например, известный эксперимент с тележкой, движущейся по наклонной плоскости, и каплями жидкости является лишь иллюстрацией второго закона Ньютона, а не его доказательством. Поэтому традиционно более эпистемологически значимым принято считать эксперимент, позволяющий сделать выбор между различными теоретическими концепциями.

На наш взгляд, в настоящее время указанный выше стандарт, обеспечивающий обоснованность наших вер в адекватность научного знания, трансформировался в требование более общего плана: от научной теории кроме логически связанных теоретических построений требуется удовлетворение стандарту «хорошей интерпретации». До определенного момента понятие «хорошей интерпретации» научной теории, как правило, однозначно и исключительно связывалось с понятием эмпирии и процедурой ее эмпирической проверки. На современном этапе в понятие «хорошей интерпретации» научной теории (а в некотором смысле и обоснованности и достоверности научного знания) включают определенные гносеологические установки, напрямую уже не связываемые с непосредственной эмпирической проверкой положений теории. Возможно, данное обстоятельство вызвано известными трудностями эмпирической науки сегодня, когда на смену эмпирической проверке в таких областях знания, как космология и физика высоких энергий, приходит понятие косвенной эмпирической проверки. В то же время это может быть связано с тем, что уровень опосредования современными научными теориями реальности становится выше, чем это было еще в середине XX в. Объекты, с которыми работали исследователи в рамках научных теорий в области молекулярной, атомной, ядерной физик, поддавались непосредственному эмпирическому исследованию. Даже когда философские дискуссии затрагивали новую (для середины XX в.) трактовку телескопической проблемы Галилея, большинство исследователей продолжали верить в непоколебимость эмпирического обоснования научного знания (более того, продолжали считать его единственно возможным), даже если приходилось считаться с тем, что между исследователем и объектом исследования «находится» сложный прибор [Кун, 2001].

Характерной чертой современной ситуации, например, в физике высоких энергий является представление о существовании объектов, являющихся принципиально ненаблюдаемыми в рамках конкретной теории. В качестве примера можно привести гипотезу конфайнмента или удержания цветов в квантовой хромодинамике, согласно которой «ненаблюдаемость свободных кварков и глюонов имеет не временный, а принципиальный характер, “составляющие” объекты принципиально, а не в силу технических трудностей невозможно выделить (сравните с тем, что моле-

кулы можно разделить на атомы, атомы – на электроны и ядра, ядра – на нуклоны и т. п.» [Физическая энциклопедия. С. 213] (см. дополнение Б).

Требования эпистемологического реализма связаны со следующими вопросами: какие гносеологические позиции (установки) могут обеспечить основания для наших вер в обоснованность принятия и обоснования научным сообществом новых теорий в космологии и физике высоких энергий или, например, насколько будет обоснована вера в научный статус теории супергравитации или суперобъединения, если подтвердятся она будет исключительно косвенно? На наш взгляд, развитие научных теорий и дальше пойдет по пути исчерпания возможности наглядной проверки вводимых в теорию представлений, если, конечно, считать наглядными те понятия, с которыми мы можем непосредственно эмпирически работать, адекватность которых мы можем экспериментально проверить. В этом случае, например, такое понятие, как кварк, следует признать полностью лишенным наглядности. Попытки уточнить эпистемологические требования реализма нередко приводят исследователей к рассуждениям, связанным с обсуждениями причинности (причинное объяснение имеет определенное эпистемологическое значение, так как содержит уверенность, что что-то должно являться причиной того, что мы наблюдаем: свидетельство того, что X является причиной явления, которое мы наблюдаем, является достаточным основанием для того, чтобы поверить в X). Существует своеобразная форма «причинностного» реализма (*causal form of realism*), которая традиционно разграничивает требования относительно теории и требования относительно теоретических объектов, которые они описывают. Это манипулятивный реализм, который представлен в известных работах Я. Хакинга или Н. Картрайта [Хакинг, 1998; Cartwright, 1983]. Существенным недостатком этой позиции является то, что само представление о манипулировании теоретическим объектом полностью лишает смысла наши эпистемологические требования относительно истины теории.

Книга Я. Хакинга «Представление и вмешательство» издавалась на русском языке несколько раз. Прежде чем перейти к анализу недостатков этого подхода, отметим его достоинства и обратим внимание на то, что впервые именно в рамках манипулятивного реализма были предложены удобные (например, для анализа фундаментальных научных теорий в области космологии и физики высоких энергий) гносеологические основания, успешно оппонирующие гносеологическому релятивизму и неясности по поводу того, что мы изучаем, например, в космологических теориях, когда даже случаи косвенной подтверждаемости редки и науке во многом приходится полагаться исключительно на теоретические результаты.

Ключевое понятие манипулятивного реализма – теоретический объект. По мнению Я. Хакинга, «теоретический объект – это понятие-гибрид, приводимое для обозначения объектов, постулируемых теорией, но которые мы не можем непосредственно наблюдать. Кроме всего прочего он обозначает частицы, поля, процессы, структуры, состояния и т. п.» [Хакинг, 1998. С. 36]. В той мере, в какой научный реализм относительно теоретических объектов утверждает, что

достаточно большое количество теоретических объектов действительно существует, т. е. что признаваемый теоретический объект должен существовать, а не только быть удобным интеллектуальным средством, и из него следует также, что мы на самом деле знаем о существовании (или имеем хорошие основания быть уверенным в этом) по крайней мере некоторых объектов современной науки [Там же. С. 38],

мы можем утверждать, что такой объект теории, как, например, волновая функция, вполне может обладать статусом реализма. Необходимым условием для признания того, что данный теоретический объект обладает реализмом, является условие манипулирования с объектом:

«Прямое» доказательство существования электронов и им подобных объектов заключается в нашей способности манипулировать ими... Мы проверяем гипотезы о теоретических объектах, в ходе эксперимента с объектами, которые в принципе не «наблюдаемы», мы убеждаемся, что ими можно манипулировать регулярным образом, с тем, чтобы получать новые явления и исследовать другие аспекты природы. Только манипулирование с объектом при экспериментировании с чем-нибудь другим может в этом убедить. В целом любые другие теоретические объекты теряют свой гипотетический статус и станут обычной реальностью, такой как электроны, когда мы станем использовать их для изучения чего-либо другого [Там же. С. 272].

Прежде чем перейти к анализу адекватности манипулятивного реализма целям нашего исследования, обратимся к вопросу о том, что представляет собой косвенная подтверждаемость научной теории. В контексте «маргинализации явлений» любая эпистемологическая схема будет оперировать именно косвенной, а не прямой подтверждаемостью. Понятие непрямой (косвенной) эмпирической проверки научных теорий, содержащих теоретические объекты, играет одну из основных ролей в обосновании научной теории в рамках манипулятивного реализма. На наш взгляд, этот вопрос нельзя обойти, не отметив известной путаницы, связанной с понятиями альтернативной и косвенно подтверждаемой научных теорий. Под *альтернативными* (конкурирующими) научными теориями

(гипотезами) мы будем понимать две и более самостоятельные научные теории (гипотезы), построенные на основе одного набора эмпирических данных, каждая из которых может обладать собственным, отличным от других формальным аппаратом, быть внутренне логически непротиворечивой и претендовать на охват достаточной предметной области, обладание достаточными предсказательной силой и эвристическим потенциалом, для того чтобы считаться единственной преемницей сложившегося и считающегося твердо установленным научного знания.

Ситуация с *косвенной* подтверждаемостью сложнее. Во-первых, говоря о косвенной подтверждаемости теории (гипотезы), мы заранее подразумеваем существование «базовой» рабочей научной теории, находящейся в развитии, ограниченность которой еще не определена до конца, в противном случае теория не может рассматриваться как основание для «проверки». Под областью ограниченности научной теории мы понимаем ограниченность ее предметной области, которую фиксирует содержательная часть теории. Область ограниченности (область работы) теории – это область тех явлений, которые эта теория объясняет или может объяснить. Соответственно теория принципиально оставляет в стороне сферу явлений, которые не могут быть описаны на языке принятых понятий, и даже если они могут быть описаны, то они не могут быть объяснены в рамках данной теории. Другими словами, за пределом, ограниченным действием некоторой теории, функционирует (т. е. описывает, объясняет и, следовательно, предсказывает) уже принципиально другая теория. Во-вторых, должна быть представлена гипотеза (теория), обеспечивающая преемственность сложившегося знания и предсказывающая нетривиальный эффект (свойство, трактовку оснований для объяснения эффекта, неувязку с предсказаниями базовой теории и т. д.), эмпирическое подтверждение которого и будет считаться косвенной проверкой базовой теории или же косвенным подтверждением гипотезы. Два указанных требования, на наш взгляд, могут отражать представление о характере увеличения теоретического содержания научного знания: мы не должны привлекать аппарат (методы, теоретические схемы и т. д.) теорий в те области, в которых они в принципе не могут работать. С этой точки зрения, на наш взгляд, бессмысленным является привлечение механики Ньютона (ограниченность которой давно показана: в ее рамках невозможно описать электромагнитные явления на движущихся телах) к формированию гипотез, претендующих на косвенную проверку, например, квантовой механики.

Можно рассмотреть несколько характерных случаев косвенной подтверждаемости научных теорий. Пример косвенного подтверждения солитонной модели строения барионов мы уже рассматривали выше, приведем еще несколько примеров. Например, дополнительная гипотеза фор-

мулируется так, чтобы ее экспериментальное подтверждение служило подтверждением базовой модели. Данные орбитального телескопа HUBBLE свидетельствуют о том, что разбегание далеких галактик происходит не пропорционально расстоянию до них, как считалось ранее, а быстрее. Открытие реликтового излучения в 1964 г. послужило экспериментальным подтверждением (основанием для принятия широким научным сообществом) модели расширяющейся Вселенной. Обнаруженные флуктуации реликтового излучения в 2001 г. считаются косвенным подтверждением модели-преемницы – модели (гипотезы) ускоренно расширяющейся Вселенной [Чернин, 2001]. В данном случае имеет место подход, когда альтернатива выступает «в пользу» базовой теории, но обоснованность подтверждаемости устанавливается не в рамках стандартов определенной теории, а скорее в рамках стандартов целой области научного знания.

Третий пример: дополнительная гипотеза может формулироваться в условиях, когда ее экспериментальное подтверждение в рамках базовой теории в принципе невозможно. В данном случае речь может идти об исключительно теоретическом обосновании, которое может быть сопряжено, например, с выделением предельных соотношений или ограничений базовой теории, которые, как правило, невозможно фиксировать эмпирически, или же с указанием на возможности исключения из новой модели «непримиримых» противоречий, существовавших в прежних моделях. Например, «доказать максимальность какой-либо физической величины, несущей качество предельной величины, экспериментально не представляется возможным, поскольку предполагается абсолютное отсутствие аналогичного качества за предельным значением», поэтому мы считаем, что модель дискретно-непрерывного пространства-времени получает косвенное теоретическое подтверждение в ходе анализа свойств изотопии, кекинемы и реновации [Корухов, 2002]. В данном случае имеет место подход, когда альтернатива выступает «против» базовой теории, но эмпирический критерий подтверждения оказывается бессилён.

Последний случай интересен еще и тем, что позволяет проиллюстрировать различие между понятиями «альтернатива» («альтернативная теория») и «косвенно подтверждаемая теория». В последнем случае косвенно подтверждаемый подход к построению модели дискретно-непрерывного пространства-времени выступает как основание для выдвижения требований, ограничивающих применимость базовой модели – специальной теории относительности. Напомним, что альтернативы строятся на одном наборе эмпирических данных, а говоря о косвенной подтверждаемости (проверке), мы изначально ориентированы на существование базовой теории и новой гипотезы. Однако все три случая объединяет то, что под косвенной подтверждаемостью мы можем интерпретиро-

вать процесс выдвижения альтернативных гипотез, направленный на фиксацию ограниченности базовой модели. Очевидно, что альтернативы могут рассматриваться как теории, получающие косвенную подтверждаемость, а косвенно подтверждаемые концепции могут являться альтернативами.

Далее, попытаемся дать новую интерпретацию понятия косвенной подтверждаемости для теорий, содержащих принципиально ненаблюдаемые теоретические объекты, с учетом представления о теоретических объектах в рамках манипулятивного реализма. С позиции манипулятивного реализма ситуация в современных физике высоких энергий и космологии такова, что все суждения, основанные как на эмпирических данных, так и на теоретических выкладках, участвующие в косвенной подтверждаемости научных теорий, являются суждениями о теоретических объектах, а не о теориях в целом. Утверждения, касающиеся косвенной подтверждаемости теории или гипотезы, в первую очередь затрагивают вопросы существования именно теоретических объектов (например, предполагаемых свойств, трактовок, неувязок с «базовой» теорией и т. д.), вопросы, связанные именно с функционированием и обоснованием конкретных теоретических объектов, а не вопросы, например, предсказательного успеха или верифицируемости теории. Строго говоря, на наш взгляд, термин «косвенно подтверждаемая теория» не является точным: речь идет о теоретических объектах, так как если бы мы, напротив, эмпирически подтверждали следствия теории, то теория считалась бы общепринятой и «хорошо проинтерпретированной». В данном случае косвенное подтверждение означает лишь то, что проверены некоторые суждения (которых недостаточно, чтобы считать теорию «хорошо проинтерпретированной») именно относительно некоторых теоретических объектов (отдельных предполагавшихся свойств, характеристик и т. д.), т. е. речь идет о том, что косвенно подтверждаемые гипотезы, по-видимому, обеспечивают некоторое объяснение и помогают делать хорошие предсказания относительно данных теоретических объектов (свойств, характеристик, неувязок с базовой теорией и т. д.).

Для того чтобы наши веры в правильность выбора между альтернативами были обоснованы, в рамках манипулятивного реализма предлагается использовать следующий методологический подход: выбор будет считаться обоснованным в том случае, если теоретические объекты, относительно которых выстраиваются суждения косвенной подтверждаемости, обладают реализмом относительно теоретических объектов (в смысле удовлетворения требованиям манипулирования с ними). Под манипулированием с теоретическими объектами на уровне косвенной подтверждаемости научных теорий, содержащих принципиально ненаблюдаемые в рамках этих теорий объекты, понимается фиксация области ограничен-

ности базового знания с позиции заданного (в исследуемой на подтверждение гипотезе) теоретического объекта. На наш взгляд, подобная «переинтерпретация» научного реализма применительно к ситуации косвенной подтверждаемости не нарушает основные принципы «традиционной» концепции научного реализма, в частности, основанное на понимании «причинных сил» манипулирование теоретическим объектом при экспериментировании с другими объектами. Подход, когда в ходе косвенной подтверждаемости манипулирование в указанном нами смысле с другим косвенно подтвержденным (не важно как: косвенно, эмпирически, или теоретически) теоретическим объектом проводится при исследовании еще более фундаментальных областей реальности (построении более обобщающих теорий), является общепринятым, а результаты признаются достоверными, например, в современных космологии и физике высоких энергий. Кроме того, исходя из представления о том, что развитие научного знания сопровождается указанием на ограниченность старого с позиции нового, мы можем заключить, что в ходе предложенной интерпретации манипулирования с теоретическими объектами мы тем самым обеспечиваем проверку адекватности вводимых новых представлений.

Приведенные выше замечания позволяют сделать вывод, что утверждения косвенной подтверждаемости (которые строятся исключительно как утверждения о теоретических объектах) теорий, в которых постулируется существование принципиально ненаблюдаемых объектов (таких, как кварки в физике высоких энергий или релятивистский эфир в концепции дискретно-непрерывного пространства-времени), не могут служить основанием для выбора между конкурирующими теориями (альтернативами). Другими словами, по результатам косвенной подтверждаемости научных теорий у нас нет достаточных оснований считать сам результат более обоснованным эмпирически, чем теоретически (у нас нет оснований больше доверять эмпирическим данным в обосновании теории в процессе косвенной подтверждаемости или в обосновании выбора между альтернативами в процессе косвенной подтверждаемости одной из гипотез, чем теоретическим выкладкам). Обеспечить обоснованность нашего вывода об обоснованности выбора между альтернативами, содержащими предположения о принципиально ненаблюдаемых объектах, на основании эмпирических данных, полученных в результате косвенной подтверждаемости, нельзя.

Данное обстоятельство является решающим аргументом в пользу того, что манипулятивный реализм нельзя рассматривать в качестве основания для выдвижения методологических требований, которые должны обеспечивать обоснованность знания в условиях, когда эмпирическая проверка предсказаний затруднена или невозможна. Во-первых, манипулятивный реализм приводит к уравниванию гносеологического приоритета теоре-

тического и эмпирического, однако для обоснования знания в области фундаментальных научных теорий, на наш взгляд, требуется более четкое разграничение и даже обоснование доминирующей роли теоретической аргументации (третий пример косвенного подтверждения не укладывается в схему рассмотрения манипулятивного реализма). Во-вторых, в основе манипулятивного реализма все же лежит представление о манипулировании теоретическим объектом как об эмпирической процедуре, что свидетельствует о доминировании эмпирического подтверждения перед теоретическим.

Примеры рассмотрения других интерпретаций понятия не прямой (косвенной) подтверждаемости также приводят нас к тому, что требования эпистемологического реализма являются значимыми для анализа теорий и их объектов в области фундаментальных исследований. Например, К. Брэдинг, оппонировав П. Коссо по вопросу интерпретации эмпирического статуса симметрий в физике, замечает (см. дополнение А):

Локальная калибровочная симметрия имеет только не прямое эмпирическое значение, оставаясь свойством уравнений движения. В теориях с локальной калибровочной симметрией поле распределения материи и калибровочное поле сосуществуют вместе, образуя единый теоретический объект, а локальная симметрия является свойством именно этого объекта. Мы не можем связать изменение симметрии с одной из подсистем целой системы (например, полем распределения материи) независимо от другой – калибровочное поле тоже будет трансформироваться, так как симметрия системы в целом должна сохраняться [Brading, Brown, 2004. P. 654].

На наш взгляд, каким бы ни было рассмотрение не прямой эмпирической подтверждаемости теории, в любом случае основные эпистемологические требования, касающиеся утверждения адекватности теории в области фундаментальных исследований, выносятся относительно теоретических объектов теории. Любая форма манипулятивного реализма, выдвигая формы анализа теории и реальности, фактически акцентируется на методологических формах отношения теории и эмпирических процедур установления ее адекватности (анализ теоретического объекта и его роли в установлении истинности в косвенно подтверждаемой научной теории, когда прямая эмпирическая проверка предсказания теории затруднена, а порой и невозможна), что воспринимается нами как определенный недостаток.

Итак, попытки обосновать выбор нами научного реализма в качестве методологической платформы анализа адекватности научного знания в области фундаментальных исследований привели к следующим выводам.

Позиция эмпирицизма (в частности, конструктивный эмпирицизм Б. ван Фраассена и инструментализм Э. Нагеля) признана не отвечающей требованиям нашего исследования в силу трудностей выдвижения метафизических требований относительно научных теорий и научного исследования в целом, а конкурирующие формы реализма (в частности, манипулятивный реализм Я. Хакинга) – в силу трудностей выдвижения эпистемологических требований³.

На наш взгляд, основное преимущество научного реализма состоит в том, что он выдвигает аксиологическое (а не методологическое!) требование истинности научной теории, которое определенным образом контролирует адекватность концептуальной модели [Головкин, 2005]. Основным аргумент, который выдвигают антиреалисты против полагания реалистами истины как цели научного исследования, – это уже хорошо знакомый аргумент недоопределенности теории эмпирическими данными (см. гл. 2).

Теория и недоопределенность

Рассмотрим проблему, на которую, как правило, ссылаются как на ключевую, говоря об адекватности теорий в области фундаментальных исследований, – проблему недоопределенности (underdetermination) теории имеющимися эмпирическими данными. Философия науки рассматривает как минимум два варианта этой проблемы: более претенциозную версию У. В. О. Куайна о недоопределенности теории всеми возможными эмпирическими свидетельствами и более умеренную о недоопределенности теории имеющимися (в наличии сейчас) эмпирическими данными [Laudan, Leplin, 1991]. Последний вариант рассмотрим подробнее. На любом этапе развития научного знания ученые стремятся обеспечить подкрепление научных теорий, на которые они опираются, доступными эмпирическими данными. Согласно принципу недоопределенности используемые теоретические схемы не являются единственными, способными удовлетворять доступным эмпирическим данным. Любой набор эмпирических данных удовлетворяет нескольким теоретическим описаниям, каждое из которых логически и рационально обосновано.

Философия науки предлагает различные постановки и решения данной проблемы, однако для нас существенно то, что различные теоретические схемы способны делать различные предсказания. Традиционный аргумент, обосновывающий решающее преимущество эмпирического обоснования знания перед теоретическим, состоит в следующем. Принимаемая принцип недоопределенности, теория, которая предсказывает феномен, должна быть подтверждена эмпирической проверкой (наблюдением)

этого феномена. Из двух теорий, опирающихся на один набор эмпирических данных, выбирается та теория, которая обладает эмпирически подтвержденными предсказаниями. Согласно традиционной точке зрения теория не может быть подтверждена проверкой теоретической связности ее структуры и имеющихся эмпирических данных.

Современная трактовка проблемы недоопределенности теории имеющимися эмпирическими данными предложена Х. Патнемом и Л. Лауданом (проблема *пессимистической метаиндукции*) с позиции антиреалистской интерпретации проблемы недоопределенности научных теорий эмпирическими данными [Putnam, 1978; Laudan, 1981]. При анализе их трактовки постановки проблемы недоопределенности, а также возможных вариантов ее решения нам представляется возможным подчеркнуть методологические преимущества критического научного реализма (И. Ниинилуото), способного успешно противостоять антиреалистской позиции, особенно в области анализа фундаментальных научных теорий.

Приведем рассуждения Л. Лаудана. Ученые занимаются разработкой теоретических структур (сводя их до определенного минимума), стремясь проинтерпретировать имеющиеся в их распоряжении эмпирические данные таким образом, чтобы, во-первых, эмпирические данные помещались в соответствующий контекст, служа подтверждением (или фальсификацией) имеющихся теорий, во-вторых, служили проверке предсказаний, основанных на современном теоретическом видении стоящих проблем. Проблема *пессимистической метаиндукции* состоит в том, что ученый не может однозначно достоверно утверждать, что именно та теоретическая структура, которой он пользуется в настоящий момент, является каким-либо образом выделенной по отношению к другим возможным теоретическим структурам, которые в принципе можно построить так, чтобы они полностью удовлетворяли имеющимся эмпирическим данным. По этой причине ученый не может ожидать, что теория, даже хорошо работающая в настоящий момент, будет совместима с новыми данными, которые будут обнаружены в будущих экспериментах и должен быть готов заменить ее на альтернативную после получения новых эмпирических данных.

Таким образом, на наш взгляд, любые попытки реалистов утверждать реальное существование теоретических научных объектов можно считать недостаточно обоснованными, а их аргументы относительно истинности или приближенной истинности описания теориями реальности – недостаточно надежными. Принять тот факт, что современные теории должны быть заменены новыми перед лицом новых эмпирических данных, значит признать недоопределенность сложившихся теорий имеющимися эмпирическими данными. На наш взгляд, любое упоминание индукции в контексте проблемы недоопределенности не есть полагание проблемы ин-

дукции в смысле известной «проблемы Юма» [Howson, 2001]. По мнению Р. Дэвида:

Индуктивный вывод относительно фундаментальных теорий на основании анализа новых эмпирических данных не может быть приравнен традиционному логическому выводу уже потому, что имеющиеся альтернативные теоретические схемы являются полностью логически совместимыми с имеющимися эмпирическими данными. Будущие состояния полностью недоопределены наблюдениями, сделанными в прошлом. Подразумевается, что теорию можно рассматривать заслуживающей доверия и научно хорошо обоснованной, несмотря на то, что не все ее предсказания получили эмпирические подтверждения [Dawid, 2004. P. 4].

Проблема пессимистической метаиндукции – это серьезная проблема, решение которой может потребовать от нас как минимум, во-первых, изменения отношения теории и подтверждающего эксперимента (выдвижения на передний план теоретических методов обоснования), а во-вторых, изменения представления об индуктивном характере объектов научных теорий. До недавнего времени проблема пессимистической метаиндукции считалась практически неразрешимой, особенно в области анализа теорий, эмпирическая проверка предсказаний которых затруднена, однако успехи развития теории струн помогли продвинуться в ее решении. Для нас попытка решения проблемы пессимистической метаиндукции особенно показательна, так как в основе ее решения лежат предпосылки научного реализма. Само решение основано на некоторой характеристике (теоретической уникальности), которую пока демонстрирует развитие теории струн (см. дополнение Б):

Беспрецедентным является факт, что теория струн единственным образом определяет характеристики явлений низкоэнергетического уровня. Все известные физические теории (кроме теории струн) имеют свободные параметры, которые связывают их с определенными количественными характеристиками, фигурирующими в результатах наблюдений. Специальная теория относительности не определяет величину скорости света, механика Ньютона и общая теория относительности – величину гравитационной постоянной, электродинамика Максвелла и квантовая электродинамика – величины элементарного заряда и константы тонкой структуры соответственно. Стандартная модель физики элементарных частиц включает более двадцати свободных параметров. Теория струн – единственная теория, не содержащая свободных параметров. Все количественные характеристики описываются

результатами сложной динамики конструкций теории струн [Dawid, 2004. P. 8].

На наш взгляд, приведенное замечание может означать то, что теория струн имеет лишь одну модель, которая единственным образом определяет множество физических значений низкоэнергетического уровня (таких, которые мы можем фиксировать эмпирически). Р. Дэвид полагает, что вышеозначенная особенность теории струн, которую он называет теоретической уникальностью, является достаточным основанием для того, чтобы опровергнуть традиционное представление о проблеме недоопределенности:

Принцип недоопределенности имеет значение только для конкретного представления о развитии научного знания. Ученый строит теоретическую структуру, которая отражает фиксируемые наблюдениями закономерности, лишь с некоторой точностью и использует свободные параметры для того, чтобы подогнать теорию под данные экспериментов... Однако всегда может существовать другая теоретическая структура, соответствующий выбор свободных параметров которой свяжет ее с теми же имеющимися эмпирическими данными. Структурно уникальная теория единственным образом задает набор эмпирических данных, которые ее определяют... она отвергает все свои неуникальные альтернативы... На некотором наборе эмпирических данных требование уникальности является достаточным, чтобы определить теоретическую схему однозначно [Там же. P. 9].

Действительно, в настоящий момент теория струн демонстрирует замечательные характеристики, которые могут позволить нам сделать вывод о ее структурной уникальности. Но что это может означать для целей нашего исследования? Означает ли этот пример, что развитие всей фундаментальной науки в скором времени приблизится к идеалу структурно уникальной теории и проблема недоопределенности теории имеющимися эмпирическими данными изменит свое значение? Не будем спешить с выводами, по крайней мере, указанная возможность преодоления проблемы недоопределенности может повлечь за собой возможность изменения представлений об индуктивном характере задания интерпретаций теоретических терминов:

Расширение представлений о теоретической уникальности может повлиять на расширение представлений об индукции. Индукция полагает, что модели, предложенные на основании наблюдений, сделанных в прошлом, определенным (конкретным. – *Н. Г.*) путем могут быть использованы для выдвижения предсказаний (соответственно для зада-

ния адекватных интерпретаций теоретических терминов. – Н. Г.). В то время, как классическая индукция предсказывает появление явлений, которые являются новыми «возможностями реализации» известных явлений, индукция, основанная на представлении о теоретической уникальности, предсказывает только новые явления [Dawid, 2003. P. 29].

Традиционно рассмотрение вопросов об индуктивном характере объектов научных теорий является предметом споров между инструментализмом и научным реализмом. Как отмечалось выше, позиция научного реализма представляется нам более соответствующей требованиям нашего исследования в силу выдвижения необходимых метафизических требований относительно научных теорий и научного исследования в целом. Однако это не единственное преимущество научного реализма. Именно когнитивный успех научной теории (принятой интерпретации теоретического термина и пр.), а не эмпирический или прагматический считается достаточным основанием предпочтения выбора того или иного теоретического термина (стоящего за ним и обозначаемого им объекта, свойства и т. д.) в рамках научного реализма. Например, с позиции научного реализма

...теоретические решения, которые включают однозначные предсказания, по типу предсказаний t -кварка в стандартной модели или числа измерений пространства-времени в теории струн, могут считаться истинными или увеличивающими правдоподобие в рамках этой теоретической структуры. Факт, что калибровочная теория не работает без введения t -кварка, является истинным, даже в том случае, если он так и не будет сам по себе обнаружен экспериментально. Введение t -кварка (исключительно из соображений целостности и связности теории) увеличивает правдоподобие калибровочной теории, несмотря на то, что ее истинность может быть никогда не показана [Там же. P. 32].

В рамках научного реализма показателем когнитивного успеха научной теории может выступать понятие правдоподобия [Niiniluoto, 2002].

Итак, возможность преодоления проблемы недоопределенности может повлечь за собой возможность изменения представлений об индуктивном характере задания интерпретаций теоретических терминов. Попытаемся обратить последнее утверждение, предполагая, что схема, в целом диктующая индуктивный характер задания интерпретаций теоретических терминов, нам известна. Тогда ничто не мешает нам заранее внести незначительные изменения в индуктивный характер задания интерпретаций теоретических терминов (например, введя в рассмотрение теоретическое семантическое неэпистемическое требование увеличения правдоподобия

модели) таким образом, чтобы, по крайней мере, на основании некоторых исключительно теоретических соображений противостоять «необратимости» проблемы недоопределенности. Например, полагая увеличение правдоподобия теории оценкой ее прогрессивности, мы заранее обезопасим себя от возможных проблем.

Таким образом, мы пришли к выводу, что преодоление недоопределенности, так же как и недостатков эмпирицизма (любого толка), возможно в силу специфического аксиологического требования реализма. В рамках научного реализма в качестве цели научного исследования выбирается истина, легитимность выбора подчеркивается прогрессом науки в плане достижения цели: новые теории, по крайней мере, более правдоподобны, чем старые. Данное обстоятельство является основанием для выдвижения «окончательного аргумента» в пользу реализма.

§ 4.3. Окончательный аргумент в пользу научного реализма

Различные исследователи успешности науки как одной из альтернатив формирования системы утверждений относительно окружающего мира (таких, как религия, мифология, псевдонаука, здравый смысл и пр.), как правило, говорят о когнитивном и практическом (включающем эмпирический и прагматический) успехе науки [Smart, 1963; Putnam, 1978; Boyd, 1984; Laudan, 1984]. Научный реализм объясняет практический (эмпирический и прагматический) успех науки с помощью ее когнитивного успеха: «...реализм является единственной философией науки, которая не рассматривает прогресс науки как чудо» [Putnam, 1975], – даже если наша цель – технологический и практический успех науки, а не развитие когнитивного уровня познания, все равно наиболее эффективный путь достижения этой цели связан с развитием научных теорий [Niiniluoto, 1990]:

Оценивая истинность научной теории, ученый может обращаться только к ее эпистемическому значению или к различным индикаторам этого значения, но не к ее венаучному (*extra-scientific*) смыслу. В рамках научного реализма мы не можем рассматривать как аргумент в пользу научной гипотезы тот факт, что ее истинность будет удобна нам относительно наших практических интересов [Niiniluoto, 2002. P. 292].

Более того,

понятие истины играет решающую роль в ходе анализа рациональности, прогресса и эпистемологического успеха науки. В контексте научного мировоззрения, где под наукой понимается единственный легитимный источник утверждений относительно реальности, а человек, сторонник этого мировоззрения, принимает только утверждения, которые в принципе обосновываемы (justifiable) с помощью научного метода, истина является показателем решения когнитивных проблем [Niiniluoto, 2002. P. 160].

По мнению И. Ниинилуото,

...аксиология науки должна руководствоваться следующим правилом: попытайтесь найти окончательно истинный ответ на вашу когнитивную проблему или хотя бы попытайтесь приблизиться к этой цели [Там же. P. 174].

Таким образом, «окончательный аргумент» в рамках научного реализма связан с анализом когнитивного успеха науки. В рамках формальной модели принятие научным реализмом истины как цели научного исследования также является достаточно обоснованным: объяснение успешности науки находит отражение в способности теорий выдвигать проверяемые предсказания (следствия), которые, в свою очередь, свидетельствуют о правдоподобию теории. Предсказания истинной теории всегда являются истинными (конечно, в том случае, если реконструкция правильная), поэтому, оценивая предсказание конкретной теории на основании успешности ее предсказаний, мы можем сделать вывод о ее приближенной истинности. Как следствие, например, мы можем заключить, что ученый действительно может быть мотивирован в оценке развития научного знания требованием истинности или приближением к истине: выдвигая нетривиальные следствия и находя им подтверждения, мы приближаемся к истине и тем самым реализуем прогресс в развитии научного знания.

Ниже мы покажем, что объяснение успеха науки в области фундаментальных исследований в рамках конструктивного эмпирицизма сопряжено с рядом существенных трудностей, связанных в первую очередь с утверждением Б. ван Фраассена, что истина не является релевантной анализу успешности науки: способность теорий делать новые предсказания не требует объяснения, например, в терминах истины, т. е. через анализ когнитивного успеха науки, а практический успех науки (в производстве наблюдаемых предсказаний и решении эмпирических проблем) в целом не требует объяснения [Fraassen van, 1980]. Данное обстоятельство существенным образом повлияет на наш вердикт относительно возможностей эмпирической адекватности, во-первых, занять место истины в рамках

предложенной формальной системы, описывающей успешность науки, а во-вторых, служить в качестве мотивации научного исследования в области фундаментального естествознания. Конструктивный эмпирицизм как одна из форм инструментализма подчеркивает преимущества оценки успешности научного знания исходя из ее практического успеха, а не когнитивного. На наш взгляд, определенные трудности эмпирического обоснования фундаментальных теорий, и даже не в таких глубоко абстрактных областях научного знания, как теория струн или теория петлевой квантовой гравитации в рамках физики высоких энергий, а в таких рабочих, «повседневных» областях, как, например, физика элементарных частиц, приводят к выводу, что ученый вряд ли может быть мотивирован в оценке развития научного знания ростом (т. е. прогрессом в их достижении) различных показателей, отражающих практический успех науки: понятие практического успеха в области фундаментальных исследований в настоящий момент, по меньшей мере, претерпевает значительную трансформацию в контексте «маргинализации явлений».

По нашему мнению, отмеченная тенденция «маргинализации явлений» уже выступает достаточным основанием для того, чтобы отвергнуть возможность применения инструменталистской схемы для интерпретации фундаментальной научной теории и мотивации научного исследования в области фундаментального естествознания в целом. Напомним, что инструментализм рассматривает объекты исследования научных теорий исключительно как вспомогательные конструкции, структурирующие наблюдаемые явления, данное допущение не может выглядеть убедительным при анализе физики элементарных частиц [Головкин, 2005б. С. 85]. Напротив, конструктивный эмпиризм представляется более обещающим, так как не исключает возможности выдвижения онтологических требований относительно реальности, скрывающейся за наблюдаемыми явлениями, и, что более важно для целей нашего анализа, наблюдаемая «маргинализация явлений» не является препятствием для выдвижения его эпистемологических требований. Можно ли в качестве мотивации построения новых теорий в области фундаментальных исследований рассматривать эмпирическую адекватность?

На наш взгляд, отмеченные выше изменения, произошедшие в физике (и не только в ней) за последние полвека, свидетельствуют о том, что традиционный показатель эмпирического успеха науки – успешная теория должна делать эмпирически проверяемые предсказания – уже не является релевантным отражением успешности науки в области фундаментальных исследований. Разумеется, речь идет не о том, чтобы изгнать из науки «горячо любимый» многими ее «эмпирический дух», а о том, что в рамках формальной модели, в основе которой лежит гипотетико-дедуктивная модель У. Уэвелла, объяснение успешности науки в совре-

менном фундаментальном естествознании не может опираться на показатели ее практического успеха.

Конструктивный эмпирицизм и эмпирическая адекватность

Конструктивный эмпирицизм вполне закономерно рассматривает в качестве индикатора успешности науки эмпирическую адекватность. Рассматривая принятие реалистами истины в качестве цели науки, Б. ван Фраассен подчеркивает, что единственный аргумент в пользу истины, который может предложить реализм, – это вывод к лучшему объяснению:

Если мы следуем тому типу вывода, который используется в реальной науке, то мы должны признать иррациональность нашего неприятия истинности научных теорий, которые уже приняты [Fraassen van, 1980. P. 19].

Неоднозначность принятия вывода к лучшему объяснению в качестве обосновывающей посылки является основанием для выдвижения собственного требования:

...мы всегда хотим верить, что та теория, которая лучше объясняет свидетельства, является эмпирически адекватной, что все наблюдаемые явления таковы, какими они представляются нам этой теорией [Там же. P. 21].

По мнению Б. ван Фраассена, именно ненормативный (методологический в узком смысле) характер эмпирической адекватности и отражает преимущества эмпирицизма перед реализмом. Эмпирицизм утверждает, что основанием для принятия научных утверждений является эмпирическая адекватность, мы действительно можем проверить их наблюдением и экспериментом, все остальное нужно рассматривать с определенным скептицизмом: говоря о прогрессе научного знания, у нас нет оснований рассуждать о чем-либо, кроме практического успеха науки. Реализм, в свою очередь, утверждает, что основанием для принятия научных утверждений является представление об истине, так как когнитивный прогресс в науке олицетворяет собой достижение истины.

На взгляд Б. ван Фраассена, именно в этом заключается коренное различие реализма и конструктивного эмпирицизма: последний полностью свободен от так называемой проблемы пессимистической метаиндукции – принятие фаллибилизма и недоопределенности теории эмпирическими

данными полностью отрицает возможность построения даже правдоподобной теории [Laudan, 1981; Головкин, 2005б]. Б. ван Фраассен сознательно уклоняется от выдвижения нормативных (аксиологических) требований, связанных с эмпирической адекватностью; ему представляется более целесообразным выбрать менее амбициозную (чем истина) точку зрения, к тому же связанную с оценкой практического успеха науки. На наш взгляд, именно приведенное выше сравнение эмпирицизма и реализма демонстрирует невозможность выдвижения конструктивным эмпирицизмом каких-либо аксиологических требований относительно мотивации научных исследований.

Мы уже упоминали о том, что методологический и аксиологический тезисы связаны между собой взаимосвязью целей и норм научного исследования. В рамках конструктивного эмпирицизма эмпирическая адекватность выступает в качестве нормы и даже выражает определенное, связанное с оценкой рациональности научного исследования требование: научная теория должна быть эмпирически адекватна, т. е. удовлетворять эмпирическим данным. Отметим, что это очевидно и для реалиста: эмпирическое содержание истинной теории истинно, т. е. эмпирическое содержание выступает как индикатор истины, а сама истина является предварительным условием научного объяснения. На наш взгляд, эмпирическую адекватность не следует трактовать как цель научного исследования, так как утверждение эмпирической адекватности всегда связано с конкретным *status quo* доступных эмпирических данных и ограничено во времени.

Научный реалист, выдвигая аксиологическое требование относительно истины теории, мотивирует построение новой теории ее подобием истинной теории: новые теории обладают большей истинностью или, по крайней мере, к ней приближаются, что находит отражение в понятии прогресса научного знания. Конструктивный эмпирицизм, опираясь на понятие эмпирической адекватности, не может обеспечить выдвижение аналогичных требований. Например, Э. Макмаллин вообще сомневается в том, что с понятием эмпирической адекватности «можно работать»:

...мы даже не можем быть уверены до конца, что эмпирическую адекватность можно проверить, появление абсолютно новых эмпирических данных, объяснение которых потребовало бы создания новой теории, делает анализируемую теорию не адекватной эмпирически [McMullin, 2003. P. 461].

Требование того, чтобы будущие теории были эмпирически более адекватными или вообще были эмпирически адекватными, установить невозможно, т. е. оценка прогрессивности в достижении цели научного исследова-

дования затруднена. Более того, в рамках приведенной формальной модели успешность науки оценивается как выдвижение проверяемых следствий, а эмпирическая адекватность (в одной из ее форм – актуальной, но не потенциальной) положительно оценивает только те теории, предсказания которых уже подтверждены, т. е. те теории, которые уже являются эмпирически адекватными. В этом случае то, что мы хотим объяснить, находится в прямой зависимости от того, с помощью чего мы объясняем.

Попытка Б. ван Фраассена отнести эмпирическую адекватность к абсолютно всем эмпирическим данным, не связанным с наличным *status quo* эмпирических данных, т. е. попытка сосредоточиться на потенциальной форме эмпирической адекватности, в свою очередь, наталкивается на ряд существенных замечаний, основные из которых сводятся к следующим [Fraassen van, 2003]. Прагматический подход к объяснению Б. ван Фраассена не требует того, чтобы анализируемая теория была истинна, как, например, делает К. Гемпель, говоря о потенциальном объяснении [Hempel, 1965]. Если все же найдется теория, которая потенциально удовлетворяет всем возможным эмпирическим данным, то она будет единственной и все теоретические споры потеряют смысл. Более того, потенциальная эмпирическая адекватность также приводит к проблеме пессимистической метаиндукции: если мы говорим о том, что наши современные теории будут опровергнуты новыми эмпирическими данными, то мы не можем исключать того, что принятые сейчас теории со временем не будут удовлетворять требованию эмпирической адекватности.

Спор о «манере речи»?

Подводя итог анализу конструктивного эмпирицизма, нельзя не отметить тот факт, что основные наши доводы сосредоточены на фактическом разведении аксиологического и методологического (в узком смысле) тезисов, но является ли это разделение значимым в контексте самого конструктивного эмпирицизма? Для научного реализма это разделение представляется очевидным, однако различие может скрываться значительно глубже и заключаться, например, в трактовках терминов «эпистемология» и «гносеология» в конкурирующих профессиональных традициях. Различия между ними не всегда очевидны и принимаются во внимание, но они есть и могут быть полезны при анализе таких вопросов, как, например, то, насколько наши выводы относительно объективной реальности могут быть обоснованы, являются ли наши теории истинными или что позволяет нам говорить об их истинности? Все эти вопросы о знании как об обоснованной истинной вере (*justified true belief*) относят либо к области гносеологии, в основном сосредоточенной на понятии истины,

либо к области эпистемологии, традиционно сосредоточенной на обосновании. На наш взгляд, противопоставление конструктивного эмпирицизма и научного реализма можно оценить более широко, аналогично, например, противопоставлению англосаксонского эмпирицизма (традиционно сосредоточенного на эпистемологической проблематике) и классической континентальной традиции (более сосредоточенной на гносеологических вопросах) или аналогично разведению характеристик методологии (в узком смысле) научного исследования и философской методологии в рамках отечественной философии. Можно даже говорить о смене философской традиции (от гносеологии к эпистемологии), обусловленной сменой поколений.

Наша оценка конструктивного эмпирицизма и научного реализма делает различие эпистемологии и гносеологии существенным. Приведенные выше рассуждения не позволяют нам согласиться с Э. Нагелем, утверждавшим, что

различие между реализмом и инструментализмом является спором о предпочтительной манере речи и что вопрос о том, какой из этих взглядов является более корректным, представляет только терминологический интерес (цит. по: [Максвелл, 2005. С. 37]).

«Маргинализация явлений» в современном фундаментальном естествознании заставляет сделать вывод, что предпочтение анализа мотивации и развития научного знания с позиции гносеологии (истина) является более адекватным, чем предпочтение анализа с позиции практической (применимость). В области фундаментальных исследований сегодня ученый может быть мотивирован требованиями скорее когнитивного прогресса научного знания, чем практического:

Требование теоретической непротиворечивости (theoretical consistency argument) в области физики элементарных частиц приводит к новому пониманию прогресса. Эмпирически фиксируемый результат и теоретическое предсказание поменялись местами. Вершина нашего знания – стандартная модель – была построена исключительно на основе требований симметрии, теоретической строгости и непротиворечивости и успешно предсказала все известные сейчас частицы. Признать, что физика элементарных частиц обоснована (justified), значит признать обоснование (justification) с позиции чего-то за пределами наблюдаемого. Это значит признать то, что мы тратим время и деньги на изучение кварков и бозонов, а не на мистические следы фотонов на фотопленке [Dawid, 2005. P. 8].

Приведенные выше рассуждения помогают нам сформулировать собственный «окончательный аргумент в пользу научного реализма». Наш «окончательный аргумент» состоит в том, что *перед лицом затруднений эмпирической интерпретации результатов современных фундаментальных теорий в рамках выбранной формальной системы предпочтение истинности как показателя успешности и как основания для мотивации дальнейших научных исследований перед эмпирической адекватностью является более обоснованным, отвечающим требованиям современной фундаментальной науки*. В области фундаментальных исследований мы скорее найдем критерии, способные оценить прогресс в достижении когнитивных целей, чем критерии, которые свяжут успех науки с ее практическим успехом. Научный реализм дает наилучшее (если не единственное) объяснение прогресса науки в области фундаментального естествознания!

§ 4.4. К вопросу о реалистской интерпретации релятивистского эфира

Итак, рассмотрев «окончательный аргумент» и основную аргументацию в пользу принятия реализма, попытаемся ответить на вопрос: является ли релятивистский эфир реальным, можем ли мы убедительно показать то, что предположение о существовании релятивистского эфира является предположением о реальности «как она есть на самом деле», а не только предположением о реальности «как она открывается нам»? Как сказано выше, в любом случае это вопросы относительно статуса (интерпретации) теоретического термина (см. § 4.3). Одна из широко обсуждаемых экспликаций перехода от теоретического термина к теоретическому объекту в области физики связана с понятиями инвариантности и симметрии (сохранения). Достаточно вспомнить «школьные» примеры демонстрации перехода от механики Ньютона к специальной и далее к общей теориям относительности на основе представления об инвариантности и сохранении законов физики [Головкин, Симанов, Сторожук, 2003] (см. дополнение А). На наш взгляд, анализ симметрии свойств пространства-времени, представление о фундаментальности свойства сохранения позволяют перейти к обоснованию онтологического статуса гипотезы релятивистской инвариантной среды (релятивистского эфира) (см. гл. 3).

Как отмечено выше (см. примеч. 3 к данной главе), адекватная интерпретация теоретического термина требует наличия некоторого внешнего критерия, который позволил бы контролировать ее адекватность. В качестве такого критерия выберем абдуктивный вывод. Мы будем придержи-

ваться той точки зрения, что абдуктивный вывод является достаточным основанием для того, чтобы говорить об обоснованности нашего заключения, а также для придания теоретическим объектам (относительно которых строится анализируемая гипотеза) искомого содержания. Конечно, связь онтологического статуса теоретического объекта и абдуктивного вывода может показаться чрезмерно прямолинейной, однако наша цель – показать возможность приведения различных реалистских по духу аргументов, которые в свою очередь будут свидетельствовать в пользу укрепления убеждений в том, что рассматриваемый объект (гипотеза) обладает определенным денотатом.

В гл. 3 отмечалось, что анализ феноменологии фундаментальных физических постоянных приводит к необходимости постулирования гипотетической релятивистской инвариантной среды, которая в свою очередь характеризуется рядом исключительных относительно вещественно-полевого наблюдателя свойств, таких как предельный характер характеризующих ее величин (фундаментальные постоянные и образуемые из них исходя из соображений размерности комплексы, которые и характеризуют эту среду, играют роль недостижимых пределов соответствующих шкал характеристик вещественно-полевых объектов), характерное уравнение состояния с отрицательным давлением, релятивистский (инвариантный) покой (любая связанная со средой система отсчета является сопутствующей) и пр. На наш взгляд, последнее свойство (инвариантный покой) является онтологическим, т. е. сопряженным с объективным свойством не зависящей от нас реальности. Данное обстоятельство, по нашему мнению, может считаться одним из аргументов в пользу обоснования онтологического статуса гипотезы релятивистского эфира. В данном случае понятие «эфир» естественно относится к гипотетической среде, принадлежащей «внешнему» по отношению к вещественно-полевому уровню реальности, в рамках которой «разворачивается» наша Вселенная, характеризующаяся наблюдаемыми значениями фундаментальных физических постоянных (h , c , G , K). Нетрудно проследить определенную преемственность с аналогичным понятием физики конца XIX в. (см. § 3.4).

Напомним, что для множества физических длин планковская длина в рамках РСТО является «аналогом» скорости света для множества скоростей в рамках самой СТО. Последняя является онтологической характеристикой; не уменьшая общности, можно считать, что и первая будет являться онтологической по построению. Данное утверждение требует доказательства более общей теоремы в теории размерности относительно связи величин (обладающих необходимым свойством) и комплекса, составленного из них. Следует отметить, что в рамках самой теории размерности такая теорема отсутствует [Кутателадзе, 1986; Дибай, Каплан, 1976]. Однако, не нарушая общности, для обоснования свойства предель-

ности комплекса величин, составленного из предельных, мы можем использовать более общее утверждение, так называемый $\hbar cG$ -принцип, рассмотренный в гл. 3:

В нашей Вселенной все физические величины имеют свои планковские инвариантные значения, которые в физических теориях играют, в частности, ограничивающую роль, или, в более широком смысле, роль актуального нуля или актуальной бесконечности в соответствующих концептуальных теоретических моделях реальности [Жорухов, 2002].

Напомним, что представление об инвариантном покое гипотетической релятивистской инвариантной среды появляется вследствие анализа кинематики (свойств движения) вещественных объектов при приближении линейного размера к планковскому значению. Таким образом, предположение о том, что инвариантный покой является онтологическим свойством, можно считать обоснованным в силу фундаментальной роли выражений, его составляющих.

Будем исходить из того, что придать реалистский статус теории или гипотезе (привести реалистский по духу аргумент в пользу теории или гипотезы) значит обосновать ее абдуктивно. В настоящее время абдуктивный вывод завоевывает все большую популярность среди других амплиативных выводов. В частности, с помощью него получает обоснование сам научный реализм. Абдуктивный вывод, например, служит основанием для постановки диагноза в медицине или для принятия решения суда в судебной практике, на его основе строятся модели искусственного интеллекта и т. д. Приведем пример, иллюстрирующий абдуктивный аргумент: «Если утверждение истинно, то оно просто. Данное утверждение просто, значит, оно истинно». Таким образом, суть аргумента сводится к выдвиганию гипотезы, объясняющей некоторый набор релевантных данных (поэтому иногда абдуктивный вывод называют гипотетическим), и ее проверке [Hintikka, 1999; Josephson, 1999; Magnani, 2001]. Выдвинем следующую гипотезу: *свойство инвариантного покоя является выражением свойства определенной симметрии пространства-времени на планковских масштабах*. В том случае если последнее нам удастся показать, мы сможем утверждать, что анализируемое свойство (инвариантный покой) обоснованно абдуктивно.

Рассуждения о симметрии свойств пространства-времени, как правило, связаны с анализом (хотя и исключительно теоретическим) двух эмпирически различных сценариев (изменяющейся и неизменяющейся систем отсчета) [Brading, Brown, 2004; Kosso, 2000] (см. дополнение А). Свойство инвариантного покоя нарушает это представление: любая (!) система отсчета, связанная с релятивистским эфиром, является сопутст-

вующей. В то же время предполагается, что симметрия является следствием анализа уравнений движения. В данном случае мы можем предложить только одну кинематическую характеристику среды – инвариантный покой. Достаточно ли этого для того, чтобы сделать вывод о наличии свойства симметрии, с ним связанного? Традиционно рассматривают два вида симметрий: глобальные (зависящие от константного параметра, например, сдвиг или вращение в классической механике) и локальные (зависящие от произвольных гладких функций координат, например, симметрия уравнения ОТО). Очевидно, свойство инвариантного покоя не может быть свойством глобальной симметрии пространства-времени, так как это потребовало бы наличия эмпирически различимых систем отсчета для вещественного наблюдателя и для эфира, что невозможно.

Как правило, локальные симметрии подтверждаются косвенно исходя из анализа уравнений движения, однако, как сказано выше, по крайней мере, сейчас мы можем привести только одно свойство анализируемой среды – инвариантный покой. На наш взгляд, данное обстоятельство неслучайно. По выражению П. Коссо, сохранение локальной симметрии есть средство введения новой силы (например, как это было при формировании ОТО: принцип эквивалентности вводит силу гравитации) – «сила восстанавливает симметрию» [Kosso, 2000]. В рассматриваемом случае динамический принцип, восстанавливающий симметрию, т. е. объясняющий переход от вещественного наблюдателя к релятивистской среде, пока не обнаружен, возможно, именно в силу предельного характера величин, присущих последней. Таким образом, остается лишь гипотетически (в абдуктивном смысле) признать, что свойство инвариантного покоя является локальной симметрией релятивистского эфира, т. е. мы можем говорить, что гипотеза получает абдуктивное обоснование, но само это обоснование получается неполным. Впрочем, можно привести дополнительные соображения в пользу локальности симметрии свойств релятивистского эфира, отметим, например, рассуждения О. В. Шарыпова о необходимости искривления пространства «в малом» в рамках расширенной специальной теории относительности [Шарыпов, 1998].

Таким образом, нам удалось абдуктивно обосновать (с некоторыми оговорками) тезис о том, что гипотетическая релятивистская инвариантная среда обладает онтологической характеристикой – инвариантным покоем, являющейся локальной симметрией свойств пространства-времени на планковских масштабах. На наш взгляд, данное обстоятельство является дополнительным (реалистским по духу) аргументом в пользу обоснования онтологического статуса гипотезы релятивистского эфира.

ПРИМЕЧАНИЯ

Предисловие

¹ В данном пособии мы будем использовать термин «реалистский» для обозначения позиции, соответствующей научному реализму (например, И. Ниинилуото). Понятие «реализм», вне всякого сомнения, является одним из самых нагруженных в смысловом отношении понятий в области философии. Отдавая отчет в том, что русская транскрипция понятия «realistic» может зависеть от контекста, мы полагаем, что использование, например, прилагательного «реалистический» в нашем случае было бы недостаточно адекватным. То же можно сказать относительно понятия «эмпирицизм». Эмпиризм как направление в философии формируется вместе с бэконовской или локковской интенцией полагать эмпирические (чувственные) данные единственным источником знания. Современный эмпирицизм (например, Б. ван Фраассена) в основном сосредоточен на обсуждении гносеологической составляющей проблемы интерпретации теоретических объектов теории.

Количество нюансов, которые могут возникать при переводе соответствующих понятий, безгранично. В частности, термины «эпистемический» и «эпистемологический» нельзя считать эквивалентными, последний традиционно связан с проблемой определения знания, анализом «третьего условия» и т. д., а первый, например, может отражать представление о гносеологическом статусе научной теории. Отметим, что в данном случае мы не имеем в виду традиционные проблемы перевода, например, таких терминов, как «вера» (belief), «воспринимающий субъект» (individual) или «подкрепление» (warrant) – этих «кошмаров переводчика». С позиции литературного редактора ряд транскрипций этих и многих других терминов звучат «не по-русски», многие коннотации исторически ангажированы, заняты, однако, на наш взгляд, мы имеем право говорить о знании как об «обоснованной истинной вере», никак не намекая на веру религиозную (faith). Любые попытки заменить термин «вера», например, на термин «убеждение» могут привести к самым плачевным последствиям.

Введение

¹ По мнению Ричарда Карнапа, проблема реальности пространства и времени для физической теории является «внешней», т. е. псевдопроблемой. «Лингвистический поворот» достаточно четко обозначил решение проблемы демаркации: научные теории должны верифицироваться, т. е. подтверждаться эмпирически. Соответственно в рамках позитивизма любое рассуждение о реальности как таковой расценивается как метафизическое, не связанное ни с областью исследования физики, ни с собственно философскими вопросами.

² В рамках пособия мы каждый раз будем обращаться к разделению природы или реальности «как она нам представляется» или «как она открывается нам» и природы или реальности «как она есть на самом деле». В реалистской перспективе реальность существует объективно и собственно проблема дифференциации реализма как философского направления уже состоит в том, чтобы ответить на вопрос, как она связана с тем миром, который «дан нам в ощущениях». Например, научный реализм говорит о соотношении «теоретических сущностей» успешных научных теорий и объективной реальности, Платон говорит об иерархии абсолютных идей, Кант говорит о непознаваемой вещи в себе, Ленин говорит об объективной истине и т. д. Будучи сенсуалистами (иррациональный мистицизм не приветствуется по понятным причинам), мы четко понимаем, что природа «в каком-то виде дана нам» т. е. то, «как она открывается нам» в содержании данных органов чувств, может существенно отличаться от природы «как она есть на самом деле».

³ Современный научный реализм – очень строгая философская концепция, которая возникает практически одновременно с современной аналитической философией в рамках позднего логического позитивизма, точнее, в 50-х гг. XX в. Традиционно предполагается, что реализм возникает вследствие неудачи проекта элиминации теоретических терминов [Niiniluoto, 2002]. В настоящее время существует много направлений научного реализма [Rapineau, 1996]. Приведем основные отличительные черты большинства из них: 1) научный реализм утверждает существование независимой от сознания реальности (онтологический реализм), что составляет известное преимущество и обеспечивает необходимую обоснованность убеждений при построении адекватной физической интерпретации ненаблюдаемых сущностей; 2) научный реализм утверждает, что теоретические объекты успешных, хорошо проинтерпретированных теорий соответствуют реальности; 3) научный реализм рассматривает теории как попытки объяснить реальность, истинное знание о которой достижимо, а также рассматривает прогресс научного знания в терминах увеличения правдоподобия нашего знания (эпистемологический реализм). Суще-

ственным отличием научного реализма, например от таких форм антиреализма, как дескриптивизм или инструментализм, является представление о том, что все научные утверждения в научных теориях имеют истинное значение. Научный реалист рассматривает теории как серьезные попытки описания и объяснения реальности. В том случае если предсказания теории проверяемы эмпирически, теория может описывать явления в принципиально ненаблюдаемой области, постулируя существование теоретических сущностей.

Наша собственная интерпретация научного реализма основана на разделении не только онтологического и эпистемологического тезисов, на чем фактически строится реалистская позиция в рамках данного пособия, а как минимум на разделении онтологического, эпистемологического, семантического, методологического и аксиологического тезисов [Головкин, 2005б]. В любом случае разделение онтологического и эпистемологического тезисов является классической постановкой проблемы противостояния реализма и антиреализма в контексте анализа адекватности научного знания.

Глава 1. Многообразие свойств пространства и времени

¹ Имеется в виду противостояние линий Аристотеля (пространство как совокупность мест объектов) и Демокрита (пространство – пустота, не зависящая от тел), имевшая продолжение в полемике Лейбница со сторонниками Ньютона, а также в судьбе представлений о первосубстанции, эфире (картезианцы и последовательные релятивисты).

² Дискуссия по этому вопросу, развернувшаяся в середине XX в., проходила в период неклассического развития физических представлений и отражала сложившуюся тогда точку зрения на структуру и природу пространства. Основным достигнутым результатом, по-видимому, можно считать утверждение, что нет и не может быть онтологического подтверждения той или иной геометрической системы, применяемой для геометризации пространственного континуума (понимаемого как исключительно непрерывное многообразие). На современном этапе подобное конвенциональное решение этого вопроса признается неудовлетворительным в силу неясности представления о фоне, на котором разворачиваются взаимодействия объектов и который должен обладать свойствами, отвечающими наблюдаемым свойствам перцептуального физического пространства невзаимодействующих объектов (свойствам трехмерности, однородности, изотропности и т. д.).

³ «Геометрия Евклида могла бы более импонировать Галилею, так как фактически противоречила аристотелевской идее движения, которое оп-

ределяется начальным и конечным состоянием покоя, но она затруднила геометрическое представление движения из-за необходимости экстраполяции его на бесконечность. Данное затруднение заставило его обратить внимание на геометрию Архимеда, конечно же связанную с геометрией Евклида, но в отличие от нее наполненную механическим содержанием. Единство физики и геометрии у Архимеда, не выходящее за пределы конечной Вселенной, послужило теоретической основой для развития механики Галилея» [Симанов, Стригачев, 1992. С. 38].

⁴ Методологическое требование описания физических процессов посредством выявления инвариантных сохраняющихся величин, определяемых самой физикой процесса (в нашем случае – физическими свойствами самого пространства-времени), возникло во второй половине XX в.

⁵ Речь идет о методологическом принципе физики – принципе простоты. В общем случае методологический принцип простоты требует от нас не вводить новых сущностей, прежде чем укрепится убеждение в том, что возможности существующей теории окончательно исчерпаны. Например, по мнению Эйнштейна, для признания истинности теории необходимо, чтобы она была простой. Он писал, что теория тем лучше, «...чем проще ее предпосылки, чем разнообразнее предметы, которые она связывает, и чем шире область ее применения» [Эйнштейн, 1967. С. 270]. В контексте нашего исследования следует отметить также соотношение, существующее между простотой, инвариантностью и симметрией. В общем случае можно сказать, что более простая теория имеет более высокую степень инвариантности, т. е. более высокую симметрию. Как утверждал Эйнштейн, теория тем совершеннее, «...чем проще положенная в ее основу “структура” поля и чем шире та группа, относительно которой уравнения поля инвариантны» [Там же. С. 287].

⁶ Двумерное комплексное время Бунге [Bunge M. A picture of the electron // *Nuovo Cimento*. 1955. Ser. 10. V. 1. P. 977], двумерное время Доббса, Уитроу, Милна и др. [Dobbs H. A. C. The relation between the time of psychology and the time of physics // *Brit. J. Philos. Sci.* 1951. V. 2, N 6. P. 122–141; N 7. P. 177–192; Уитроу Дж. Естественная философия времени. М.: Прогресс, 1964. С. 379–393; Milne E. A. The inverse law of gravitation // *Proc. Roy. Soc. London. Ser. A.* 1937. V. 160, N 900. P. 8].

Глава 2. Феномен и реальность

¹ Прогрессу научного знания, научной революции XX в. посвящено большое количество работ. Сам факт необычайного развития науки на рубеже XIX–XX вв. и все ускоряющиеся темпы научно-технической революции в XX в. и, уже можно с уверенностью говорить, в XXI в., естест-

венно, является весьма обширным полем исследования не только для философа, но и для культуролога, социолога, историка и многих других исследователей, специализирующихся в различных областях знания. Следует отметить, что в конце XX в. в литературе появилось достаточно много рассуждений относительно «конца науки». Один из ярких примеров – книга Дж. Хоргана «Конец науки» [Хорган, 2001], хотя можно привести и много других аналогичных произведений, менее известных у нас в стране, например нашумевшую книгу Д. Линдлей «Конец физики» [Lindley, 1994]. Основное направление критики – потеря эмпирического содержания науки, так называемая маргинализация явлений, что естественно находит отражение в сомнениях относительно эпистемологического статуса такого «иронического» (Дж. Хорган) знания. Это уникальное явление развития теоретического знания конца XX в. подробно рассматривается в гл. 4.

² Естественно, эпистемология как часть философии занимается изучением более широких вопросов; традиционно мы говорим, что эпистемология, или теория познания, занимается опровержением скептического аргумента «откуда вы знаете то, что вы знаете?». В данном случае мы рассматриваем один из возможных аспектов постановки эпистемологических вопросов. Более того, если можно было бы говорить отдельно об эпистемологии науки (ряд исследователей указывают на недопустимость этого либо на то, что эпистемология по определению связана с анализом научного знания), а на наш взгляд, это необходимо, поскольку, с одной стороны, таким образом мы ограничим достаточно общее определение знания как «обоснованного истинного убеждения» областью применения, а с другой – у нас появится платформа для натурализации эпистемологии, в зависимости от успешности которой можно рассчитывать на появление «нетривиальных» результатов в области анализа именно научного знания.

³ Эффекты, предсказанные СТО, иногда действительно представляют парадоксальными, однако имеют под собой эмпирически проверенную научную основу. Опираясь на повседневный опыт, трудно представить, что длина линейки в движущейся инерциальной системе сокращается в направлении движения, а временной интервал увеличивается (см. дополнение А). В связи с этим, например, нередко обращаются к *парадоксу близнецов*, который приводят для иллюстрации. Пусть один из близнецов (Ричард) отправляется в космос, а другой (Боб) остается на Земле. Поскольку в равномерно движущемся с огромной скоростью (близкой к скорости света) космическом корабле темп времени замедляется (эффект, предсказанный СТО) и все процессы проходят медленнее, чем на Земле, то космонавт (Ричард), вернувшись, окажется моложе брата (Боба). Это результат, парадоксальный с точки зрения привычных представлений, но вполне объяснимый с позиции СТО.

В пользу СТО, например, говорят результаты наблюдений за m -мезонами или μ онами. Средняя продолжительность существования в собственной системе отсчета таких частиц порядка 2 мкс, но тем не менее некоторые из них, образуясь на высоте более 10 км (в результате столкновения космических лучей с ионосферой Земли) долетают до поверхности Земли. Как объяснить этот факт? В разных системах отсчета продолжительность существования мюонов определяется по-разному. С нашей точки зрения, они живут значительно больше, так как движутся со скоростью, близкой к скорости света.

⁴ Говоря о релятивистском представлении массы, следует быть чрезвычайно осторожным. С одной стороны, предсказанный релятивистский эффект «увеличения» массы традиционно предлагают как одну из иллюстраций «необычности» СТО, с другой – есть все основания полагать, что увеличения массы не происходит, поскольку радикал, который присутствует в известной формуле, может относиться к значению скорости; все дело в том, как «читать формулу», само понятие четырехскорости подталкивает нас к тому, чтобы принять увеличивающимся импульс, а не массу [Корухов, 2001; Угаров, 1977; Окунь, 1989].

⁵ Понятие одновременности событий является, пожалуй, одним из ключевых в СТО. Эйнштейн начинает формулировку СТО с определения одновременности событий и синхронизации часов: «Все наши суждения, в которых время играет какую-либо роль, всегда являются суждениями об одновременных событиях... Время события – это одновременное с событием показание покоящихся часов, которые находятся в месте события и которые идут синхронно с некоторыми определенными покоящимися часами, причем одними и теми же для всех определений времени» [Эйнштейн, 2000. С. 10–11].

Сам Эйнштейн приводит следующий мысленный эксперимент, который иллюстрирует его понятие *синхронизации* часов. Пусть в точках пространства A и B помещены часы, «без дальнейших предположений невозможно сравнить во времени какое-либо событие в A с событием в B », однако мы можем определить собственное время t_A и t_B для событий в соответствующих точках «путем наблюдения одновременных с этими событиями положений стрелок часов». Как определить время, «общее» для A и B ? «Последнее можно установить, *вводя определение* (курсив наш. – Н. Г.), что время, необходимое для прохождения света из A в B , равно времени, требуемому для прохождения света из B в A ». Пусть в момент t_A по « A -времени» луч света выходит из A в B , отражается в момент t_B по « B -времени» от B к A и возвращается назад в A в момент t'_A по « A -времени». Часы в A и B будут идти синхронно, если $t_B - t_A = t'_A - t_B$. Та-

ким образом, можно получить, что скорость света $c = 2AB / (t'_A - t_A)$ есть величина, универсальная для ключевого понятия СТО – понятия синхронизации часов. Обсуждению проблемы одновременности событий и синхронизации часов посвящено большое количество работ, для самостоятельного изучения можно порекомендовать работу Ю. И. Наберухина «Ключевой момент первой статьи Эйнштейна о теории относительности» [Наберухин, 2005].

На основании приведенных выше рассуждений можно показать, что само понятие *одновременности* в рамках СТО является относительным. Пусть система координат K' движется относительно системы K равномерно со скоростью V вдоль оси x . В системе K' расположен стержень с концами A и B длиной $2l$. Предположим, из середины стержня (точки C) одновременно по «С-времени» выпускают по лучу света в стороны A и B . Для собственного времени в системе K' время, за которое свет дойдет до A и B , будет одинаковым: $\Delta t'_A = \Delta t'_B = l/c$, события будут одновременными. Что происходит в системе K ? Здесь концы стержня A и B движутся, т. е. можно записать $c\Delta t_A = l - V\Delta t_A$, откуда $\Delta t_A = l / (c + V)$, аналогично $\Delta t_B = l / (c - V)$, где t_A, t_B – время, за которое свет доходит до A и B соответственно в системе K . Событие, одновременное в системе K' , в системе K одновременным *не будет*.

⁶ В поле тяготения световые лучи распространяются криволинейно, точнее, по *геодезическим линиям*, отрезки которых являются кратчайшим расстоянием между двумя точками, т. е. аналогом прямых в геометрии Евклида (см. дополнение А). Для полей тяготения, доступных нашему наблюдению, такое искривление световых лучей слишком мало, чтобы проверить его экспериментально, однако его можно измерить, если луч будет проходить, например, вблизи Солнца. Впервые такие измерения были проведены во время полного солнечного затмения в 1919 г., и они полностью подтвердили предсказания ОТО.

Глава 3. Модель дискретно-непрерывной структуры пространства-времени

¹ По-видимому, можно говорить о том, что представления о дискретности никогда не «выходили из моды» (достаточно вспомнить атомизм Демокрита, рассуждения Зенона или корпускулярную теорию света Ньютона). Однако именно квантовая механика закрепила необходимость наличия дискретного элемента (кванта излучения) в описании природы, до этого континуальная физика, поддерживаемая математическим аппаратом

интегрального и дифференциального исчисления, разработанного Ньютоном, фактически препятствовала на методологическом уровне введению дискретных величин.

² В конце XIX в. Макс Планк исходя из соображения размерности вывел комплексы с размерностью длины, времени и массы, составленные из фундаментальных физических постоянных: постоянной скорости света c , постоянной Планка \hbar и гравитационной постоянной G [Планк, 1966]:

$$l_{pl} = (\hbar G / c^3)^{1/2}, t_{pl} = (\hbar G / c^5)^{1/2}, m_{pl} = (\hbar G / c)^{1/2}.$$

В настоящее время имеется достаточно оснований предполагать, что «сконструированные» таким образом величины обладают определенными предельными значениями или выделенными характеристиками, в частности уже Планк, который впервые теоретическим путем нашел абсолютные величины длины, времени и массы, отмечал, что длина и время оказались величинами, принципиально лежащими за пределами возможностей экспериментальной физики как таковой.

Отметим, что до сих пор не решена проблема «окончательного списка» фундаментальных физических постоянных. В связи с этим проблема составления планковских величин возникает в новой плоскости: чему будут соответствовать комплексы, составленные из соображений размерности, например из постоянных \hbar , c , G и постоянной Больцмана k (см., например: [Пономарев, 1984; Корухов, 2002])?

³ В частности, можно вернуться к анализу свойств кекинемы, реновации и изотаксии в концептуальной модели такой необычной среды, который был выполнен В. В. Коруховым [Корухов, 2001].

Свойство *кекинемы* требует неделимости элементарного движения. Другими словами, «в элементарном движении нельзя различать стадии движения – оно неделимо и, следовательно, для него “двигаться” и “продвинуться”, “идти” и “прийти”, равно как и другие глаголы движения несовершенного и совершенного вида – синонимы». В рамках концепции «чисто» дискретного пространства и времени наблюдение элементарного движения объекта по решетке невозможно. В аристотелевской формулировке: «По неделимому пути ничто не может двигаться, а сразу же является продвинувшимся». В рамках модели дискретно-непрерывной структуры пространства в силу инвариантного покоя наблюдателя и планкеоновой среды отсутствует их взаимное движение. А поскольку нет движения объекта относительно решетки, постольку нет и необходимости различать стадии их относительного движения. Обоснование свойства кекинемы в рамках модели становится излишним.

Свойство *реновации* представляет рекреационный механизм перемещения, когда нет непрерывного движения, а есть только результат перемещения. При этом процесс движения рассматривается «как ряд последо-

вательных исчезновений и рождений частицы: частица исчезает в данной точке пространства и появляется в некоторой другой точке, затем исчезает в той же точке и появляется в другой точке, где затем также исчезает, чтобы возникнуть в следующей новой точке, и т. д., и т. д.». Как и свойство кекинемы, свойство реновации является порождением представлений о механизме движения частицы по решетке. Практически все попытки описать свойство реновации предпринимались в рамках классической перцептуальной модели дискретного пространства и времени, прообраз которой представлен в современном естествознании периодической решеткой твердого тела. В модели дискретно-непрерывного пространства в силу отсутствия относительного движения частицы и среды также нет необходимости объяснять несуществующее свойство реновации. Движения по решетке нет.

Подробный анализ свойства *изотахии* дан в работах [Вяльцев, 1965; Корухов, 2001; Корухов, 2002].

⁴ В частности, особо хотелось бы отметить еще одну нетривиальную идею, получающую развитие в работах В. В. Корухова, – идею существования неинвариантных предельных масштабов для объектов вещественно-полевого уровня реальности, которые сами по себе также являются следствием наличия в нашем мире ФФП и подчиняются $\hbar c G$ -принципу. Неинвариантный предельный масштаб – это масштаб, за которым соответствующая вещественно-полевая структура «распадается» [Корухов, 2002]. Идея заключается в следующем: поскольку существование планковских значений длины, массы и т. д. указывает на предел вещественно-полевого описания, существование самих вещественно-полевых структур приводит к наличию неинвариантных (не планковских) значений-пределов, которые могут быть ответственны за «локализацию» (эволюцию, строение, «физику» и т. д.) данной структуры. Физика *никогда «не будет работать»* с планковской длиной, однако представления о ней достаточно для того, чтобы «решить» проблему, «обгонит ли Ахиллес черепаху» [Корухов, 2001]. Другой пример – предельная скорость V_{\max} , которая является функцией параметров конкретного объекта. Возможно, обоснование таких фундаментальных свойств пространства-времени, как размерность или кривизна, равно как и научное обоснование «фантастических» представлений о телепортации или машине времени, будет связано с анализом неинвариантных предельных значений соответствующих вещественно-полевых объектов.

Глава 4. Научный реализм в эпоху возрождения эфира

¹ В январе 2003 г. группа японских ученых опубликовала работу, появление которой вызвало определенный интерес среди исследователей, занимающихся как проблемами физики высоких энергий, так и проблемами философского осмысления современного естествознания. Суть работы сводилась к тому, что физикам удалось найти резонанс, который с достаточно высокой долей вероятности можно связать с частицей, такой как барион с положительной странностью.

Оригинальная работа называлась «Observation of $S = +1$ Baryon Resonance in Photo-production from Neutron» – arXiv:hep-ex/0301020 v1 14 Jan 2003, работа также доступна на <http://ru.arxiv.org/abs/hep-ex/0301020>. Часть научного сообщества, мотивированная успехами стандартной модели, достаточно быстро нашла выход из создавшегося положения, введя в научный обиход новую гипотезу ad-hoc: обнаруженный резонанс предположительно является «экзотическим» пятикварковым состоянием. Можно привести несколько статей из известного журнала «CERN Courier», содержание которых позволяет сделать следующий вывод: существование пентакварка твердо установлено [Sutton 2003a, 2003б, 2003в].

Проблема состоит в том, что оригинальная кварковая модель, в которой барион представляется как трехкварковое состояние, не предполагала существование такой частицы. Стандартная модель взаимодействия элементарных частиц – последняя из общепризнанных фундаментальных научных теорий в физике элементарных частиц, успешно описывающая эффекты в высокоэнергетических сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях. Однако, по мнению И. П. Иванова, «в последние годы стали все чаще и чаще появляться экспериментальные данные, свидетельствующие о наличии в Стандартной Модели серьезных “неувязок”, стали появляться интересные результаты непрямых, косвенных проверок. В отличие от прямых поисков, где эффект – это, скажем, открытие новой тяжелой элементарной частицы, отсутствующей в наборе, в косвенных проверках новым эффектом является наблюдение каких-либо несогласованностей, несостыковок разных экспериментально наблюдаемых величин друг с другом. Эти несостыковки очень малы, однако благодаря высокой точности экспериментов они могут оказаться статистически вполне значимыми. Классическим примером такой несостыковки является, например, отличие значения аномального магнитного момента мюона от теоретических предсказаний» (См.: *Иванов И. П.* Последние дни Стандартной Модели? // Электрон. ресурс: <http://www.scientific.ru/journal/news/0702/n140702.html>; см. также: *Иванов И. П.* Открытие нового мезона:

теоретики во всеоружии // Электрон. ресурс: <http://www.scientific.ru/journal/news/0503/n120503.html>).

Возможно, дальнейшее развитие стандартной модели приведет к предсказанию других эффектов, не прогнозируемых ею, однако мы принимаем, что солитонная концепция получила косвенное эмпирическое подтверждение на основании «статистической значимости» зарегистрированного сигнала – зафиксированного в базовой модели способа обоснования нового результата. В данном случае имеет место подход, когда дополнительная гипотеза выступает «против» базовой теории в ситуации, когда никаких «критических» противоречий между конкурирующими теориями нет. Несмотря на то что эксперимент, проведенный японскими учеными, был далеко не тривиальным, по точности теоретических предсказаний описания различных свойств элементарных частиц солитонная модель практически не отличается от предсказаний кварковой модели (см., например: *Копелювич В. Б.* Топологические солитонные модели барионов и их предсказания // Электрон. ресурс: <http://www.scientific.ru/journal/kopel.html>, а также работы arXiv:hep-ph/0303138 и arXiv:hep-ph/9703373).

В настоящее время под давлением новых эмпирических данных и успешности других предсказаний нового подхода в рамках стандартной модели физики элементарных частиц практически общепринятым считается существование пентакварковых состояний барионов. Согласно материалам сайта PhysicsWeb (www.physicsweb.org) открытие пентакваркового состояния барионов является основным результатом в физике элементарных частиц за 2004 г. (см., например: *Aktas A. et al.* Evidence for a narrow anti-charmed baryon state // Электрон. ресурс: arXiv.org/abs/hep-ex/0403017; *Alt C. et al.* Evidence for an exotic $S = -2$, $Q = -2$ baryon resonance in proton-proton collisions at the CERN SPS // *Phys. Rev. Lett.* 2004. V. 92. N 042003; *Kubarovsky V. et al.* Observation of an exotic baryon with $S = +1$ in photoproduction from the proton // *Phys. Rev. Lett.* 2004. V. 92. N 032001.

² Приверженец научного реализма рассматривает теории как серьезные попытки описания и объяснения реальности. В том случае если предсказания теории проверяемы эмпирически, теория может описывать явления в принципиально ненаблюдаемой области, постулируя существование теоретических сущностей. По мнению У. Селларса, приведенное требование обязано сопровождаться разделением семантических отношений теории и реальности, попыткой описания которой она выступает, и методологических отношений теории и эмпирических процедур, используемых для проверки этой теории [Sellars, 1963]. Например, квантовая механика является теорией относительно микромира элементарных частиц, а не относительно наблюдений и измерений, проводимых в лабора-

тории. В общем случае понятия теории, реальности и наблюдения (эксперимента) связываются соответственно через понятия описания, взаимодействия и проверки. Вопрос о том, насколько хорошо теория описывает или представляет реальность, принадлежит области семантики. Истинное значение теории не принадлежит области эпистемологического реализма: процесс проверки теории не влияет на ее истинное значение, скорее он влияет на нашу рациональную оценку ее истинного значения. «Научный реализм должен различать вопросы проверки (testability) теории, методологические отношения между теорией и наблюдением, с одной стороны, и значения (meaning), семантические отношения между теорией и реальностью, с другой» [Niiniluoto, 2002. P. 120].

³ Ранее мы уже указывали, что выбор научного реализма в контексте проблемы «маргинализации явления» ведет к тому, что предметом философско-методологического анализа становится не сама теория, а интерпретация теоретического термина внутри теории [Головко, 2005б]. Под теоретическим термином, в отличие от наблюдаемого (который является эффективно разрешимым относительно терминов наблюдения), мы понимаем термин, который вводится в теорию для построения объяснения и в силу этого обладает дополнительным содержанием, которое не сводится к процедурам экспериментирования, наблюдения или даже вычисления. Рассмотрение нами проблемы соотношения концептуальной модели и реальности в области, где эмпирическая проверка предсказаний теории затруднена, требует от интерпретаций теоретических терминов наличия некоторого внешнего критерия, который позволил бы контролировать адекватность этих интерпретаций. Вывод к лучшему объяснению, индукция, дедукция, простота, объяснительная сила, красота и т. д. есть процедуры отбора удовлетворительных интерпретаций теоретических терминов. Отметим, что в рамках данного пособия эта интересная тема – анализ интерпретаций теоретических терминов – не входит в число поставленных задач.

Дополнение А

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПА ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Но если и нет утешения в плодах нашего исследования, есть, по крайней мере, какое-то утешение в самом исследовании... Попытка понять Вселенную – одна из очень немногих вещей, которые чуть поднимают человеческую жизнь над уровнем фарса и придают ей черты высокой трагедии.

Стивен Вайнберг

Обсуждению принципа относительности и «динамической» взаимосвязи представлений об относительности движения и законов физики в целом в рамках представлений Галилея, в механике Ньютона и в теории относительности Эйнштейна (как специальной, так и общей) посвящено достаточно много работ, как у нас в стране, так и за рубежом. Особенностью большинства этих исследований можно считать то, что все они используют различные подходы для того, чтобы «прийти» к идее относительности. В частности, в 2003 г. в журнале «Философия науки» вышла совместная работа Н. В. Головки, А. Л. Симанова и А. Ю. Сторожук «Специальная теория относительности: основные предпосылки и идеи», в которой предложен один из таких возможных подходов, указывающий на глубокую взаимосвязь идей СТО и истории развития физики на рубеже XIX–XX вв.

Ниже представлен наиболее простой, на наш взгляд, в определенной степени «математический» подход к интерпретации принципа относительности, который связывает ключевые моменты представлений Галилея, Ньютона и Эйнштейна об относительности законов физики и основные характеристики их математических моделей структуры пространства (и пространства-времени). Суть подхода заключается в методологической установке: принцип относительности работает не только как удобный способ представления и поиска объективных инвариантов для данной модели структуры пространства-времени, но и как регулятив, контроли-

рующей область применения самой модели. Другими словами, принятие принципа относительности «заставляет» нас искать инварианты в описании явлений и в то же время указывает на ограниченность нашей модели. Наша цель состоит в том, чтобы проанализировать эволюцию принципа относительности, его интерпретацию в различных моделях структуры пространства, выявить ограничения, которые он накладывает на эти модели, и оценить перспективы его использования для построения новых моделей.

Особое внимание в нашем анализе уделяется экспликации математических свойств однородности и изотропности пространства и связанных с ними свойств концептуального физического пространства соответствующей модели. Именно свойства однородности и изотропности пространства лежат в основе понимания инерциальной системы отсчета (ИСО), именно необходимость сохранения этих свойств в конечном счете приводит нас к необходимости поиска инвариантов в описании структуры пространства. Данный анализ еще раз (см. гл. 1) потребует от нас обращения к проблеме соотношения физики и геометрии, точнее, физической и математической составляющих модели, теперь уже в контексте проблемы возможности интерпретации механики как геометрии. Начнем наш анализ с «классического представления» принципа относительности, который был дан Галилеем в его «Диалоге» [Галилей, 1948].

Принцип относительности

Законы физики универсальны. В настоящее время, говоря о неизбежности применения в науке концептуального пространства и времени, мы предполагаем, что одна из возможных интерпретаций универсальности законов физики связана с представлениями об относительности как о сохранении определенных инвариантных свойств пространства и времени в рамках моделей пространства-времени в специальной и общей теориях относительности.

Специальная теория относительности (СТО), являясь физической теорией пространства и времени, связывает между собой события, происходящие в различных инерциальных системах отсчета. Говоря о физической теории пространства и времени, мы имеем в виду то, что СТО описывает взаимодействие событий в рамках пустого 4-мерного континуума Минковского, связывающего события через пространственно-временной интервал. В качестве инерциальной системы отсчета принимается координатная система, снабженная часами, находящаяся в покое или в равномерном прямолинейном движении. Как правило, универсальность законов физики в различных инерциальных системах отсчета отражает прин-

цип относительности: в различных инерциальных системах отсчета вид физических законов является инвариантным, т. е. законы физики сохраняются (впервые принцип относительности был выдвинут Г. Галилеем).

Общая теория относительности (ОТО), являясь физической теорией пространства, времени и материи, связывает между собой произвольные системы отсчета (в том числе и неинерциальные). Говоря о физической теории пространства, времени и материи, мы имеем в виду то, что ОТО описывает взаимодействие в рамках искривленного 4-мерного пространства Римана, кривизну которого локально определяет расположение гравитирующих масс. В данном случае формулировка принципа относительности практически не изменится, мы потребуем сохранения (инвариантности) ковариантного вида законов в различных (необязательно инерциальных) системах отсчета. Говоря о локальности кривизны в ОТО, мы имеем в виду то, что пространственно-временные симметрии в данном случае зависят от произвольных гладких функций пространства и времени, а не от константных параметров (такое различие между локальными и глобальными симметриями было введено Г. Вейлем в 1918 г.). Отметим, что принцип относительности Галилея был отражением не локальной, а глобальной симметрии законов классической механики Ньютона, Галилей говорил о пространственных и временных сдвигах, пространственном вращении и ускорении.

Мы выделили основной объект нашего анализа, ниже остановимся более подробно на анализе математических моделей пространства-времени СТО и ОТО, тем самым сосредоточив внимание читателя на глубокой взаимосвязи механики и геометрии. Отметим, что когда речь идет о механике Ньютона, задание физической геометрии в значительной мере предопределяет механику, то же верно и для СТО и ОТО. Более того, можно говорить о влиянии математических соображений на процесс формирования и развития физических моделей структуры пространства-времени. Данное обстоятельство подчеркивает актуальность анализа; как уже неоднократно говорилось выше, для современной науки пространство и время – это в первую очередь геометрия.

Начнем анализ с экспликации понятия «относительность движения», о котором говорит Галилей. Естественно, он был не первым, кто обратил на него внимание, были и предшественники, но он был первым, кто проинтерпретировал его в контексте зарождающейся классической механики, вернее, он задал именно ту интерпретацию «относительности движения», которая «позволила» классической механике начать развиваться. В 1632 г. вышла его книга «Диалог о двух главнейших системах мира: птоломеевой и коперниковой» [Галилей, 1948]. Галилей пришел к выводу, что движение (имеются в виду только механические процессы) относительно, т. е. нельзя говорить о движении, не уточнив, по отношению к

какому «телу отсчета» оно происходит; законы же движения безотносительны, и поэтому, находясь в закрытой кабине (он образно писал «в закрытом помещении под палубой корабля»), нельзя никакими опытами установить, покоится ли эта кабина или же движется равномерно и прямолинейно («без толчков», по выражению Галилея).

Предоставим слово самому Галилею, выясним, каким именно образом он приходит к понятию относительности, искусно вкладывая свои мысли в слова Симпличио, Сагрето и Сальвиати, отвечая на вопрос: заметим ли мы, что движемся в закрытой каюте равномерно движущегося корабля?

Сальвиати. – Итак, начнем наше рассуждение с того, что какое бы движение не приписывалось Земле, для нас как ее обитателей и, следовательно, участников этого движения оно неизбежно должно оставаться совершенно незаметным... но, с другой стороны, совершенно необходимо, чтобы то же самое движение представлялось нам общим движением всех других тел и видимых предметов, которые, будучи отделены от Земли, лишены этого движения... Движение является движением и воздействует как таковое, поскольку оно имеет отношение к вещам, его лишенным, но на вещи, которые равным образом участвуют в этом движении, оно не воздействует совсем, как если бы его не было... Итак, поскольку очевидно, что движение, общее для многих движущихся тел, как бы не существует, если речь идет об отношении движущихся тел друг к другу... постольку безразлично, заставить ли двигаться всю Землю.

Симпличио. – У одного простого движущегося [по поверхности Земли] тела может быть лишь одно движение, свойственное ему естественным порядком, а все другие движения совершаются случайно или через соучастие... для гуляющего по кораблю собственным движением будет прогулка, а движением через соучастие – то движение, которое доставляет его в порт, куда он никогда не попал бы в результате своей прогулки, если бы корабль своим движением не доставил его туда.

Сальвиати. – Уединитесь с кем-либо из друзей в просторное помещение под палубой корабля... подвесьте, далее, наверху ведро, из которого вода будет падать капля за каплей в другой сосуд с узким горлышком, поставленный внизу. Пока корабль стоит неподвижно, наблюдайте прилежно, как мелкие летающие животные с одной и той же скоростью движутся во все стороны помещения; рыбы, как вы увидите, будут плавать безразлично во всех направлениях; все падающие капли попадут в подставленный сосуд, и вам, бросая какой-нибудь предмет, не придется бросать его с большей силой в одну сторону, чем в другую, если расстояние будет одним и тем же... Прилежно наблюдайте все это, хотя у вас не возникает никакого сомнения в том, что

пока корабль стоит неподвижно, все должно происходить именно так. Заставьте теперь корабль двигаться с любой скоростью, и тогда (если только движение будет равномерным и без качки в ту или другую сторону) во всех названных направлениях вы не обнаружите ни малейшего изменения и ни по одному из них не сможете усмотреть, движется ли корабль или стоит неподвижно. Прыгая, вы переместитесь по полу на то же расстояние, что и раньше, и не будете делать больших прыжков в сторону кормы, чем в сторону носа, на том основании, что корабль быстро движется, хотя за то время, как вы будете в воздухе, пол под вами будет двигаться в сторону, противоположную вашему прыжку... капли, как и ранее, будут падать в нижний сосуд, и ни одна не упадет ближе к корме, хотя, пока капля находится в воздухе, корабль пройдет много пядей... И причина согласованности всех этих явлений заключается в том, что движение корабля обще всем находящимся на нем предметам.

Сагредо. – Действительно... сидя в своей каюте, я спрашивал себя, движется корабль или стоит неподвижно; иногда, в задумчивости, я полагал, что корабль движется в одном направлении, тогда как движение его шло в противоположном [Галилей, 1948. С. 96–98, 101, 147].

Опираясь на приведенную цитату, сложно сказать, что думал Галилей о принципе относительности в том виде, как он предстанет перед нами уже у Ньютона, в рамках классической механики. Скорее всего, Галилей искал (и нашел!) аргументы в пользу независимости движения от вращения Земли, в отличие от точки зрения Аристотеля, опиравшегося на идею о неподвижной Земле. *Принцип относительности* как утверждение, что *во всех «хороших» системах отсчета все механические процессы описываются одинаковым образом*, – это, несомненно, изобретение Ньютона, который руководствовался уже не только физическими соображениями, но и соображениями строго математическими.

Необходимо отметить, что шаг к математизации физики был впервые предпринят именно Галилеем. Фактически он первым признал необходимость математизации физики, но несмотря на это, еще не овладел в достаточной степени математическим аппаратом, которого попросту не было. В полной мере идею математизации физики реализовал Ньютон. Однако, на наш взгляд, принцип относительности был принят «нерефлексивно», фактически в первой галилеевской трактовке, как утверждение об «одинаковости» законов физики в различных инерциальных системах отсчета. Впоследствии же, по-видимому на волне беспрецедентного успеха ньютоновской механики, принцип относительности надолго вошел в ядро наших теоретических представлений о фундаментальных характеристиках реальности, находя свое новое содержание в новых физических

концепциях: фактически требование инвариантности законов физики стало абсолютным.

Поскольку цель нашего анализа – эволюция принципа относительности и анализ его интерпретации в различных моделях структуры пространства, покажем, что на самом деле связь между физикой и геометрией (в том виде, как ее хотел бы видеть еще Галилей) не «заканчивается» после констатации сохранения законов физики в тех или иных системах отсчета или по отношению к тем или иным преобразованиям симметрии. Проанализировав каждую из принятых моделей пространства, мы покажем их устойчивую взаимосвязь: в каждой из моделей принцип относительности будет заставлять нас искать инварианты, а переход между ними будет контролироваться именно соображениями поиска новых симметрий в условиях изменения физических постулатов.

От Ньютона до Эйнштейна: математические модели пространства и принцип относительности

Итак, как неоднократно отмечалось (см., например, § 1.1), еще в период формирования физики как теоретической науки между ней и геометрией начинают складываться отношения связи. Например, Ньютон обращает внимание на тот факт, что в реальной практике исследования эмпирически фиксируется взаимосвязь геометрических представлений и физических законов:

...геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как та часть общей механики, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения [Ньютон, 1936. С. 37].

Очевидность, кажущаяся ясность и однозначность концепции Ньютона вместе с основными законами движения и невероятной прикладной успешностью классической механики обеспечили длительное господство механицизма не только в области физики, но и более широко, в интеллектуальной культуре человечества. Ранее также отмечалось, что в рамках первоначальной формы выражения физического пространства евклидовой геометрией вопрос об объективном содержании геометрии фактически не ставился. Отношение геометрии как концептуальной системы к реальному пространству в рамках ньютоновской механики рассматривалось как однозначное воспроизведение геометрической структуры реального пространства при достижении определенного, не вызывающего ни у кого сомнения, уровня абстрагирования от реальных вещей. Таким образом, опытные факты, которые указывали на справедливость физических

законов, в данном случае законов ньютоновской механики, одновременно являлись и эмпирическим базисом евклидовой геометрии.

Поскольку мы говорим о том, что принцип относительности реализуется не только в классической механике, но и, например, в рамках СТО, в виде наличия инвариантов (в первую очередь речь идет об инвариантности пространственно-временного интервала), то предметом философско-методологического анализа принципа относительности может являться содержание теоретических оснований, позволяющих «прийти» к инварианту и симметричному описанию природы на основе представления о сохранении законов физики.

Предварительные замечания: соотношение физики и геометрии

До сих пор одно из наиболее широко распространенных мнений состоит в том, что евклидова геометрия рассматривалась как фон, на котором создавалась классическая механика. Представляется, однако, что связь классической механики и именно евклидовой геометрии более тесная. Задавание физической геометрии в значительной степени предопределяет саму классическую механику. Одна из задач данного дополнения – прояснить тесную взаимосвязь между физикой и геометрией, *выделяя определенные физические следствия заданной геометрии* и оценивая их влияние на саму теорию. Например, очевидные на первый взгляд свойства пространства евклидовой геометрии – однородность и изотропность – на самом деле наравне с физическими постулатами могут считаться одними из фундаментальных аксиом классической механики. В частности, анализ основного понятия механики – ИСО – может указывать на пределы применимости классической механики (а также СТО и ОТО), свидетельствуя об ограничении (сужении) понятия «принцип относительности» [Розенталь, 1990].

Эмпирические данные свидетельствуют о том, что окружающее нас физическое пространство достаточно хорошо представляется евклидовой геометрией. Вообще говоря, это факт нетривиальный. *Пространство характеризует взаиморасположение точек системы, причем это взаиморасположение может характеризоваться не только состоянием самой системы (расположением точек, составляющих ее элементов), но и свойствами самого пространства.* Это один из наиболее важных постулатов нашего представления о пространстве. Например, расстояние между двумя точками всегда определяется структурой пространства, оно неоднозначно, однозначность определения расстояния задается пространством, точнее, его метрическими свойствами (см. § 1.4). Постулируя определение физического пространства, мы определяем однозначно понятие

расстояния. Поскольку в механической системе взаиморасположение точек изменяется во времени, то можно утверждать, что пространство (как и время) есть *мера изменения* (эволюции) системы. Таким образом, мы уже можем указать на одну очевидную взаимосвязь физической и геометрической составляющих модели – эволюционный характер пространства (и времени), который в идеале должен находить отражение и в физике, и в геометрии. Традиционно принято считать, что описание эволюции системы – это удел физической составляющей, однако это не совсем верно. Что значит эволюция механической системы и почему так важно обратить на нее внимание?

Приведем ряд предварительных замечаний. В течение почти двух с половиной тысяч лет полагалось, что физическое пространство точно описывается геометрией Евклида, что обусловлено рядом причин начиная от ее необычной стройности, законченности и лаконичности до определенной психологической очевидности и успешного практического применения. Евклидова геометрия, полагавшаяся верхом математической премудрости, со временем канонизировалась в сознании многих поколений и считалась единственно возможной и абсолютно законченной и неизменной. Однако еще в древности было очевидно следующее: доказать, что физическая геометрия евклидова, невозможно, поскольку, в частности, в процессе измерения всегда имеются эмпирические погрешности. Один из крупнейших ученых начала XX в. А. Пуанкаре утверждал, что вообще невозможно определить физическую геометрию, поскольку в каждом опыте нам дано «сочетание» физики и геометрии (см. § 1.1). Экспериментально наблюдается лишь совокупность геометрических представлений и физических законов, на что указывал еще Ньютон. Говорим ли мы об измерениях длины окружности или суммы углов треугольника, мы всегда явно или неявно постулируем некоторые физические законы.

Таким образом, проверка евклидовости пространства всегда является косвенной проверкой, однако имеются достаточно хорошие основания утверждать, что, по крайней мере, окружающее нас макространство евклидово. С позиции философии описанные выше трудности определения физической геометрии не важны, мы легко можем перевести разговор в плоскость соотношения теоретической и эмпирической составляющих модели. Поскольку их нельзя проверить независимо, мы говорим о том, что имеем дело с теоретическим объектом, содержание которого нельзя свести к терминам наблюдения (см., например, [Головкин, 2005б]). Однако, поскольку общая цель пособия – «пролить свет» на объективность содержания, в частности физической геометрии, то мы полагаем, что анализ эволюции механической системы каким-либо образом позволит нам сделать однозначный вывод.

Прежде чем перейти к выводам относительно эволюции механической системы, следует сделать два замечания.

Замечание 1. Согласимся с тем, что окружающее нас макропространство евклидово. Однако мы знаем, что пространство СТО не является евклидовым, поэтому нам необходимо показать возможность общего подхода к описанию как евклидовых, так и неевклидовых пространств (по крайней мере, для того, чтобы было основание для их сравнения). Основная заслуга в создании общей теории неевклидовых пространств принадлежит Георгу Риману (1826–1866). Его подход основан на постулировании инвариантных (неизменных) количественных характеристик пространств. Существование инвариантов предполагает наличие преобразований, которые данные характеристики оставляют инвариантными.

Евклидово пространство обладает двумя примечательными свойствами: оно *изотропно* и *однородно*, т. е. свойства пространства не зависят от направления наблюдения и местоположения точки отсчета, которую можно отождествить, например, с началом координат. Именно допущение того, что пространство изотропно и однородно, выражает факт, что физические наблюдения дают один и тот же результат независимо от того, в какой точке пространства мы проводим эксперимент. Математически это выражается в инвариантности скалярного произведения двух векторов, в частности, нормы вектора от вращения и трансляции системы координат. Введем необходимые обозначения. Здесь и далее, не нарушая общности, будем рассматривать (когда это возможно) случай двумерной евклидовой плоскости.

Пусть $\mathbf{a}(x, y)$ – вектор с началом в начале координат, тогда его норма есть сумма квадратов координат:

$$|\mathbf{a}| = (\mathbf{a}, \mathbf{a}) = \mathbf{a}^2 = x^2 + y^2. \quad (1)$$

Произведем трансляцию начала координат. Это означает, что координаты концов вектора изменятся на постоянные величины, а следовательно, при таком преобразовании его компоненты останутся инвариантными (неизменными). Поэтому и норма вектора останется неизменной. При вращении системы координат на угол \mathbf{a} , отсчитываемый от оси абсцисс, координаты изменяются следующим образом:

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \mathbf{a} - y \sin \mathbf{a}, \\ y' &= x \sin \mathbf{a} + y \cos \mathbf{a}. \end{aligned} \quad (2)$$

Легко убедиться, что преобразование (2) оставляет инвариантным норму вектора (1):

$$(\mathbf{a}')^2 = (x')^2 + (y')^2 = \mathbf{a}^2. \quad (3)$$

Для бесконечно малых векторов, взятых в окрестности начала координат, (3) записывается в виде

$$(d\mathbf{a}')^2 = (dx')^2 + (dy')^2 = (d\mathbf{a})^2. \quad (4)$$

Изотропия и однородность пространства, отраженные в соотношениях (3) и (4), однозначно определяют пространство Евклида. Отметим, что в силу этих особенностей структуры пространства выбор начала отсчета времени t не будет играть решающей роли и не будет влиять на результат, например, наблюдений. Иначе говоря, кроме инвариантности относительно трансляции и вращения пространства необходимо потребовать инвариантность относительно трансляции времени, т. е. инвариантность относительно замены:

$$t' = t + a, \quad (5)$$

где $a = \text{const}$.

Зададимся вопросом, являются ли условия однородности и изотропности необходимыми и достаточными для доказательства евклидовости пространства. Нет, они необходимы, но не достаточны. Существует класс пространств (так называемые пространства постоянной кривизны), которые характеризуются изотропией и однородностью, но являются неевклидовыми. Простейший пример – двумерная сфера. Очевидно, что ее поверхность в каждой точке однородна и изотропна, однако она явно отличается от евклидова пространства – плоскости. Возникает вопрос: как же количественно характеризовать отличие поверхности от евклидовости? Изучением этого вопроса занимается риманова геометрия. Кратко остановимся на ее основных представлениях. Для любой достаточно гладкой поверхности вводится интервал

$$ds^2 = g^{mn} dx_m dx_n, \quad (6)$$

где $m, n = 1, 2, \dots, n$; n – размерность пространства; наличие одинаковых индексов означает суммирование по ним; $g^{mn} = g^{mn}(x_1, \dots, x_n)$ – компо-

ненты метрического тензора. В частности, для двумерного евклидова пространства (4) метрика характеризуется следующими значениями компонент: $g^{11} = g^{22} = 1$, $g^{12} = g^{21} = 0$.

Для более полного понимания дальнейших рассуждений необходимо понимать различие между *метрическими свойствами пространства в целом* и *пространства в бесконечно малом*: бесконечно малый объем есть следствие операции выделения из пространства бесконечно малого элемента. Дело в том, что любой очень малый элемент гладкой поверхности можно с хорошей точностью представить евклидовым пространством. Напомним школьный пример: аналитическую функцию $y = f(x)$ в малом интервале вблизи точки (x_0, y_0) можно аппроксимировать линейной функцией $y = y_0 + f'(x_0)(x - x_0)$. Аналогичную аппроксимацию можно привести для неевклидовых пространств; в близкой окрестности любой точки неевклидово пространство почти евклидово, однако это свойство утрачивается при переходе к большим масштабам. Иначе говоря, для неевклидова пространства соответствующим выбором координат можно добиться того, чтобы интервал выражался аналогом метрики (4):

$$ds^2 = \sum_{i=1}^n dx_i^2, \quad (7)$$

однако нельзя получить аналог (3) для любых конечных интервалов. Если выражение для ds^2 может быть во всем пространстве (а не только локально) приведено к виду (7), то пространство евклидово. Инвариантность интервала в форме (7) относительно вращений и трансляций декартовых систем координат однозначно определяет евклидовость пространства, в частности его однородность и изотропность. (Пример двумерной сферы, заданной в полярных координатах, изложен, например, в работе И. Л. Розенталя [Розенталь, 1990. С. 15].)

Замечание 2. Это замечание касается собственно предположения о связи динамики изменения (эволюции) механической системы с геометрией. Так как в определение евклидова пространства не входит время или какие-либо кинематические величины, содержащие время (скорость, ускорение), то необходимо сделать какое-либо предположение, связывающее динамику и геометрию. Таким предположением является *постулат о существовании класса избранных (выделенных) систем – инерциальных систем отсчета*. По определению, существует по крайней мере одна ИСО – система координат, относительно которой пространство изотропно и однородно. Это допущение тривиально, оно отражает евклидовость

пространства. Нетривиальным динамическим допущением является предположение о существовании класса ИСО: *все системы отсчета, движущиеся с постоянной скоростью V относительно единственной, постулированной ИСО, также являются ИСО*. Нетривиальность, в частности, заключается в следующем: движение ИСО относительно первоначальной системы отсчета выделяет определенное направление, совпадающее с вектором V , тем не менее для новых ИСО свойства изотропии и однородности сохраняются.

С учетом двух указанных замечаний (однородность и изотропность пространства, а также наличие класса ИСО) можно прийти к механике Ньютона, которая является теоретическим воплощением того, о чем говорил Галилей.

Принцип относительности в классической механике Ньютона

Галилей говорит о равномерно движущемся корабле, а Ньютон фактически допускает, что все динамические характеристики системы определяются свойствами евклидовости пространства. Допущение изотропности и однородности физического концептуального пространства является одним из самых сильных допущений, постулированных Ньютоном. Таким образом, очевидно, что уравнения движения (сами физические явления) не должны зависеть от скорости движения системы отсчета (изотропия) и от положения начала координат (однородность). Допущение существования ИСО в сочетании с исключительными свойствами пространства Евклида приводит непосредственно к ньютоновским уравнениям движения [Розенталь, 1990].

Предположение об эквивалентности всех ИСО есть не что иное как принцип относительности Галилея. Равномерное движение ИСО со скоростью V эквивалентно равномерному движению пробного тела со скоростью $n_p = -V$, таким образом мы приходим к первому закону Ньютона, закону инерции, т. е. фактически к необходимости постулирования инвариантности описания нашей системы относительно преобразований Галилея:

$$\begin{aligned} n' &\rightarrow n + V, \\ x' &\rightarrow x + Vt. \end{aligned} \tag{8}$$

Отметим, что вывод динамических уравнений, базирующихся исключительно на постулировании физической геометрии, невозможен [Розен-

таль, 1990. С. 21]. Нужен некоторый дополнительный физический принцип. Таким принципом является постулат о существовании класса эквивалентных ИСО, фактически это принцип относительности Галилея – утверждение об «одинаковости» законов физики в различных «хороших» системах отсчета. Эквивалентность, о которой сказано выше, распространяется лишь на системы отсчета, движущиеся равномерно относительно друг друга. Такой постулат не следует из геометрии, он является следствием опытных данных, в частности рассуждений Галилея.

Выясним, чем еще пришлось «пожертвовать» Ньютону, для того чтобы включить в свою стройную систему классической механики необходимое ему (галилеевское по духу) утверждение о сохранении законов физики во всех ИСО. Говоря об изменении интерпретации принципа относительности, при переходе от представления Галилея к механике Ньютона, мы остановимся на следующих моментах.

Представляется вполне естественным, что инвариантность физических законов оставляет инвариантными и некоторые физические величины. Развивая далее наши рассуждения, естественно принять допущение, что инвариантность свойств физического пространства в различных инерциальных системах отсчета может оставлять инвариантными и некоторые физические величины, а также законы, которые их связывают. Отметим, что окончательно связь физики и геометрии закрепляется в том факте, что основные два закона классической механики (второй и третий законы Ньютона) инвариантны при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. *Математически тот факт, что законы физики одинаковы во всех инерциальных системах отсчета, в рамках евклидова пространства выражается в инвариантности законов классической механики относительно преобразований Галилея.* Действительно, вращение и трансляция системы координат оставляют инвариантной форму второго закона Ньютона:

$$F(x, t) = \frac{d^2 x}{dt^2}. \quad (9)$$

Мы утверждаем, что закон (9) инвариантен при переходе от одной ИСО к другой, т. е. он инвариантен относительно преобразований Галилея (8). Отметим, что эта инвариантность несколько *уже* утверждения, что законы физики одинаковы во всех инерциальных системах координат. Дело в том, что преобразование (8) включает постулат, согласно которому время t протекает во всех ИСО одинаково. Ниже при переходе к СТО мы покажем, что это допущение ограничено, отражает границу области применимости классической механики.

Третий закон Ньютона также является следствием симметрии пространства Евклида. Более того, можно показать, что фундаментальные законы сохранения энергии, импульса и момента импульса есть следствия основных свойств симметрии времени (трансляция) и пространства Евклида (изотропия и однородность) [Розенталь, 1990. С. 30]. В 1919 г. Эми Нетер доказала следующую теорему: если уравнения движения инвариантны относительно некоторого общего преобразования, то ему обязательно должен соответствовать закон сохранения. Связь между физической и геометрической составляющими в рамках модели структуры пространства классической механики чрезвычайно глубока: указанные выше законы сохранения есть частные следствия теоремы Нетер. Более того, описанная геометрическая модель удовлетворяет общей идее Г. Вейля, согласно которой задать физическую геометрию значит задать многообразие, инвариант и группу преобразований, переводящих его в себя.

Итак, уже первая реализация принципа относительности, в том виде, в каком он был предложен Галилеем, в рамках механики Ньютона накладывает существенные ограничения на сам принцип. В первую очередь, речь идет о постулировании симметрий пространства и времени на уровне геометрии, а также о предположении равноправности ИСО на физическом уровне модели. Резюмируя сказанное выше, мы приходим к выводу, что математически выраженная симметрия свойств трехмерного евклидова пространства (изотропия, однородность) и допущение о существовании класса инерциальных систем отсчета полностью отражают сущность математической модели ньютоновского концептуального физического пространства.

Перейдем к анализу принципа относительности в рамках СТО. Фактически мы хотим показать, что принцип относительности является неотъемлемой частью развития физики на протяжении уже без малого четырехсот лет, однако накладываемые, в первую очередь, физические ограничения каждый раз приводят к видоизменению этого принципа, что находит отражение в самих теориях. Суть принципа относительности остается прежней, однако содержание изменяется за счет введения различных геометрических и физических ограничений.

Принцип относительности в специальной теории относительности

Специальная теория относительности базируется на следующих двух принципах:

1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к какой из двух координатных систем, движущихся

относительно друг друга равномерно и прямолинейно, эти изменения состояния относятся.

2. Каждый луч света, движущийся в «покоящейся» системе координат с определенной скоростью V , независимо от того, испускается ли этот луч света покоящимся или движущимся телом [Эйнштейн, 2000. С. 11–12].

Фактически Альберт Эйнштейн утверждал следующее. Во-первых, все уравнения, выражающие физические законы, имеют одинаковую форму во всех ИСО (принцип относительности, который обобщает на *все* законы природы инвариантность законов механики, как это было у Ньютона). Во-вторых, скорость света в пустоте является максимальной скоростью передачи информации и не зависит от скорости движения ИСО. Однако СТО можно построить не только исходя из этих соображений, но и базирясь на математическом обобщении пространства Евклида, предложенном в 1908 г. Герхардом Минковским [Розенталь, 1990]. Последний способ предпочтительней, так как здесь более четко прослеживаются ограничения, которые СТО накладывает на интерпретацию принципа относительности. Основное достоинство пространства Минковского – геометризация и наглядная преемственность в механике. Переход от механики Ньютона к СТО соответствует в геометрическом плане обобщению евклидова пространства. Анализируя его, мы рассчитываем обнаружить изменение в интерпретации принципа относительности в том виде, в каком он используется в рамках механики Ньютона.

Пространство Минковского неевклидово, поэтому по аналогии с (6) запишем интервал или метрику, определяющую пространство Минковского:

$$ds^2 = (cdt)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 \quad (10)$$

или для конечных интервалов

$$s^2 = (ct)^2 - x^2 - y^2 - z^2. \quad (11)$$

Отметим, что в метрику (10) пространственные и временная координаты входят с разным знаком и это различие принципиально неустранимо, что значительно существеннее, чем, например, изменение размерности евклидова пространства. Пространство Евклида всегда выражается положительной метрикой $ds^2 > 0$, пространство Минковского может характеризоваться метрикой обоих знаков $ds^2 >< 0$ (в зависимости от

$(cdt)^2$). Такая метрика, например, кардинально меняет наши представления о будущем и прошлом: если интервал положителен, то между двумя событиями возможна причинная связь, если отрицателен, то нет. Фактически вся плоскость (t, x) разбивается на конусы абсолютного будущего и абсолютного прошлого для каждой точки, что является причиной, во-первых, конечности скорости света, а во-вторых, инвариантности интервала (10). Мы говорим, что метрика в форме (10) «объединяет» пространство и время, которые в рамках СТО образуют единый пространственно-временной континуум событий. Как отмечалось выше, именно в силу этого сама СТО есть физическая теория пространства и времени. Заметим, что если в (10) и (11) скорость $c \rightarrow \infty$, то эти формулы теряют смысл. Это означает «распад» 4-мерного псевдоевклидова пространства на 3-мерное пространство Евклида и одномерное время, что фактически возвращает нас в рамки механики Ньютона.

Мы уже отмечали, что для метрики (1), (4) в рамках механики Ньютона существуют преобразования (8) (преобразования Галилея), относительно которых метрика инвариантна. Аналогично можно получить преобразования, обобщающие наши представления о трансляциях и поворотах начала координат, сохраняющие метрику (10), (11). Это «преобразования Лоренца», которые были независимо получены Х. А. Лоренцом (1904 г.), А. Пуанкаре (1900 г.), а еще раньше В. Фойхтом (1887 г.). Приведем их в каноническом виде (предполагается, что другие координаты не изменяются; сам вывод можно найти, например, в работе [Головкин, Симанов, Сторожук, 2003]):

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}, \quad t' = \frac{t - Vx/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}. \quad (12)$$

Эти преобразования имеют смысл при $V < c$, при $V \ll c$ они «превращаются» в преобразования Галилея.

Отметим, что преобразования Лоренца включают допущение о существовании систем отсчета, движущихся равномерно относительно друг друга и обладающих «несколько ограниченной» эквивалентностью. В данном случае «ограниченность» связана с предположением о неэквивалентности «масштабов» пространственных и временных координат. В качестве примера рассмотрим отрезок $\Delta x = x_1 - x_2$. Нетрудно видеть, что связь между длиной отрезка в «покоящейся» и «движущейся» координатных системах имеет следующий вид:

$$\Delta x' = \Delta x \sqrt{1 - V^2 / c^2}. \quad (13)$$

Аналогично для интервала времени Δt получим

$$\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - V^2 / c^2}. \quad (14)$$

Естественно, для малых скоростей эквивалентность систем отсчета восстанавливается полностью. Поэтому системы отсчета, движущиеся равномерно относительно собственной системы отсчета, можно называть инерциальными. Именно в этом смысле мы говорим, что уравнения движения сохраняются в различных ИСО. Отметим, что для собственной системы отсчета пространство сохраняет свойства геометрии Евклида (однородность и изотропность).

Как и в случае механики Ньютона, о которой мы говорим, что ее полностью определяет принцип относительности с совокупностью свойств пространства Евклида, можно утверждать, что совокупность свойств пространства Минковского «вместе» с принципом относительности полностью определяют механику СТО. Однако в последнем случае мы фиксируем, что принцип относительности в очередной раз подвергся ограничению: под «хорошими» системами отсчета мы теперь понимаем «ограниченно» эквивалентные ИСО.

Зададимся вопросом, существуют ли другие математические пространства (кроме пространства Евклида и Минковского), в которых уравнения движения аналогичны, например, уравнениям Ньютона или релятивистской механики. Предположим, мы хотим построить еще одно обобщение механики, а приведенный выше анализ показывает, что «хороший» путь обобщения – это, например, сохранение изотропности и однородности пространства, но в совокупности с «другими» физическими постулатами. Такие пространства существуют, это пространства с постоянной кривизной (простейший пример – двумерная сфера). В таких пространствах все точки равноправны, т. е. условия изотропности и однородности выполняются, следовательно, в них можно определить ИСО. Постулируя принцип относительности для класса ИСО (как это сделал Ньютон) либо добавив постулат об инвариантности скорости света (как это сделал Эйнштейн), можно вывести соответствующие уравнения движения, которые будут аналогичны законам механики. Именно так и поступил А. Эйнштейн, переходя к общей теории относительности.

Принцип относительности в общей теории относительности

Сам Эйнштейн переход от СТО к ОТО описывает следующим образом:

Специальная теория относительности основана на идее, что определенные системы координат (инерциальные системы) являются равноправными для формулировки законов природы; к таким системам координат принадлежат те, в которых выполняются закон инерции и закон постоянства скорости света в пустоте. Но являются ли эти системы координат на самом деле выделенными в природе, или же эта привилегированность возникает вследствие несовершенного понимания законов природы? Конечно, закон Галилея на первый взгляд выделяет инерциальные системы из всех других движущихся систем координат. Но закон инерции обладает недостатком, который обесценивает этот аргумент.

Теперь представим себе часть пространства, свободную от действия сил в смысле классической механики, иными словами, достаточно удаленную от тяготеющих масс. Тогда в соответствии с механикой существует инерциальная система K , относительно которой масса M , предоставленная самой себе в рассматриваемой части пространства, движется прямолинейно и равномерно. Если теперь ввести систему координат K' , равномерно ускоренную относительно системы K , то по отношению к системе K' масса M , предоставленная самой себе, будет двигаться не по прямой, а по параболе, подобно тому, как движется масса вблизи поверхности Земли под действием силы тяжести.

Можно ли отсюда заключить, что система K' (абсолютно) ускорена? Это заключение было бы неправомерным. Систему K' можно с таким же правом считать «покоящейся», предполагая лишь, что в системе K' существует однородное гравитационное поле, являющееся причиной ускоренного движения тел относительно K' .

Против такого утверждения можно было бы возразить, что не указаны массы, порождающие это гравитационное поле. Однако их можно считать бесконечно удаленными, не вступая в противоречие с основами механики Ньютона. Кроме того, мы не знаем, с какой точностью соответствует действительности закон тяготения Ньютона.

Одно обстоятельство говорит в пользу нашего утверждения. Относительно системы K' все массы, независимо от их конкретных физических и химических свойств, падают с одинаковым ускорением. Опыт показывает, что это справедливо и для гравитационного поля, причем с необычайной точностью. Примечательный факт, что мы знаем гравитационное поле как состояние пространства, в котором поведение тел

такое же, как и в системе K' , делает совершенно естественной гипотезу о том, что в системе K' существует гравитационное поле, по существу тождественное полям тяготения, порождаемым массами в соответствии с законом Ньютона.

При этом способе рассмотрения не существует никакого реального разделения на инерцию и гравитацию, поскольку ответ на вопрос о том, находится ли тело в определенный момент исключительно под действием инерции или под комбинированным воздействием инерции и гравитации, зависит от системы координат, т. е. от способа рассмотрения (здесь приведен «динамический аналог», отражающий суть принципа эквивалентности инертной и гравитационной масс Эйнштейна. – Н. Г.).

Итак, общеизвестные физические факты приводят нас к общему принципу относительности, т. е. к утверждению, что законы природы следует формулировать так, чтобы они выполнялись относительно произвольно движущихся систем координат.

Из сказанного выше непосредственно видно, что общий принцип относительности приводит к теории гравитационного поля. Именно, исходя из инерциальной системы K , в которой гравитационное поле отсутствует, и вводя движущуюся произвольным образом относительно K систему координат K' , так что в системе K' существует точно известное гравитационное поле, мы можем определять общие свойства гравитационных полей по общим свойствам тех гравитационных полей, которые получаются при переходе к системе K' .

В то же время неверно обратное утверждение, что всякое гравитационное поле соответствующим выбором системы координат можно исключить, т. е. получить пространство, свободное от тяготения. Например, гравитационное поле Земли нельзя исключить никаким выбором системы координат. Для *конечной* области это возможно только в случае гравитационных полей весьма специфического вида. Но *для бесконечно малой области координаты всегда можно выбрать таким образом, что гравитационное поле будет отсутствовать в ней* (курсив наш. – Н. Г.). Тогда можно считать, что в такой бесконечно малой области выполняется специальная теория относительности. Тем самым общая теория относительности связывается со специальной теорией относительности, и результаты последней переносятся на первую [Эйнштейн, 2000. С. 78–80].

Чрезвычайно важной для нас здесь является фиксация необходимости анализа «чрезвычайно малой области» пространства. В контексте приведенных выше рассуждений Эйнштейн фактически предлагает перейти от «работы» с ИСО к «работе» с локально-инерциальными системами отсчета. В частности, он подчеркивает, что «в силу универсальности ускорения

в гравитационном поле... в системе отсчета, движущейся с ускорением, тело, на которое не действуют силы, будет покоиться или двигаться с постоянной скоростью», т. е. такая система отсчета будет эквивалентна инерциальной системе. Отметим, что это рассуждение справедливо только для случая постоянного гравитационного поля, однако на практике оно справедливо, поскольку условием реализации является малость размеров тела по сравнению с неоднородностями гравитационного поля. Поэтому «свободнопадающую» систему называют локально-инерциальной, на практике подобная система реализуется, например, в космическом корабле после выхода на орбиту вокруг Земли. Отметим, что локально-инерциальная система отсчета будет сохранять свойства однородности и изотропности пространства, т. е. для нее можно сформулировать свой принцип относительности – это и есть обобщенный принцип относительности Эйнштейна.

Выше мы пришли к выводу, что принцип относительности и допущение о существовании инерциальных систем отсчета приводят к геометрии Минковского, которая определяет уравнения СТО. Эйнштейн, по видимому по аналогии, сделал фундаментальное допущение: принцип относительности и существование локально-инерциальных систем отсчета приводят к новой геометрии, которая и определяет уравнения гравитации. Естественно, в отсутствие гравитации пространственно-временной континуум должен представляться геометрией Минковского. Метрика Минковского задается формулой (10). Рассмотрим ее трансформацию при переходе к другой системе, движущейся («падающей») вдоль оси x с постоянным ускорением a относительно первой. Во второй системе отсчета с точностью до бесконечно малых второго порядка

$$dx_2 \approx dx_1 + at_1 dt_1, \quad (15)$$

так как согласно известной формуле, полученной еще Галилеем, $x_2 = x_1 + at_1^2 / 2$ и $t_2 = t_1$. Подставляя (15) в выражение для интервала, получим

$$(ds_1)^2 = (ds_2)^2 = (c^2 - a^2 t_1^2)(dt_1)^2 - (dx_1)^2 - 2at_1 dx_1 dt_1. \quad (16)$$

Это выражение соответствует определению интервала в геометрии Римана (6), т. е. можно предположить, что для описания процессов в системах отсчета, движущихся с постоянным ускорением, соответствующим движению тел в постоянном поле, следует использовать геометрию Римана, частным случаем которой является геометрия Минковского.

Известно, что в механике Ньютона в отсутствие сил тела в ИСО движутся по прямой, отрезки которой являются кратчайшими расстояниями между их границами. Поскольку гравитация эквивалентна трансформации пространства Минковского в пространство Римана (это основная идея Эйнштейна), естественно допустить, что движение тела происходит по геодезическим – экстремальным линиям (аналогам прямых). Таким образом, основная идея ОТО заключается в следующем: материя (гравитирующее тело) искривляет пространство Минковского, а пробные тела движутся по геодезическим линиям искривленного пространства Римана. Фактически переход к римановой геометрии не изменяет смысл теории относительности, на смену ИСО приходит локально-инерциальная система отсчета. Дополнительным подтверждением этой идеи служит тот факт, что сами уравнения ОТО были «сконструированы» исходя из общих соображений, основными из которых были следующие предположения: 1) для слабых и постоянных гравитационных полей уравнения должны переходить в закон всемирного тяготения Ньютона; 2) уравнения должны включать энергетические характеристики гравитирующих тел.

В итоге, поскольку понятие локально-инерциальной системы отсчета имеет смысл только в том случае, если размеры тела существенно меньше размеров неоднородности поля (тем самым сохраняются свойства изотропности и однородности пространства), переход к римановой геометрии можно сравнить с описанным выше различием между *метрическими свойствами пространства в целом* и *пространства в бесконечно малом*. Принцип относительности, который постулирует эквивалентность ИСО, под влиянием физических требований модели (принцип эквивалентности инертной и гравитационной массы) трансформировался в принцип эквивалентности локально-инерциальных систем отсчета, а для того чтобы ключевые геометрические свойства однородности и изотропности не были нарушены, мы рассматриваем их «в малом», предполагая, что поле слабое и постоянное. Переход к локально-инерциальным системам отсчета сохраняет саму идею относительности, искривленное пространство «в целом» не дает такой возможности.

Таким образом, говоря об эволюции принципа относительности (а фактически о сохранении представления об ИСО), каждый раз при формировании новой теории мы имеем «пару»: принцип относительности, практически в том виде, в каком его предложил Галилей, плюс необходимость сохранения евклидовости пространства (ИСО) и некоторое физическое условие, которое и приводит к новой интерпретации самого понятия относительности. В механике Ньютона таким условием является эквивалентность класса ИСО, в СТО – максимальность скорости света и как следствие «ограниченная» эквивалентность ИСО, в ОТО – принцип эквивалентности и как следствие эквивалентность локально-

инерциальных систем отсчета. Возвращаясь к основной задаче данного дополнения, отметим следующее: на наш взгляд, нам действительно удалось показать, что принцип относительности работает не только как удобный способ представления и поиска объективных инвариантов для данной модели структуры пространства-времени, но и как регулятив, контролирующий область применения самой модели.

Можно сделать вывод, что на протяжении всей истории физики суть принципа относительности остается практически неизменной, но его содержание различно в зависимости от конкретной теории. В конце концов, мы даже можем прийти к заключению, что принцип относительности может играть определенное методологическое значение при построении новых теорий, например, заставляя нас искать новые инварианты, преобразования или представления, которые будут сохранять условия анализа явлений неизменными. В частности, в контексте гл. 2 данное обстоятельство может означать то, что принцип относительности является одним из наиболее сильных аргументов в пользу реализма, а также в пользу ответа на вопрос о возможности объективного знания о реальности: говоря об относительности законов физики, мы, по крайней мере, можем легко реконструировать ту часть физического описания, которая относится к объективным характеристикам реальности.

В последнее время подчеркивается необходимость создания расширенной специальной теории относительности (РСТО) [Корухов, Шарыпов, 2005, 2006], основная роль в построении которой отводится планковским величинам (см. гл. 3). С позиции философско-методологического анализа развития научных представлений о пространстве и времени представляется целесообразным сделать ряд замечаний о роли принципа относительности в построении этой фундаментальной теории.

Принцип относительности и расширенная специальная теория относительности

Итак, опираясь на проведенный анализ, мы принимаем, что принцип относительности – это фундаментальный принцип, «восстановление» (сохранение) которого *заставило* в свое время ввести в соответствующие теории (в соответствии с допускаемыми физическими ограничениями, каждое из которых по-своему ограничивало интерпретацию принципа относительности) следующие требования: эквивалентность ИСО (механика Ньютона), «ограниченных» ИСО (СТО) и локально-инерциальных систем отсчета (ОТО). Предполагается, что эвристический потенциал принципа относительности (в его методологическом значении [Головки,

2002; Симанов, 2001]) при анализе подходов к созданию РСТО способен «подсказать» нам «направление действий».

Предположим, мы принимаем принцип относительности в его первоначальном виде, продиктованном еще Галилеем: во всех «хороших» системах отсчета все физические процессы (развитие СТО показало возможность распространения принципа относительности и на немеханические законы) описываются одинаковым образом, в частности, мы можем сказать, что законы, описывающие их, сохраняются или имеют одинаковый вид, являются инвариантными или симметричными. Тогда основной вопрос для будущей РСТО состоит в том, чтобы подобрать необходимую «пару», т. е. некое физическое требование (принцип), которое заставит нас дать новую интерпретацию принципу относительности, а уже сам принцип относительности заставит нас подобрать соответствующий вид ограничения (будет ли он связан с ИСО и каким образом, пока непонятно). Формально мы уже сейчас должны задуматься над тем, на что должно быть «похоже» «адаптированное» понятие ИСО в РСТО.

Напомним, что пространство РСТО – это пространство релятивистского эфира, являющегося асимптотическим пределом для вещественно-полевого уровня реальности, описываемого ОТО и РКМ (см. гл. 3). Единственное объективное свойство (см. § 4.4) пространства РСТО (по крайней мере, очевидное на современном этапе исследований), которое «доступно» вещественному наблюдателю, – это релятивистский инвариантный покой этой среды относительно любого инерциального наблюдателя: *любая система отсчета, которую вещественный наблюдатель свяжет с эфиром, всегда будет сопутствующей*. Данное свойство выражено в кинематическом свойстве релятивистского эфира $V_{\max} \equiv 0$. Таким образом, единственное препятствие для новой физической интерпретации принципа относительности в рамках РСТО – адекватная трактовка свойства «инвариантного покоя». В свое время Эйнштейн предложил очень продуктивный принцип решения подобных проблем, он впервые выдвинул важный методологический прием, который затем распространился на всю физику: он придумал мысленный эксперимент (выше, говоря об ОТО, мы уже приводили один мысленный эксперимент – «лифт» Эйнштейна). Суть мысленного эксперимента состоит в том, чтобы представить, как можно измерить то или иное свойство, например время или эквивалентность масс, и предложить операциональный подход к решению проблемы. Фактически именно Эйнштейн закрепил операционалистскую методологию в физике. История развития физики XX в. показала всю мощь этого приема. Например, вся интерпретация квантовой механики Бора – это операционализм в чистом виде.

Для того чтобы предложить мысленный эксперимент, который, по крайней мере, операционально проинтерпретирует понятие «инвариантный покой», необходимо привести ряд предварительных замечаний, связанных с самой постановкой задачи «обнаружения» инвариантного покоя в контексте принципа относительности. Во-первых, мы должны предположить, что требования принципа относительности отражают определенную *симметрию* законов физики, предположить, что свойство сохранения (относительности, инвариантности) законов физики – это симметрия, которая в общем случае «нарушена» и для «восстановления» которой необходимо прибегать к дополнительным физическим соображениям. Фактически в данном дополнении мы использовали именно такую интерпретацию принципа относительности. Отметим, что это предположение не тривиально, поскольку мы привыкли к обратному, к тому, что принцип относительности лишь фиксирует то, что законы физики сохраняются. Раскрывая содержание этой симметрии, мы надеемся прийти к объяснению причин относительности законов физики, что особенно важно в контексте построения РСТО. Во-вторых, мы должны поставить вопрос относительно *эмпирического статуса* такой симметрии в рамках РСТО. Отметим, что, например, в рамках СТО или ОТО последний вопрос был успешно разрешен благодаря введению представления об эквивалентности соответствующих классов ИСО.

Принцип относительности как фундаментальная симметрия

Предположив, что принцип относительности есть отражение некоторой фундаментальной симметрии, мы с необходимостью приходим к вопросу об эмпирическом статусе такой симметрии. Анализ этого вопроса особенно важен в контексте обсуждения интерпретации принципа относительности в РСТО. Для того чтобы показать всю исключительность понятия «инвариантный покой» и связанных с ним свойств релятивистского эфира, вновь обратимся к Галилею. Отметим, что, говоря об относительности результатов наблюдений за ходом явлений «на корабле» и «на берегу», Галилей говорит о существовании единой пространственно-временной симметрии, связывающей фактически две системы отсчета, причем он опирается (заранее предполагает) на тот факт, что «неподвижную» и «движущуюся» системы отсчета можно *эффективно выделить* или отличить одну от другой. Приведем ряд предварительных замечаний относительно понятия симметрии, ее преобразования и эмпирического статуса.

Понятие симметрии (мы имеем в виду, конечно, динамические симметрии движущихся равномерно или покоящихся относительно друг дру-

га систем отсчета) определяется относительно законов движения. Поскольку сами законы выражаются в виде связей зависимых и независимых переменных, изменение переменных, сохраняющее вид законов, является преобразованием симметрии. Вопрос, который нас интересует в большей степени, – эмпирический статус таких преобразований симметрии. Отметим, что Галилей рассматривал одновременно и физически «выполнимую» и непосредственно наблюдаемую симметрию, что имеет место далеко не всегда. У Галилея преобразование симметрии фиксируется с помощью двух «эмпирически различных» состояний: корабль покоится и корабль равномерно движется. Симметрия наблюдается эмпирически как указание на то, что *относительно кабины корабля* явления внутри не позволяют нам определить, стоим мы или движемся, находимся мы в одной системе отсчета или в другой. Таким образом, симметрия является *непосредственно эмпирически наблюдаемой*, если существует возможность эффективно развести две системы отсчета: «подвижную» и «неподвижную». Причем она необязательно *должна* быть физически реализуема на практике, мы должны просто иметь возможность сравнить два эмпирически различных состояния: «подвижное» и «неподвижное» – по крайней мере, теоретически (что и делает, например, Эйнштейн, когда использует мысленный эксперимент).

Еще раз, уже у Галилея, мы видим, что регистрация симметрии требует двух наблюдений, более того, наблюдение симметрии – это всегда указание на неизменившуюся систему (неподвижный корабль) и на изменившуюся (корабль движется). Другими словами, еще Галилей полагал, что сначала мы фиксируем изменение (корабль движется вдоль берега), а затем фиксируем симметрию, замечая, что в изменяющейся системе отсчета симметрия сохраняется. Таким образом, мы приходим к выводу, что наблюдение симметрии требует как минимум двух компонентов: во-первых, мы наблюдаем, что какое-либо (данное) преобразование происходит (корабль движется вдоль берега), во-вторых, мы должны указать, что данное инвариантное свойство сохраняется. По мнению Катерины Брэдинг, симметрия является эмпирически наблюдаемой, если выполняются два условия: во-первых, *условие трансформации*: мы должны различать «движущуюся» и «неподвижную» системы, во-вторых, *условие симметрии*: внутри этих систем физика «остаётся неизменной», т. е. сохраняется [Brading, Brown, 2004. P. 646].

Естественно, понятие «наблюдаемости» симметрии в таком понимании достаточно тонко. Все сводится к тому, насколько эффективно удастся зафиксировать две различные системы отсчета, что, однако, нетривиально. Во-первых, это потребует предположения, что мы имеем возможность *взаимодействовать* между «движущейся» и «неподвижной» системами, для того чтобы фиксировать (внешне) то, что они действительно

качественно различны. У Галилея мы просто видим, что корабль движется, в ОТО Эйнштейн заранее делает предположение о двух различных сценариях (на тело не действует сила тяжести или тело движется равноускоренно). Во-вторых, мы должны указать (представить), как физически происходит преобразование симметрии, т. е. указать *две* системы отсчета, начальные условия для которых различаются именно в силу нарушения симметрии. В данном случае выбрать одну систему отсчета и «заставить» ее двигаться, например, равномерно или ускоренно – это не достаточно веское основание для указания на сохранение или нарушение симметрии.

Возвращаясь к проблемам интерпретации принципа относительности в рамках РСТО, необходимо отметить, что, на наш взгляд, любые попытки обнаружения «непосредственно эмпирически наблюдаемой» симметрии искомого вида обречены на провал. Данное обстоятельство показывает, насколько существенно РСТО отличается от любой известной нам ранее модели. Свойство абсолютного инвариантного покоя не позволяет нам эффективно выбрать какую-либо систему отсчета в релятивистском эфире: любая выбранная система будет сопутствующей, т. е. нарушится условие трансформации.

Однако можно говорить не только о непосредственно эмпирически наблюдаемой симметрии, но и о *косвенно наблюдаемой симметрии*. Косвенная наблюдаемость симметрии является наблюдением следствий определенных свойств законов физики, которые каким-либо образом связаны с их симметриями. Косвенно наблюдаемая симметрия не зависит от выполнения условий трансформации или симметрии (см. выше), она зависит скорее от различных «общетеоретических» соображений, таких как выполнение антропного принципа или $\hbar c G$ -принципа, абдуктивных заключений, что имеющиеся эмпирические данные являются следствием сохранения (нарушения) симметрии и т. д.

В § 4.4 показано, что кинематическое свойство инвариантного покоя релятивистского эфира (пространства РСТО) $V_{\max} \equiv 0$ может являться свойством локальной пространственно-временной симметрии. Что (какое свойство) является косвенно наблюдаемым следствием такой локальной симметрии? Естественно, можно рассчитывать лишь на то, что такая локальная симметрия будет обнаружена только косвенно: нужно найти следствие симметрии, которое на нее укажет.

Зададимся более общим вопросом: что вообще можно считать «эмпирическим» следствием предположения (гипотезы) о существовании релятивистского эфира? По мнению В. В. Корухова,

в таком инвариантно покоящемся в пространстве относительно инерциальных систем эфире, который играет роль «светоносной среды»,

всегда оказывается справедливым принцип постоянства скорости света. Тогда и принцип инвариантности движения света относительно любого инерциального наблюдателя является, аналогично принципу относительности, следствием инвариантности покоя эфира относительно тех же инерциальных наблюдателей [Корухов, 2002. С. 87].

Таким образом, фактически утверждается, что сами принципы СТО являются *свойствами* существования этой гипотетической среды или пространства РСТО. В § 3.4 указано, что кинематическое свойство инвариантного покоя

является той альтернативой, которая не была должным образом рассмотрена в свое время при анализе всех возможных кинематических условий существования эфира. Действительно, при введении эфира, пространственно покоящегося относительно любой инерциальной системы отсчета, законы, описывающие явления природы, не будут находиться в зависимости от состояния движения, поскольку понятия равномерного и прямолинейного движения относительно такого эфира не существует. При таких и только при таких условиях, накладываемых на среду, может выполняться принцип относительности, подтвержденный многолетней практикой. Более того, сам принцип относительности является прямым проявлением свойства инвариантного покоя среды [Там же. С. 86].

Другое «эмпирическое» следствие менее очевидно, но более интересно:

Невозможность обнаружения эфира с помощью равномерного движения должна быть с необходимостью связана с необычным уравнением состояния этой среды. Общая теория относительности рассматривает такую среду [Глинер, 1965а], уравнение состояния которой: $P = -e$ (P – давление, e – плотность энергии) – позволяет интерпретировать ее как «макроскопически обладающую свойствами вакуума» [Глинер, 1965б]. Именно в такой среде любая инерциальная система отсчета является сопутствующей, в том смысле, что нет относительного движения эфира и вещественного объекта, связанного с этой инерциальной системой [Корухов, 2002. С. 87].

Таким образом, Э. Б. Глинером получено уравнение состояния среды, для которой внутреннее давление отрицательно и по абсолютной величине равно плотности энергии. Более того, Л. Э. Гуревич и А. Д. Чернин указывают, что

при такой и только при такой связи между давлением и плотностью среда не создает «встречного ветра», как бы мы ни перемещались в ней [Гуревич, Чернин, 1987. С. 183].

В работе В. В. Корухова «Фундаментальные постоянные и структура пространства-времени» приведены дополнительные соображения относительно обсуждаемого уравнения состояния [Корухов, 2002. С. 88–92]. Глинер назвал такую среду вакуумоподобной, которая «по своим механическим свойствам существенно (качественно) отличается от других известных состояний – вещества и поля» [Глинер, 1970].

На наш взгляд, последний пример может со временем действительно обрести эмпирическое содержание или трактовку, подкрепленную конкретными наблюдениями, а не только оставаться потенциальным «эмпирическим» следствием гипотезы, подтверждение которого будет свидетельствовать в ее пользу. Одна из проблем современной космологии – расширение Вселенной, в частности, инфляционные модели предсказывают наличие в прошлом Вселенной фаз, которые сопровождалась «расталкиванием» вещества (пространства), а не только его динамическим расширением, иногда даже говорят о наличии мистической темной энергии, ответственной за это «расталкивание» [Дымникова, 1986]. Можно предположить, что подобное «расталкивание» является простым следствием специфического уравнения состояния релятивистского эфира – уравнения состояния с отрицательным давлением. Таким образом, проблема того, «в чем» и «почему» расширяется Вселенная, получает свое элегантное решение: Вселенная расширяется, потому что «находится внутри» релятивистского эфира (что естественно, так как это более фундаментальный уровень материи), обладающего характерным уравнением состояния. Конечно, говорить о полной взаимосвязи модели пространства РСТО и современных космологических теорий пока рано, РСТО фактически еще не преодолела «статус» умозрительной гипотезы, однако возможно, что данное замечание в дальнейшем будет косвенно подтверждено в ходе развития научного знания или послужит необходимой эвристикой развития самой РСТО.

Итак, на наш взгляд, приведенные два примера с некоторыми допущениями можно считать косвенными свидетельствами в пользу РСТО. Соответственно можно говорить о косвенном подтверждении локальной пространственно-временной симметрии, связанной со свойством инвариантного покоя релятивистского эфира относительно инерциального вещественного наблюдателя ($V_{\max} \equiv 0$). В итоге нам осталось лишь проинтерпретировать понятие ИСО для пространства РСТО. Все приведенные выше рассуждения послужат необходимым фоном для проведения мыс-

ленного эксперимента, который позволит наглядно представить реализацию принципа относительности в рамках РСТО. Мы привели ряд аргументов в пользу «обнаружения» инвариантного покоя, они в полной мере сравнимы (аналогичны или, по крайней мере, позиционируются как), например, с рассуждениями Галилея о движущемся и неподвижном корабле или с рассуждениями Эйнштейна об эквивалентности равноускоренной и неподвижной, но находящейся «под действием постоянной силы» систем отсчета. Теперь «поместим» свойство инвариантного покоя в контекст принципа относительности в его изначальной галилеевской трактовке и попытаемся наметить новую интерпретацию этого принципа в рамках РСТО.

Зададимся вопросом, о классе эквивалентности каких ИСО может идти речь в РСТО? Правомерно ли вообще ставить вопрос об ИСО в рамках РСТО? По-видимому, ответить на эти вопросы еще только предстоит. Однако можно привести следующее замечание. Свойство инвариантного покоя запрещает нам рассматривать движение относительно релятивистского эфира. Для каждого вещественного наблюдателя релятивистский эфир «проявляется» в покое, это – аксиома, относительное движение не рассматривается. Например, нельзя говорить об относительности движения самолета и эфира, можно говорить только об относительности движения самолета и, например, наблюдателя на земле. Релятивистский эфир покоится и относительно человека и относительно самолета, различные состояния движения человека и самолета «неразличимы» относительно эфира [Корухов, 2002]. Моделью пространства, описывающей такие необычные кинематические свойства, будет модель пространства РСТО. Если вновь предположить, что свойства пространств Евклида, Минковского и Римана в совокупности с принципом относительности определяют механику (квази)точечных тел в механике Ньютона, СТО и отчасти ОТО [Розенталь, 1990] (например, в рамках механики Ньютона уравнения движения однозначно определяются свойствами пространства Евклида – однородностью и изотропностью), то основным вопросом будет не «новое» определение ИСО, а вопрос о том, с помощью каких средств описывается пространство РСТО, какова геометрия РСТО.

Поскольку движения относительно релятивистского эфира нет (соответственно затруднено «непосредственное» введение ИСО), фактически математическая (геометрическая) модель РСТО должна обладать одним уникальным свойством: в каждой точке пространства должно «восстанавливаться» бесконечно много своих, соответствующих модели РСТО, характерных ИСО. Еще раз. Если мы хотим «соответствовать духу» принципа относительности, который привнес еще Галилей, то, говоря о пространстве РСТО, мы должны говорить об особом рода эквивалентности класса предполагаемых ИСО соответствующего вида, причем в каж-

дой точке пространства таких ИСО должно быть бесконечно много. Примечательно, что аналогичные соображения используются в рамках теории струн при анализе *возможности* существования новой нетривиальной симметрии (дуальности), связывающей между собой различные варианты теории струн [Маршаков, 2002]. Возможно, это всего лишь совпадение или аналогия, такая же, как, например, та, которая связывает характерное уравнение состояния релятивистского эфира и возможное объяснение расширения Вселенной (см. выше). В любом случае мы не можем пока достаточно обоснованно утверждать, что геометрия пространства РСТО – это геометрия теории струн. Однако, если это предположить, то можно предложить следующую интерпретацию принципа относительности для РСТО: *все ИСО, «восстанавливаемые» в каждой точке континуума, являются эквивалентными и связаны между собой дуальной симметрией.* Этот принцип относительности, а также постулат инвариантного покоя релятивистского эфира относительно любого вещественного наблюдателя могут являться одними из возможных теоретических оснований для построения РСТО.

В заключение кратко остановимся на том, что было показано. Итак, мы начали это дополнение с формулировки принципа относительности, предложенного Галилеем еще в середине XVII в. Эта формулировка нашла свое конкретно-научное содержание уже в рамках механики Ньютона. Впоследствии эвристический потенциал принципа относительности позволил расширить его и на СТО и на ОТО. Во всех случаях принцип относительности играл также ограничивающую роль, оказывая определенное влияние на выбор соответствующих математических (геометрических) моделей. На наш взгляд, эволюция принципа относительности на этом не закончена, скорее всего, он найдет соответствующую интерпретацию (отражение) и в рамках будущей РСТО. Фактически нам хотелось бы подчеркнуть следующее: о принципе относительности (на всех этапах его эволюции, если таковые существуют) можно говорить как о тандеме, само требование относительности (сохранения) выступает в качестве определенного вида симметрии, а дополнительные физические принципы (эквивалентность ИСО, принцип эквивалентности Эйнштейна, инвариантный покой) определенным образом стремятся «восстановить» эту симметрию, что находит отражение в соответствующих математических моделях. Последнее обстоятельство и является реализацией принципа относительности в его методологическом значении относительно построения новой модели пространства-времени.

Дополнение Б

АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ ТЕОРИИ СТРУН

Ощущение тайны – наиболее прекрасное из доступных нам переживаний. Именно это чувство стоит у колыбели истинного искусства и настоящей науки.

Альберт Эйнштейн

Задача данного дополнения – познакомить с теорией струн читателя, который хочет понять суть того, о чем сегодня спорят выдающиеся интеллектуалы планеты. Наша задача – подчеркнуть актуальность проблем, поднимаемых интенсивно развивающейся в настоящее время теорией струн, показать важность и значимость для нашего понимания реальности исследований, проводящихся в этой области фундаментального естествознания. Мы покажем, что теория струн является вполне логическим завершением или, по крайней мере, существенным шагом на пути поиска Теории Великого Объединения, поиска, который велся фактически на протяжении всей истории физики XX в.

В 1998 г. вышла книга Джозефа Полчинского «Теория струн» [Polchinski, 1998], увесистый двухтомник, практически сразу завоевавший популярность у читателей (к 2003 г. книга была переиздана семь раз!). На наш взгляд, причина такой необычайной популярности (а речь идет о крайне абстрактных областях математики и физики, требующих серьезной теоретической подготовки) заключается в следующем. Во-первых, к этому времени теоретики в области теории струн уже пришли к согласию относительно перспектив развития и наметили «генеральный план» теории. В 1995 г. признанный лидер исследований в этой области Эдвард Виттен провозгласил *M*-теорию – «мистическую» теорию, которая замкнет в своем формализме различные, существовавшие до этого раздельно, варианты теории струн. Во-вторых, струнный подход постепенно приобретает все больше сторонников, и дело, скорее всего, не в том, что трудности традиционных подходов к описанию явлений на самом фундаментальном уровне ведут к увеличению абстрактности и сложности, а в том, что теория струн предоставляет новые широкие возможности для

дальнейшего развития физики: «красота и элегантность», отсутствие свободных параметров, фактически провозглашенная теоретическая уникальность – все это делает теорию более популярной.

Конечно, в настоящее время еще сложно судить о перспективах развития теории струн, однако можно утверждать достаточно определенно, что теория струн переживает расцвет, даже «взрыв» популярности. Об этом свидетельствует появление большого количества научно-популярных изданий, раскрывающих содержание теории струн, таких как, например, книга Брайана Грина «Элегантная Вселенная» [Грин, 2004]. Появились достаточно «простые» изложения теории струн, например, книга Бартон Цвейбаха «Введение в теорию струн» [Zwiebach, 2004], который начинает с основ, доступных всем, кто внимательно изучил курс высшей математики в вузе. К сожалению, на русском языке практически ни одна из современных фундаментальных работ по теории струн не представлена, монументальный труд Майкла Грина, Джона Шварца и Эдварда Виттена (сборник научных статей лидеров теории струн периода первой суперструнной революции 1984–1986 гг.) никак нельзя назвать книгой для ознакомительного чтения, к тому же она вышла еще в 1990 г. Примечательным является тот факт, что теория струн, проблемы и особенности ее развития привлекают внимание философов, становясь одной из центральных тем обсуждения в философии фундаментального естествознания (см., например, работы Ричарда Дэвида [Dawid, 2003, 2004, 2005]).

В свое время Джон Хорган в книге «Конец науки» [Хорган, 2001], которая имела также подзаголовок «Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки», говоря о «конце науки» в связи с тем, что сама наука все дальше отдалается от эмпирических идеалов исследования, заложенных еще Бэконом и Ньютоном, предрекал «иронизацию» неэмпирической науки, превращение ее в одно из направлений эзотерики, занимающейся, например, «постижением тайн магического космоса суперструн». Возможно, Хорган прав, один из наиболее интригующих моментов теории струн – предположение о теоретической уникальности, т. е. однозначности низкоэнергетических предсказаний (именно тех, которые доступны непосредственной эмпирической проверке), что на первый взгляд ведет к отрицанию возможности фальсификации теории. Однако современная наука уже готова дать хорошее обоснование тому, почему это должно произойти. Мы начнем знакомство с теорией струн, и особенно с теми преимуществами, которыми она обладает, с краткого экскурса в проблему поиска Теории Великого Объединения. Одна из целей данного дополнения – показать, каким образом теория струн «встроена в тело» современной физики и тем самым развеять миф относительно ее ненаучности. В контексте общей темы пособия это фактически будет означать поиск аргументов в пользу реалистской трактовки теории струн.

На пути к Теории Великого Объединения

На протяжении всей своей истории физика «была отмечена» попытками объединения различных представлений или понятий: те или иные события признавались одним и тем же (корпускулярно-волновой дуализм света) либо связанными четкими причинными отношениями (трение и нагрев поверхности соприкасающихся тел). Вместе с тем под давлением изменившихся – «унифицированных» – представлений изменялись и научные теории. Говоря о попытках построения Теории Великого Объединения, сейчас, как правило, имеют в виду необходимость построения квантовой теории гравитации, объединение описания электрослабого и сильного взаимодействий на основе формализма Стандартной Модели и пр. Понятие Теории Великого Объединения относительно, в том смысле, что под этой теорией понимается в первую очередь «Теория Всего», теория, которая отражает наше представление об абсолютной истине относительно физической реальности. Это окончательная теория, как говорит Стивен Вайнберг, «наивысшая точка эпического поиска, древнего поиска принципов, которые не могут быть объяснены терминами более глубоких принципов». Однако имеется одно существенное препятствие для построения такой теории – ограниченность возможностей эмпирической проверки наших теоретических построений: выйдя за пределы эмпирического, физика, по мнению Хоргана, может в конечном счете, став иронической, опуститься до релятивизма.

По мнению Шелдона Глэшоу, построение Теории Великого Объединения в ближайшее время сомнительно, Стандартная Модель будет еще долго оставаться окончательной в практическом смысле, если физика не сможет прорваться «за нее» с помощью более мощных ускорителей. Однако, говоря о перспективе развития физики, мы не можем отрицать того, что такая теория может быть построена или, по крайней мере, предложена. Даже если мы не сможем *доказать*, что теория является окончательной (как, например, доказывают теоремы в математике), но при этом она даст удовлетворительное объяснение всем экспериментальным данным, на наш взгляд, она будет принята. Современная теория струн является попыткой построить именно такую теорию, претендующую на объяснение Стандартной Модели, на объединение гравитации и других взаимодействий. В каком-то смысле на то, что теория струн «находится на правильном пути», указывает то, что она использует идею унификации как основание для формирования своего взгляда на Теорию Великого Объединения. Унификация достаточно хорошо зарекомендовала себя на протяжении всей истории физики, возможно, она окажется полезной и сейчас.

Один из наиболее ярких примеров такого объединения представлений (унификации) имел место в XIX в. Долгое время считалось, что электричество и магнетизм – не связанные друг с другом физические явления. Сначала было открыто электричество. Известные эксперименты Кавендиша были проведены в период с 1771 по 1773 г. В это же время независимо от Кавендиша свои исследования проводил Кулон, они были закончены к 1785 г. Все эти работы явились основой теории статического электричества или электростатики. Последующие исследования магнитных явлений обнаружили связь между электричеством и магнетизмом. В 1819 г. Эрстед обнаружил, что электрический ток, текущий по проводу, может каким-то образом воздействовать и отклонять стрелку компаса, помещенного в непосредственной близости к нему. Вскоре после этого Био-Савар (1820) и Ампер (1820–1825), проведя всесторонние исследования магнитных явлений, выяснили закономерности, которым подчиняются магнитные явления (собственно магнитное поле), возникавшие в проводнике с электрическим током. Решающий шаг был сделан Майклом Фарадеем (1831), который показал, что изменения магнитного поля приводят к возникновению электрического тока. Отметим, что уравнения, которые описывали все эти явления по отдельности, к тому времени уже были известны, однако система, составленная из них (а такие попытки проводились), оставалась незамкнутой относительно входящих величин (несовместной).

В 1865 г. Джеймс Клерк Максвелл решил данную задачу и построил непротиворечивую замкнутую систему уравнений, добавив в одно из уравнений новую величину. Однако заслуга Максвелла состоит не только в том, что он удачно перекомбинировал уравнения или выделил особую величину (электромагнитное поле), но и в том, что на основе построенной системы уравнений он «предсказал» существование так называемых электромагнитных волн. Для того чтобы объяснить наблюдаемые явления, Максвелл ввел в рассмотрение электромагнитную волну (теоретический объект). Уравнения электромагнитного поля – «уравнения Максвелла» – объединили электричество и магнетизм. Отметим, что необходимое объединение не было случайным или в достаточной степени произвольным: независимые (самостоятельные) теории электричества или магнетизма до сих пор остаются (и будут) несогласованными и противоречивыми.

Другой пример объединения двух типов «независимых» фундаментальных взаимодействий – это объединение электромагнитного и слабого взаимодействия в конце 1960-х гг., спустя почти сто лет после работ Максвелла. Это объединение Глэшоу – Вайнберга – Салама (Нобелевская премия по физике в 1979 г.) показало глубокую взаимосвязь между электромагнитными силами и силами, ответственными за слабые взаимодей-

ствия внутри атома; возникло представление о едином «электрослабом» взаимодействии. Однако для того, чтобы оценить значение и результаты этого объединения, на наш взгляд, сначала необходимо проанализировать главное событие, произошедшее в физике со времен Максвелла, – революцию, которую совершил Эйнштейн.

Пожалуй, наиболее важные изменения произошли в физике после создания специальной теории относительности Альберта Эйнштейна (1905), которая объединила пространство и время в единый пространственно-временной континуум. Пространственно-временной континуум, в отличие от объединения взаимодействий Максвелла, представляет собой новое понимание *пространства событий*, в котором разворачиваются физические явления. Отметим, что механика Ньютона, безраздельно царствовавшая до этого в течение 300 лет, уступила место релятивистской механике Эйнштейна, старые идеи об абсолютности пространства и времени были отброшены и уступили место новым интерпретациям характера абсолютности свойств пространства и времени (см. дополнение А).

Другой существенный шаг к новой физике, возможно даже более драматический, был сделан после открытия квантовой механики (в 2005 г. отмечалось 100-летие специальной теории относительности и гипотезы световых квантов). В настоящее время квантовая теория, у истоков которой стояли Эрвин Шредингер, Вернер Гейзинберг, Поль Дирак и др., ни у кого не вызывает сомнений, считается, что она наилучшим способом описывает и объясняет реальность на уровне микромира (примерно до 10^{-18} см). В рамках квантовой механики изменилось классическое представление о наблюдаемости: *любой акт наблюдения оказывается в первую очередь взаимодействием между явлением и исследователем*, чем более глубинную область мы стремимся исследовать, тем больше затрачиваемая энергия на то, чтобы провзаимодействовать с ней, рост энергии взаимодействия практически препятствует «глубине проникновения» в микромир. В то же время современная квантовая теория – это больше чем собственно теория, скорее это общий подход к анализу микроскопических явлений, предоставляющий правила и принципы, которым должна следовать теория, для того чтобы предлагать «жизнеспособные предсказания» физических явлений.

Итак, можно утверждать, что теоретическим ядром современной физической научной картины мира, возникшей на рубеже XIX–XX вв. и окончательно закрепившейся к середине XX в., являются квантовая механика и теория относительности. В настоящее время физике известно о четырех фундаментальных взаимодействиях. Остановимся кратко на каждом из них.

1. Гравитация. Понятие о силе притяжения появляется еще в античности (Аристотель), однако первое корректное математическое представле-

ние гравитационного взаимодействия дал только Исаак Ньютон в начале XVIII в. Ньютоновское представление о гравитации подверглось существенному пересмотру после создания общей теории относительности – теории гравитации Эйнштейна. Согласно этой теории пространственно-временной континуум СТО «живет собственной жизнью», сила гравитации «отождествляется» с кривизной пространства-времени, причем эта кривизна является следствием распределения в пространстве гравитирующих масс и может динамически изменяться в зависимости от изменения энергетических характеристик движущегося тела. Отметим, что эйнштейновская теория гравитации является классической, в том смысле, что к ней не применимы квантовые представления (см. дополнение А).

2. Электромагнитное взаимодействие. Как отмечено выше, электромагнитное взаимодействие описано Максвеллом еще в 1865 г. В настоящее время электромагнетизм, теория Максвелла, формулируется как классическая теория электромагнитного поля. Однако в отличие от классической механики Ньютона, которая в свое время была ограничена СТО (см. дополнение А), теория Максвелла является полностью совместимой с СТО, т. е., как было показано позднее, в основе теории Максвелла «лежит» кинематика СТО, другими словами, именно кинематика СТО является основанием для объединения самой СТО и теории Максвелла, что и приводит к теории электромагнетизма.

3. Слабое взаимодействие. Впервые слабое взаимодействие было обнаружено в реакции бета-распада, когда нейтрон распадается на протон, электрон и электронное антинейтрино. В общем случае все физические процессы, включающие превращения нейтрино, связаны со слабым взаимодействием. Несмотря на то что бета-распад был известен еще в конце XIX в. (испускание бета-лучей, т. е. свободных электронов, обнаружил Анри Беккерель в 1898 г.), осознание того, что здесь «замешано» новое фундаментальное взаимодействие, пришло не сразу, фактически это произошло только в середине XX в. В 1933 г. Энрико Ферми создал теорию бета-распада ядер и ввел в физику понятие о новом типе взаимодействия – слабом. Отметим, что слабое взаимодействие является намного менее «слабым», чем электромагнитное.

4. Сильное взаимодействие (или, как иногда говорят, цветовое или ядерное). Это взаимодействие ответственно за стабильность ядра атома и в конечном счете за стабильность самих протонов, нейтронов и других субатомных частиц, частицы-составляющие которых – кварки – связаны сильным взаимодействием. Сильное взаимодействие – самое сильное и самое короткодействующее из четырех фундаментальных взаимодействий, мы даже не можем говорить о существовании «свободных» кварков (гипотеза конфайнмента). За счет сильного взаимодействия кварки удерживаются внутри протонов и нейтронов, а протоны и нейтроны, собрав-

шись вместе, образуют атомные ядра. Отметим, что и сильное, и слабое взаимодействия отличаются от открытых ранее сил: гравитация и электромагнетизм имеют неограниченный радиус действия, сильное же взаимодействие эффективно только на расстояниях, не превышающих размеры атомного ядра, а слабое взаимодействие – на еще меньших расстояниях.

Вернемся к анализу попыток объединения электромагнитного и слабого взаимодействий в конце 1960-х гг. Модель Вайнберга – Салама предусматривает наличие *электрослабого* взаимодействия, которое является представлением электромагнитного и слабого взаимодействий в едином «объединяющем» ключе. Отметим, что это единое «унифицированное» представление не было продиктовано или обосновано только соображениями простоты или элегантности представления. Оно было продиктовано, в первую очередь, необходимостью построения предсказательно успешной и согласованной теории слабого взаимодействия.

Изначально теория объединенного электрослабого взаимодействия (модель Глэшоу) говорила о существовании четырех безмассовых частиц – переносчиков взаимодействий: фотона (переносчика электромагнитного взаимодействия) и W^+ , W^- и Z^0 -бозонов (переносчиков слабого взаимодействия). В квантовой механике радиус взаимодействия обратно пропорционален массе частицы-переносчика, поэтому нулевая масса соответствует бесконечному радиусу взаимодействия. Таким образом, вопреки всем экспериментальным данным модель Глэшоу предполагала неограниченный радиус взаимодействия не только для электромагнетизма, но и для слабого взаимодействия. Предложенная Глэшоу калибровочная симметрия привела к еще одному нетрадиционному выводу: когда две частицы обмениваются электромагнитным взаимодействием, их электрические заряды не изменяются, так как фотон (переносчик электромагнитного излучения) не является носителем электрического заряда. Однако во всех известных в то время слабых взаимодействиях осуществлялся перенос единичного электрического заряда, например, распадающийся нейтрон (с зарядом 0) мог порождать протон (с зарядом +1) и электрон (с зарядом -1). Явления такого рода можно было бы объяснить обменом частицами W^+ и W^- с зарядами, равными соответственно +1 и -1. Но введение электрически нейтральной частицы Z^0 означает, что некоторые слабые взаимодействия должны происходить без обмена зарядом, как при электромагнитном взаимодействии. Предсказание явлений, названных впоследствии «слабыми нейтральными токами», стало решающей экспериментальной проверкой объединенной теории электрослабого взаимодействия, они были экспериментально обнаружены в 1973 г. в ЦЕРНе.

В 1967 и 1968 гг., работая независимо друг от друга, Вайнберг и Салам создали объединенную теорию слабого и электромагнитного взаимодей-

ствий на основе калибровочной симметрии, которой пользовался Глэшоу. Модель Вайнберга – Салама также утверждала существование четырех частиц-переносчиков, но предлагала новый механизм, наделяющий массами W^+ , W^- и Z^0 -частицы и оставляющий безмассовыми фотоны – «спонтанное нарушение симметрии». Салам предположил, что калибровочная симметрия, связывающая электромагнитное и слабое взаимодействия, спонтанно нарушается, когда уровень энергии значительно изменяется. При очень высоких энергиях эти два взаимодействия неразличимы, но при низких энергиях W^- и Z -частицы (а следовательно, слабые взаимодействия) встречаются редко. Так как в земных условиях физика ограничена сравнительно низкими энергиями, то исследователи ранее обращали внимание только на различия между электромагнитным и слабым взаимодействиями. Отметим, что массы W^+ , W^- и Z^0 -частиц не вводятся искусственно, а возникают естественно из механизма спонтанного нарушения симметрии, оценки масс этих частиц были получены из самой теории. В 1983 г. частицы W и Z были обнаружены экспериментально Карло Руббиа среди продуктов реакций, возникающих при столкновениях частиц, разогнанных до высоких энергий на ускорителе в ЦЕРНе.

Развивая идеи, приведшие к построению электрослабого взаимодействия, Шелдон Глэшоу внес важный вклад и в изучение сильного взаимодействия. В 1940–1950-х гг. в экспериментах на ускорителях высоких энергий было открыто много короткоживущих частиц, связанных с протоном и нейтроном, к 1969 г. было известно более 100 частиц, которые считались одинаково элементарными. Многих физиков такая ситуация не удовлетворяла. В 1963 г. Марри Гелл-Манн и Джордж Цвейг предложили способ, позволяющий уменьшить число фундаментальных частиц, необходимых для теории материи. Они высказали гипотезу о том, что протон, нейтрон и все известные их «родственники» могут быть сложными частицами, состоящими из нескольких более фундаментальных частиц, которые Гелл-Манн назвал *кварками*. Между собой кварки должны быть связаны сильным взаимодействием.

В первоначальном варианте теории Гелл-Манна было три типа кварков: *u*-кварки (от англ. *up* – верхние), *d*-кварки (от англ. *down* – нижние) и *s*-кварки (от англ. *strange* – странные). Через год, когда кварковая модель все еще оставалась чисто умозрительной, Глэшоу совместно с Джеймсом Бьоркеном предложил ввести четвертый кварк *c*. Глэшоу назвал его очарованным кварком (*charm*), поскольку тот действовал подобно волшебным чарам, позволяя устранить некоторые явления, предсказываемые трехкварковой теорией, но в действительности ненаблюдаемые. Частицы, содержащие этот кварк, были открыты в 1974 г., и предвидение Глэшоу получило экспериментальное подтверждение. Вместе с тем возникли необходимые предпосылки для формирования представления о возможно-

сти построения еще более унифицированного взаимодействия, о возможности объединить электрослабое и сильное взаимодействия.

Вернемся к уравнениям Максвелла. Как указано выше, это уравнения классические, в том смысле, что в них не рассматриваются квантовые эффекты. В основе современной физики лежит представление о квантовании. В 1900 г. Планк выдвинул гипотезу, что энергия излучения E излучается порциями – *квантами*, которые определяются формулой $E = hn$, а в 1905 г. Эйнштейн, опираясь на эту гипотезу, объяснил явление фотоэффекта, т. е. фактически предложил квантовую теорию света (теорию фотонов – частиц-переносчиков электромагнитного излучения). Квантование – это способ перейти от классической теории к неклассической (квантовой), для чего достаточно допустить, например, что энергия квантуется, передается порциями, квантами. Классическая электродинамика описывает, например, то, как течет ток в проводнике, или то, как работает телевизионная антенна, но она не может предложить корректного описания явлений на микроуровне, для этого служит квантовая электродинамика, неклассический аналог классической электродинамики Максвелла. В квантовой электродинамике, например, фотон является квантом электромагнитного поля. Теория слабого взаимодействия также является квантованной теорией, соответственно квантованной является и теория электрослабого взаимодействия.

Теория сильного взаимодействия, конечно, тоже является квантованной, это квантовая хромодинамика. Здесь частицами-переносчиками сильного взаимодействия являются восемь безмассовых частиц – глюонов, которые, так же как и кварки, нельзя наблюдать в «свободном» состоянии. Кварки взаимодействуют друг с другом, обмениваясь глюонами, причем взаимодействуя с глюоном, кварк меняет свой цвет. По аналогии с квантовой электродинамикой, где электромагнитная сила между электрически заряженными частицами возникает в результате обмена фотонами (квантами света), в квантовой хромодинамике взаимодействие (сильное) обусловлено свойством особого рода, которое называется *цвет*. Условно говоря, цвет может иметь три значения: красный, желтый и синий. (В любом случае фраза «кварк имеет красный цвет» имеет не больше и не меньше смысла, чем фраза «электрон имеет отрицательный заряд».)

Однако в отличие от фотонов в квантовой электродинамике, которые электрическим зарядом не обладают (хотя и выступают в роли носителей электромагнитного взаимодействия между заряженными частицами), глюоны имеют собственный цветовой заряд и могут изменять цвет кварков, с которыми взаимодействуют. Отметим, что цвет присущ только кваркам, но не барионам и мезонам, в состав которых они входят. *Барионы* (к которым относятся, в частности, протон и нейтрон) состоят из трех кварков: красного, желтого и синего, цвета которых взаимно гасятся, а

мезоны – из пары «кварк + антикварк», поэтому они также бесцветны. В целом в квантовой хромодинамике действует принцип, согласно которому кварки в природе могут образовывать только такие комбинации, суммарный цвет которых оказывается нейтральным. Например, если при поглощении глюона синий кварк превращается в красный, значит, глюон нес на себе единичный положительный заряд красного цвета и единичный отрицательный заряд синего, поскольку совокупный цветовой заряд кварка при этом не меняется.

Теория электрослабого взаимодействия вместе с квантовой хромодинамикой образуют Стандартную Модель физики элементарных частиц. В рамках Стандартной Модели наблюдается «пересечение» множеств частиц, участвующих в электрослабом или сильном взаимодействии, имеются частицы, участвующие в обоих взаимодействиях, например сами кварки. Кварки участвуют как в сильном, так и в слабом взаимодействии, но изменение природы кварка, сопровождающееся испусканием переносчика слабого взаимодействия, отличается от того, что происходит с кварком при испускании глюона. В то время как глюоны изменяют цвет кварка, слабое взаимодействие изменяет его *аромат*. Однако, несмотря на то что достигнуто *такое* понимание роли кварков в Стандартной Модели, до сих пор отсутствует достаточно четкое представление о возможности объединения сильного и слабого взаимодействий. Стандартная Модель полностью исчерпывает наши современные представления о «структуре» вещества, суммирует все наши знания в области элементарных частиц, однако не дает «однозначных» оснований рассуждать о возможных путях дальнейшей унификации наших представлений.

Рассмотрим саму Стандартную Модель – физическую теорию, которая отражает наши современные представления о том, «из чего состоит мир». Стандартная Модель состоит из двенадцати частиц-переносчиков: восьми глюонов, W^+ , W^- и Z^0 -частиц и фотона. Все они являются бозонами. Существует еще одно важное деление элементарных частиц на бозоны и фермионы. *Фермионы* – частицы, которые в одном квантовом состоянии могут находиться лишь в единственном числе, они не могут «налагаться» друг на друга (наложение происходит или не происходит в дискретных энергетических состояниях, на которые квантовая механика делит природу), а *бозоны* могут. Например, если бы электроны были бозонами, то все электроны атома могли бы занимать одну и ту же орбиталь, соответствующую минимальной энергии, т. е. Вселенная в том виде, в котором мы ее знаем, была бы невозможна.

Фермионы – это кварки и лептоны. *Лептоны* – общее название класса элементарных частиц, не обладающих сильным взаимодействием, т. е. участвующих лишь в электромагнитном, слабом и гравитационном взаи-

модействиях. В частности, к лептонам относят электрон e^- , мюон μ^- и тау-лептон t^- , а также соответствующие им нейтрино ν_e, ν_μ, ν_t (их тоже двенадцать с учетом античастиц). Кварки имеют цвет, электрический заряд и участвуют в слабом взаимодействии. Отметим, что частицы, которые состоят из кварков и участвуют в сильном взаимодействии, называют *адронами*. Всего существует шесть кварков или ароматов кварков, учитывая их участие в слабом взаимодействии (имеются достаточно серьезные основания считать, что их не должно быть больше), в 1977 г. открыт *b*-кварк (от англ. *bottom* – основание, низ), а в 1995 г. – *t*-кварк (от англ. *top* – вершина). Например, *u*- и *d*-кварки обладают различным электрическим зарядом и соответственно взаимодействуют слабо по-разному. Каждый из шести кварков может быть трех цветов, что дает восемнадцать различных частиц, с учетом античастиц – тридцать шесть. Таким образом, получается сорок восемь фермионов, которые и образуют все вещество во Вселенной.

Мы не случайно привели здесь такую подробную классификацию элементарных частиц. Согласно Полчинскому, почти все из них получают удовлетворительное объяснение, свое «место» в рамках теории струн [Polchinski, 1998]. Несмотря на то что классификацию элементарных частиц в рамках Стандартной Модели нельзя назвать «простой», она выглядит достаточно элегантно и уже не раз обнаруживала свой эвристический потенциал. Однако как «завершенная» теория для физики в целом она обладает двумя существенными недостатками: во-первых, она не включает описание гравитационного взаимодействия; во-вторых, она содержит порядка двадцати свободных параметров, т. е. параметров, которые нельзя вычислить, обращаясь к самой Стандартной Модели (фактически это параметры, ответственные за «связь» теории и эксперимента). Наиболее яркий пример свободного параметра – отношение массы мюона к массе электрона. Это отношение, полученное экспериментально, порядка 207 и должно вноситься в Стандартную Модель заранее «вручную».

Большинство физиков верят в то, что Стандартная Модель является лишь основанием, первым шагом к построению «полной» физической теории. Некоторые из них полагают, что возможна унификация слабого и сильного взаимодействий (внутри Стандартной Модели) в рамках единой Теории Великого Объединения (Grand Unified Theory). Однако, на наш взгляд, в настоящий момент говорить об этом преждевременно.

Другой достаточно многообещающий вариант – это предположение, что «завершенная» версия Стандартной Модели будет включать представление о суперсимметрии. Суперсимметрия – это симметрия, которая свяжет бозоны и фермионы. Поскольку все, условно говоря, материальные частицы – это фермионы, а все частицы-переносчики – это бозоны,

то предполагаемая суперсимметрия объединит «материю» и «поле». В теории с суперсимметрией бозоны и фермионы будут образовывать пары частиц одинаковой массы. Те частицы, о которых говорит Стандартная Модель, не обладают этим свойством, таким образом, суперсимметрия, если, конечно, она существует, должна быть нарушена спонтанно. Несмотря на это, идея суперсимметрии является чрезвычайно интересной, многие верят в то, что однажды она будет открыта.

Кроме указанных вариантов построения «расширенной» Стандартной Модели (что может произойти, а может и не произойти), достаточно очевидным является тот факт, что «внесение» гравитации в Стандартную Модель не простой шаг. Гравитация обязана быть включенной, независимо от успешности попыток унификации физических взаимодействий, поскольку мы претендуем на построение единой «завершенной» теории. В частности, важность внесения гравитации в единую модель физических взаимодействий подчеркивается тем, что гравитационные эффекты, например, играют решающую роль в космологических моделях ранней Вселенной, хотя в настоящий момент все еще достаточно сложно оценить вклад сил гравитации на уровне микромира.

Построение теории квантовой гравитации – одна из основных проблем, сдерживающих развитие современной физики. Стандартная Модель – это квантованная теория, однако общая теория относительности Эйнштейна – теория гравитационного взаимодействия – является классической. В настоящее время построение теории, которая сочетала бы классические и квантовые свойства, представляется очень сложным, если не невозможным. Все попытки квантования гравитации, известные в настоящий момент, наталкиваются на ряд существенных трудностей: теория квантовой гравитации пока не предсказала ни одного эффекта, регистрация которого помогла бы сделать выбор в ее пользу, не преодолела проблему сингулярности. Ни в том, ни в другом случае мы не можем утверждать, что «уже приблизились» к пониманию природы гравитации. В частности, мы даже можем попытаться свыкнуться с мыслью о двойственном характере описания природы, что фактически и происходит сейчас (на макроуровне – ОТО, на микроуровне – Стандартная Модель). Однако теория квантовой гравитации просто необходима для описания, например, ранней «горячей» Вселенной или ряда эффектов, предсказанных в рамках теории черных дыр. Говорить о Теории Великого Объединения можно будет только после того, как будет построена квантовая теория гравитации и будет достигнут необходимый уровень «унификации» представлений о всех известных фундаментальных физических взаимодействиях.

Теория струн как теория объединения

Теория струн является прекрасной платформой для объединения формализмов всех четырех фундаментальных физических взаимодействий. Она по праву считается одним из прототипов окончательной Теории Всего. В рамках теории струн унификация фундаментальных взаимодействий не вызывает сомнений в силу применения одного, общего для всех геометрического формализма. Естественно, теория струн – это квантованная теория, включающая квантованную теорию гравитации. Речь идет о том, что объединения электрослабого и сильного взаимодействий достаточно, для того чтобы сформулировать убедительную квантовую теорию гравитации в рамках теории струн. Причем перед лицом очевидных проблем эмпирического обнаружения квантовых эффектов гравитации струнная теория квантовой гравитации предоставляет возможность проверки предсказаний о «поведении» других взаимодействий!

Таким образом, не нарушая общности, можно утверждать, что теория струн является одним из вариантов квантовой теории гравитации. Однако почему мы должны быть уверены в том, что теория струн – это реальный кандидат на окончательную теорию? Ответ прост. В теории струн каждая элементарная частица определяется как частный случай «колебания» одного по-настоящему элементарного микрообъекта – струны (по аналогии с музыкальным инструментом: различные режимы колебания (с различной амплитудой) струны приводят к различным издаваемым звукам). Например, одно из возможных «колебаний» может порождать *гравитон* – квант гравитационного поля. В то же время фундаментальным геометрическим объектом для всех частиц является одна и та же струна, т. е. как следствие теория струн описывает все элементарные частицы или взаимодействия на основе одной модели – струны. Например, говоря о процессе распада $a \rightarrow b + g + d$, мы уверены, что частица a распадается на частицы b , g и d (нейтрон распадается на протон, электрон и электронное нейтрино), однако в рамках теории струн это будет означать, что струна, «колебание» которой соответствует частице a , «распалась» на другие элементарные струны, «колебания» которых дают частицы b , g и d .

Существуют также другие аргументы в пользу того, что теория струн есть окончательная Теория Всего. Во-первых, отсутствие свободных параметров (в Стандартной Модели их порядка 20). Естественно, теория со свободными параметрами не может претендовать на роль окончательной: задав различные параметры, мы будем получать различные теории с потенциально различными предсказаниями. Фактически в рамках Стандартной Модели мы имеем дело скорее с «набором» моделей, а не с еди-

ной теорией (в то же время в рамках теории струн все же есть один параметр – длина струны l_s). Во-вторых, мерность пространства-времени событий в теории струн четко ограничена. Окружающее нас пространство четырехмерно. Стандартная Модель оставляет этот вопрос без внимания. Однако в теории струн число измерения является результатом вычисления, причем часть измерений «свернута» и не поддается экспериментальной регистрации при низких энергиях, а часть из них (четыре) «развернута» и образует известный нам четырехмерный континуум Минковского.

Поскольку теория струн – это в первую очередь математическая теория, более важным является вопрос о том, сколько может быть теорий струн. В настоящее время можно выделить два основных направления построения теорий. Одно из них обращает внимание на то, что струны могут быть «открытыми» (две конечные точки) и «закрытыми» (струна замкнута), причем мы можем также рассматривать теории и с «открытыми», и с «закрытыми» струнами (как правило, теории только с «открытыми» струнами не рассматриваются, поскольку они могут «замыкаться»). Другое направление – это разделение бозонных струнных теорий и суперструнных теорий. Теория бозонных струн строится в 26-мерном пространстве, где различные «вибрации» струны порождают бозоны. Поскольку эта теория не рассматривает фермионы, ее нельзя назвать в числе основных претендентов, однако она намного проще, чем теория суперструн, и также позволяет объяснить основные моменты описания взаимодействия всех четырех фундаментальных физических взаимодействий. Теория суперструн строится в 10-мерном пространстве и включает описание и бозонов, и фермионов, которые связаны одной суперсимметрией. Таким образом, теория суперструн – это, скорее, одна из возможных реализаций более общей теории – теории суперсимметрии. В настоящее время все более или менее правдоподобные модели физических частиц и взаимодействий основаны на теории суперструн. Например, гравитон есть специфический режим «колебания» «закрытой» суперструны.

К середине 1980-х гг. было разработано уже пять суперструнных теорий. К началу 1990-х гг. Эдвард Виттен и ряд других физиков-теоретиков обнаружили веские доказательства того, что различные суперструнные теории представляют собой различные предельные случаи не разработанной пока 11-мерной теории. В 1995 г. Виттен, на теперь уже эпохальной конференции в Лос-Анджелесе назвал ее *M-теорией*. Считается, что все пять суперструнных теорий связаны между собой, как если бы они были частными случаями одной фундаментальной теории. Эти теории связаны преобразованиями, называемыми *дуальностями*. Если две теории связаны между собой преобразованием дуальности (дуальным преобразованием), это означает, что первую из них можно преобразовать некоторым обра-

зом, так что один из ее пределов будет иметь вид второй из этих теорий. Более того, дуальности связывают величины, которые ранее считались принципиально различными, например, большие и малые масштабы, которые всегда считались совершенно четкими пределами поведения физических систем как в классической теории поля, так и в квантовой.

Строго и технически говоря, *M-теория* – это неизвестная 11-мерная теория, нижним энергетическим пределом которой является теория супергравитации, «объединяющая» различными дуальными связями все известные 10-мерные теории суперструн. Однако многие используют этот термин для обозначения неизвестной теории, которая, как считается, является более фундаментальной и специальным пределом которой являются суперструнные теории. До сих пор неизвестно, что это за фундаментальная теория, «стоящая за спиной» у теории струн. По мнению Виттена, «исходя из всех соотношений это должна быть очень интересная и богатая теория, у которой масштабы расстояний, сила связей и даже число измерений не фиксировано, а может изменяться в зависимости от нашей точки зрения».

Возможна ли экспериментальная проверка теории струн?

До настоящего времени ни один эксперимент не подтвердил истинность теории струн. С одной стороны, для того чтобы провести экспериментальную проверку, необходимы новые успешные предсказания, однако их достаточно сложно сделать, учитывая комплексный характер теории. Можно сказать, что теория струн еще не вышла из «младенческого возраста», по выражению Бартона Цвейбаха, «не так-то просто сделать предсказание, основываясь на теории, которая сама еще не закончена и не обладает принятой интерпретацией». Однако чисто теоретически можно указать на несколько возможностей экспериментальной проверки теории струн.

Во-первых, как отмечено выше, теория суперструн строится в 10-мерном пространстве. Если она верна, то скрытые размерности *должны* существовать. Можно ли проверить их существование? Все зависит от радиуса компактификации скрытых размерностей. В гл. 3 пособия мы указывали на то, что, по-видимому, пределом локализации вещественно-полевой картины мира, описываемой в рамках ОТО и релятивистской квантовой механики, является масштаб порядка планковской длины l_{pl} и планковской массы m_{pl} . В том случае если радиус компактификации имеет порядок планковской длины, экспериментальная проверка теории струн, по-видимому, невозможна: энергетические затраты по исследова-

нию столь малых масштабов будут слишком велики. В то же время не исключено, что радиус компактификации не так уж и мал. В этом случае проверка вполне возможна, как только экспериментальная физика выйдет за пределы современных мощностей.

Во-вторых, оставив в стороне попытки прямой эмпирической проверки, можно вернуться, например, к тому, что согласно теории струн Стандартная Модель физики элементарных частиц фактически является ее низкоэнергетическим пределом. Таким образом, возможен поиск объяснения тех явлений, которые не находят удовлетворительного объяснения в Стандартной Модели. Заслуживает внимания также анализ перехода между теорией струн и ОТО. Традиционно ОТО используется как основа для построения различных космологических моделей развития нашей Вселенной. Моделей предлагается много, однако выбор между ними, как правило, обосновывается лишь соображениями начальных условий, симметрии и простоты. В контексте анализа ОТО можно утверждать, что теория струн делает, по крайней мере, одно эмпирически фиксируемое предсказание: она «предсказывает» гравитацию. Конечно, это предсказание сложно назвать собственно предсказанием, скорее это постпредсказание, однако тот факт, что гравитация есть следствие теории струн, также может сыграть большую роль в выборе адекватных космологических моделей и тем самым подсказать нам, какую из возможных моделей теории струн следует выбрать.

Возможно, теория струн так никогда и не будет проверена эмпирически, и мы не сможем сказать, что это и есть окончательная Теория Всего, однако, на наш взгляд, когда-нибудь она приведет к существенно новому пониманию реальности (предсказание гравитации – один из примеров). По крайней мере, воспринимая теорию струн как возможного кандидата на Теорию Всего, можно поверить в прозорливость Эдварда Виттена, предсказавшего, что в ближайшие полвека теория струны будет так же определять развитие физики, как в последние полвека его определяла квантовая теория.

Восемь пунктов Дж. Полчинского

В заключение еще раз кратко остановимся на основных аргументах в пользу принятия теории струн. Ниже перечислены основные, отметим – конкретно-научные, аргументы, которые предлагает Джозеф Полчински, его «восемь пунктов» в пользу принятия теории струн, подчеркивающие ее исключительность:

1. *Гравитация*. Общая теория относительности является низкоэнергетическим пределом теории струн.

2. *Согласованная теория квантовой гравитации*. Теория струн дает намного более жизнеспособные описания квантовой гравитации, чем это делает любая полевая теория.

3. *Великое объединение*. Теория струн ведет к настолько общим группам калибровочных симметрий, что они будут включать Стандартную Модель. Простейшие варианты теории струн ведут к тем же самым представлениям групп калибровочных симметрий, которые возникают в результате попыток объединения Стандартной Модели.

4. *Дополнительные размерности*. Теория струн требует дополнительного числа измерений, что существенным образом изменяет сложившиеся представления о геометрии и топологии пространства-времени. Отдельные решения уравнений теории струн, например, приводят к модели, в которой существует четыре плоских «развернутых» измерения и шесть искривленных «свернутых» измерения, что в общем случае не нарушает представлений Стандартной Модели.

5. *Суперсимметрия*. Непротиворечивость теории струн требует пространственно-временной суперсимметрии.

6. *Асимметричная калибровочная связь*. Калибровочные взаимодействия в природе частично асимметричны. Данное обстоятельство являлось камнем преткновения для большинства подходов к объединению в прошлом, они требовали симметричных калибровочных связей. Теория струн позволяет оперировать асимметричной калибровочной связью.

7. *Отсутствие свободных параметров*. В теории струн *нет* дополнительных параметров, которые задаются «извне» теории.

8. *Уникальность*. Нет не только свободных параметров, но также нет и различий в том, чтобы выбрать калибровочную группу или представление самой теории, например для того, чтобы описать какой-нибудь низкоэнергетический предел теории – есть только одна единственная теория струн [Polchinski, 1998. P. 5–6].

Итак, мы привели «восемь пунктов» Джозефа Полчинского. Человеку, далекому от тонкостей современной теоретической физики, возможно, такая конкретно-научная аргументация «не покажется откровением», однако тут есть над чем задуматься. В контексте философско-методологического анализа проблем развития современного фундаментального естествознания такое представление об отличительных чертах теории, претендующей на статус Теории Всего, не может остаться незамеченным. По крайней мере, наибольшего внимания, на наш взгляд, заслуживают два пункта: «объединение» (т. е. представление об объединении всех известных фундаментальных взаимодействий на основе форма-

лизма теории струн) и «теоретическая уникальность» (т. е. однозначность предсказания низкоэнергетического предела теории). Первое свойство можно рассматривать как реализацию принципа относительности для теории соответствующего фундаментального уровня (см. дополнение А). Если мы претендуем на построение Теории Всего, то она *должна* быть выражена в наиболее общей форме, сохраняющей вид законов физики в *любых* ситуациях, в частности при описании любых взаимодействий. Второе свойство можно рассматривать как необходимое следствие «маргинализации явлений» (см. гл. 3): для теории, претендующей на статус наиболее абстрактной и фундаментальной, «маргинализация» *обязана* «превратиться» в теоретическую уникальность.

На наш взгляд, все это подчеркивает актуальность исследования теории струн в философско-методологическом аспекте. Конечно, одной из основных является проблема подтверждения теории струн, однако, как мы неоднократно подчеркивали выше, в частности в ходе анализа ОТО, эпистемологические трудности, вызванные различного типа «нагруженностью» наших теорий (в данном случае фактически переход к полностью косвенной модели обоснования знания), не могут решающим образом повлиять на вопрос относительно объективности реконструируемого теорией знания о реальности (см. гл. 2). Последовательно реалистская позиция возможна и в отношении теории струн. Не исключено, что мы действительно подходим к моменту, когда придется подкорректировать эмпирический галилеевско-бэконовско-ньютоновский стандарт обоснования научного знания. Однако то же свойство теоретической уникальности теории струн является лучшим аргументом в пользу ее реалистской трактовки: в ходе реконструкции реальности в рамках теории струн мы четко представляем, какая часть теории говорит об объективной реальности. Так же как и ОТО, теория струн указывает на элементы конвенциональности таким образом, что мы уже знаем, какая часть описания относится к реальности.

Действительно, оказалось, что существует множество способов свести, например, 10-мерные суперструнные теории к 4-мерной эффективной теории поля, описывающей «доступную нам» реальность, причем путей редукции может быть бесконечно много. Таким образом, в силу свойства теоретической уникальности каков бы ни был наш мир, всегда найдется способ свести его к суперструнной теории, т. е. суперструнная теория не будет противоречить не только современным экспериментальным данным, но и любым другим экспериментам в обозримом будущем. Однако данное обстоятельство, на наш взгляд, никоим образом не противоречит, например, требованию фальсификации научной теории. Пример с фальсификацией теории струн аналогичен известному примеру, предложенному еще Карлом Поппером, с фальсификацией закона сохранения

энергии: любой эксперимент, в котором достоверно и воспроизводимо будет наблюдаться несохранение энергии замкнутой системы (например, в том случае, если «вечный двигатель» все же будет создан), станет опровержением закона сохранения энергии или, по крайней мере, установит новые, более узкие рамки его применимости. Единственное отличие заключается в том, что по своему уровню фундаментальности и всеобщности теория струн, во-первых, объясняет сам закон сохранения энергии, а во-вторых, дает это объяснение единственным образом. В соответствии с представленной точкой зрения на то, каким образом мы говорим о том, какая часть теории с необходимостью «отвечает» объективной реальности, можно утверждать, что теория струн не встречает препятствия для построения адекватной реалистской трактовки. Единство нашего мира является наилучшим аргументом в пользу принятия реализма: теория струн реконструирует его единственным образом.

В заключение хотелось бы еще раз отметить, что вызов иронизации науки, вызов «маргинализации явлений» еще не означает победу антиреализма или обнаружение новых решающих аргументов в пользу скептического аргумента. Будет ли теория струн настолько успешной, как предсказывают теоретики, пока неясно, однако те принципы, которые заложены в ней, в частности идеи объединения и суперсимметрии, отражают наши самые «сокровенные» представления о том, какими достоинствами должна обладать современная фундаментальная научная теория, претендующая на описание объективной реальности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Аристотель*. Метафизика // Соч.: В 4 т. М.: Мысль, 1976. Т. 1.
- Аристотель*. О небе // Соч.: В 4 т. М.: Мысль, 1981а. Т. 3.
- Аристотель*. Физика // Соч.: В 4 т. М.: Мысль, 1981б. Т. 3.
- Аронов Р. А.* К проблеме пространства и времени в физике элементарных частиц // Философские проблемы физики элементарных частиц. М.: Наука, 1963.
- Аронов Р. А.* Непрерывность и дискретность пространства и времени // Пространство, время, движение. М.: Наука, 1971.
- Бергсон А.* Длительность и одновременность: По поводу теории Эйнштейна. Л.: Сеятель, 1923.
- Борн М.* Эйнштейновская теория относительности. М.: Наука, 1964.
- Вальцев А. Н.* Дискретное пространство-время. М.: Наука, 1965.
- Галилей Г.* Диалог о двух главнейших системах мира: птоломеевой и коперниковой. М.; Л.: ОГИЗ, 1948.
- Гейзенберг В.* Введение в единую полевую теорию элементарных частиц. М.: Мир, 1968.
- Гильберт Д.* Основания геометрии. Л.: Сеятель, 1923.
- Глинер Э. Б.* Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества // ЖЭТФ. 1965а. Т. 49, вып. 2. С. 542.
- Глинер Э. Б.* Вакуумоподобное состояние среды и фридмановская космология // Докл. АН СССР. 1970. Т. 192, № 4. С. 771-774.
- Глинер Э. Б.* О возможном обобщении уравнений Эйнштейна // Письма в ЖЭТФ. 1965б. Т. 2, вып. 2. С. 55.
- Головко Н. В.* Методологический фальсификационизм и проблема внеэмпирического обоснования научного знания // Философия науки. 2002. № 13. С. 50–67.
- Головко Н. В.* Научный реализм и конструктивный эмпирицизм: истина и эмпирическая адекватность в контексте проблемы мотивации // Вестн. НГУ. Сер. Философия. 2005а. Т. 3, № 1. С. 3–17.
- Головко Н. В.* Проблема индивидуации теорий и научный реализм // Философия науки. 2005б. № 24. С. 63–105.

- Головко Н. В.* Топологические свойства пространства и принцип относительности: размерность. К постановке проблемы // *Философия науки*. 2006. (В печати).
- Головко Н. В., Симанов А. Л., Сторожук А. Ю.* Специальная теория относительности: основные предпосылки и идеи // *Философия науки*. 2003. № 17. С. 118–145.
- Горелик Г. Е.* Первые шаги квантовой гравитации и планковские величины // *Эйнштейновский сборник 1978–1979*. М.: Наука, 1983.
- Грин Б.* Элегантная вселенная. М.: УРСС, 2004.
- Грюнбаум А.* Философские проблемы пространства и времени. М.: Прогресс, 1969.
- Гуревич Л. Э., Чернин А. Д.* Происхождение галактик и звезд. М.: Наука, 1987. С. 183.
- Гюйо М.* Происхождение времени. СПб.: Б. и., 1899.
- Декарт Р.* Начала философии // Избр. произведения. М.: Мысль, 1950.
- Дибай Э. А., Каплан С. А.* Размерности и подобие астрофизических величин. М.: Наука, 1976.
- Дымникова И. Г.* Инфляционная Вселенная с точки зрения ОТО // *ЖЭТФ*. 1986. Т. 90, вып. 6. С. 1900–1907.
- Кант И.* Критика чистого разума. М.: Мысль, 1994.
- Корухов В. В.* Методологический анализ проблемы существования теории квантовой гравитации // *Вестн. НГУ. Сер. Философия и право*. 2003. Т. 1, № 1. С. 84–90.
- Корухов В. В.* Модель дискретно-непрерывного пространства-времени и апории движения “Ахиллес” и “дихотомия” // *Философия науки*. 2001. № 10. С. 50–67.
- Корухов В. В.* О природе фундаментальных констант // *Методологические основы разработки и реализации комплексной программы развития региона*. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988.
- Корухов В. В.* Фундаментальные постоянные и структура пространства-времени. Новосибирск: НГУ, 2002.
- Корухов В. В., Наберухин Ю. И.* Сверхсветовые явления и пространственно-временные отношения в тахионных мирах // *Философия науки*. 1995. № 1. С. 58–64.
- Корухов В. В., Шарыпов О. В.* О подходах к созданию расширенной специальной теории относительности // *Философия науки*. 2005. № 27. С. 64–79.
- Корухов В. В., Шарыпов О. В.* Структура пространства-времени и проблема физического вакуума: состояние и перспективы // *Философия науки*. 2006. № 28. С. 20–36.
- Куайн У. В. О.* С точки зрения логики: 9 логико-философских очерков. Томск: ТГУ, 2003.

- Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ, 2001.
- Кутателадзе С. С. Анализ подобия и физические модели. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.
- Лейбниц Г. В. Переписка с Кларком // Соч.: В 4 т. М.: Мысль, 1982. Т. 1.
- Максвелл Г. Онтологический статус теоретических сущностей // Философия науки. 2005. № 24. С. 20–48.
- Маршаков А. В. Теория струн или теория поля? // УФН. 2002. Т. 172, № 9. С. 997.
- Материалистическая диалектика: В 5 т. / Под общ. ред. Ф. В. Константинова, В. Г. Марахова. М.: Мысль, 1981–1984.
- Мах Э. Механика: Историко-критический очерк ее развития. СПб.: Б. и., 1909.
- Минковский Г. Пространство и время // Принцип относительности. Л.: ОГИЗ, 1935.
- Мостепаненко А. М. Проблема универсальности основных свойств пространства и времени. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969.
- Наберухин Ю. И. Ключевой момент первой статьи Эйнштейна о теории относительности // Философия науки. 2005. № 25. С. 107–120.
- Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Собрание трудов академика А. Н. Крылова. М.: ОГИЗ, 1936. Т. 5.
- Окунь Л. Б. Понятие массы (Масса, энергия, относительность) // УФН. 1989. Т. 158, вып. 3. С. 511–530.
- Пенроуз Р. Тени разума: в поисках науки о сознании. М.: ИКИ, 2003.
- Планк М. Единство физической картины мира. М.: Наука, 1966.
- Пономарев Л. И. Под знаком кванта. М.: Наука, 1984.
- Прокл. Элементы физики // Вопр. философии. 1986. № 8. С. 43–61.
- Рассел Б. Проблемы философии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2001.
- Розенталь И. Л. Механика как геометрия. М.: Наука, 1990.
- Румер Ю. Б. Принципы сохранения и свойства пространства и времени // Пространство, время, движение. М.: Наука, 1971. С. 107–126.
- Свидерский В. И. О диалектике элементов и структуры. М.: Соцэкгиз, 1963.
- Свидерский В. И. Пространство и время. М.: Госполитиздат, 1958.
- Симанов А. Л. Опыт разработки системы методологических принципов естественнонаучного познания // Философия науки. 2001. № 9. С. 3–15.
- Симанов А. Л., Потемкин В. К. Пространство в структуре мира. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.
- Симанов А. Л., Стригачев А. Методологические принципы физики: общее и особенное. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992.
- Спиноза Б. Приложение, содержащее метафизические мысли // Избр. произведения: В 2 т. М.: Мысль, 1957. Т. 1.

- Угаров В. А.* Специальная теория относительности. М.: Наука, 1977.
- Физическая энциклопедия*: В 5 т. Т. 5: Стробоскопические приборы – яркость / Под ред. А. М. Прохорова. М.: Большая рос. энцикл., 1981.
- Хакинг Я.* Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. М.: Логос, 1998.
- Хорган Дж.* Конец науки. СПб.: Амфора, 2001.
- Чернин А. Д.* Космический вакуум // УФН. 2001. Т. 171, № 11. С. 1153–1174.
- Чудинов Э. М.* Теория относительности и философия. М.: Политиздат, 1974.
- Шарьтов О. В.* Понятие фундаментальной длины и методологические проблемы физики. Новосибирск: НГУ, 1998.
- Шарьтов О. В.* Философские вопросы научных представлений о пространстве и времени. Введение: Учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 2000.
- Эйлер Л.* Теория движения твердых тел. М.; Л.: ОГИЗ, 1838.
- Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4 т. М.: Наука, 1965. Т. 1.
- Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4 т. М.: Наука, 1967. Т. 4.
- Эйнштейн А.* Сущность теории относительности // Собр. науч. тр.: В 4 т. М.: Наука, 1966. Т. 2.
- Эйнштейн А.* Теория относительности: избранные работы. Ижевск: НИЦ, 2000.
- Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Мысль, 1955.
- Amelino-Camelia G.* Doubly-Special Relativity: First Results And Key Open Problems // Intern. J. Mod. Phys. 2002a. D 11. N 1643.
- Amelino-Camelia G.* Doubly-Special Relativity // Nature. 2002b. V. 418. P. 34–36.
- Amelino-Camelia G.* Relativity in Space-time with Short-distance Structure Governed by an Observer-independent (Planckian) Length Scale // Intern. J. Mod. Phys. 2002b. D 11. N 35.
- Amelino-Camelia G.* Testable Scenario for Relativity with Minimum-length // Phys. Lett. 2001. B 510. N 255.
- Boyd R.* The Current Status of Scientific Realism // Scientific Realism / Ed. by J. Leplin. Los Angeles: Univ. of California Press, 1984. P. 41–82.
- Brading K., Brown H.* Are gauge symmetry transformation observable? // British J. Philos. Sci. 2004. V. 55. P. 645–665.
- Cartwright N.* How the Laws of Physics Lie. N.-Y.: Oxford Univ. Press, 1983.
- Chisholm R.* Theory of Knowledge. London: Prentice-Hall, 1966.
- Dawid R.* High Energy Physics and Constructive Empiricism // PITT-PHIL-SCI (<http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00002243/> 22 March 2005).

- Dawid R.* Scientific Realism in the Age of String Theory // PITT-PHIL-SCI (<http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00001240/> 7 July 2003).
- Dawid R.* Underdetermination and Theory Succession From a String Theoretical Perspective // PITT-PHIL-SCI (<http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00001744/> 10 May 2004).
- Fraassen van B.* On McMullin's Appreciation of Realism Concerning the Sciences // *Philos. Sci.* 2003. V. 70, N 4. P. 479–492.
- Fraassen van B.* *The Scientific Image.* N.-Y.: Oxford Univ. Press, 1980.
- Hempel C. G.* *Aspects of Scientific Explanation.* N.-Y.: Free Press, 1965.
- Hintikka J.* What is Abduction? The Fundamental Problem of Contemporary Epistemology // *Selected Papers.* Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1999. V. 5.
- Howson C.* *Hume's Problem: Induction and the Justification of Belief.* N.-Y.: Oxford Univ. Press, 2001.
- Josephson J., Josephson S.* *Abductive Inference.* N.-Y.: Cambridge Univ. Press, 1999.
- Korukhov V. V., Sharypov O. V.* On the Problem of Extended Special Relativity Creation // Arxiv (<http://arxiv.org/hep-th/0510007> 7 October 2005).
- Kosso P.* *Appearance and Reality: An Introduction to the Philosophy of Physics.* N.-Y.: Oxford Univ. Press, 1998.
- Kosso P.* The Empirical Status of Symmetries in Physics // *British J. Philos. Sci.* 2000. V. 51. P. 81–98.
- Kowalski-Glikman J., Smolin L.* Trilpy Special Relativity // *Phys. Rev.* 2004. D 70. N 065020.
- Laudan L.* A Confutation of Convergent Realism // *Philos. Sci.* 1981. V. 48. P. 19–49.
- Laudan L.* Explaining the Success of Science: Beyond Epistemic Realism and Relativism // *Science and Reality / Ed. by J. Cushing, C. Delaney, G. Gutting.* Notre Dame: Univ. of Notre Dame Press, 1984. P. 83–105.
- Laudan L., Leplin J.* Empirical Equivalence and Underdetermination // *J. Philos.* 1991. N 88. P. 448–469.
- Leplin J.* *Scientific Realism.* Berkeley: Univ. of California Press, 1984.
- Lindley D.* *The End of Physics: The Myth of a Unified Theory.* N.-Y.: Basic Books, 1994.
- Lipton P.* *Inference to the Best Explanation.* London: Routledge, 1991.
- Magnani L.* *Abduction, Reason and Science.* N.-Y.: Kluwer Acad. Publ., 2001.
- Maguejo J., Smolin L.* Lorentz Invariance with an Invariant Energy Scale // *Phys. Rev. Lett.* 2002. V. 88. N 190403.
- McMullin E.* Van Fraassen's Unappreciated Realism // *Philos. Sci.* 2003. V. 70, N 4. P. 455–478.
- Nagel E.* *The Structure of Science.* N.-Y.: Harcourt, 1961 .
- Nagel T.* *The View from Nowhere.* N.-Y.: Oxford Univ. Press, 1986.

- Niiniluoto I.* Critical Scientific Realism. N.-Y.: Oxford Univ. Press, 2002.
- Niiniluoto I.* Science and Epistemic Values // *Sci. Studies*. 1990. V. 3, N 1. P. 21–25.
- Papineau D.* The Philosophy of Science. N.-Y.: Oxford Univ. Press, 1996.
- Polchinski J.* String Theory. N.-Y.: Cambridge Univ. Press, 1998.
- Putnam H.* Meaning and Moral Sciences. London: Routledge, 1978.
- Putnam H.* Philosophical Papers. V. 1. Mathematics, Matter and Method. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1975.
- Sellars W.* Science, Perception and Reality. London: Routledge, 1963.
- Smart J. J. C.* Philosophy and Scientific Realism. London: Routledge, 1963.
- Sutton C.* BaBar's New Particle Shows Unexpected Traits // *CERN Courier*. 2003a. V. 43, N 5. P. 6.
- Sutton C.* CLEO Discovers Second D_{sJ} particle // *CERN Courier*. 2003b. V. 43, N 6. P. 8.
- Sutton C.* Four Labs Find Five-Quark Particle // *CERN Courier*. 2003b. V. 43, N 7. P. 5.
- Whewell W.* The Philosophy of the Inductive Sciences // *The Historical and Philosophical Works of William Whewell* / Ed. by G. Buchdahl, L. Laudan. London: Frank Cass & Co, 1967.
- Zwiebach B.* A First Course in String Theory. N.-Y.: Cambridge Univ. Press, 2004.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

по курсу «Философские вопросы научных представлений о пространстве и времени»

Основная литература

1. *Грюнбаум А.* Философские проблемы пространства и времени. М.: Прогресс, 1969.
2. *Корухов В. В.* Фундаментальные постоянные и структура пространства-времени. Новосибирск: НГУ, 2002.
3. *Потемкин В. К., Симанов А. Л.* Пространство в структуре мира. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990.
4. *Рейхенбах Г.* Философия пространства и времени. М.: Прогресс, 1985.
5. *Шарыпов О. В.* Понятие фундаментальной длины и методологические проблемы современной физики. Новосибирск: НГУ, 1998.

Учебные пособия: Шарыпов О. В. Философские вопросы научных представлений о пространстве и времени. Введение: Учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 2000.

Дополнительная литература

1. *Андреев Э. П.* Пространство микромира. М.: Наука, 1969.
2. *Антипенко Л. Г.* Проблема физической реальности: Логико-гносеологический анализ. М.: Наука, 1973.
3. *Ахундов М. Д.* Концепции пространства и времени. Истоки. Эволюция. Перспективы. М.: Наука, 1982.
4. *Ахундов М. Д.* Проблема прерывности и непрерывности пространства и времени. М.: Наука, 1974.
5. *Ахундов М. Д.* Пространство и время в физическом познании. М.: Мысль, 1982.
6. *Барашенков В. С.* Проблемы субатомного пространства-времени. М.: Наука, 1979.

7. Берке У. Пространство-время, геометрия, космология. М.: Мир, 1985.
8. Блохинцев Д. И. Пространство и время в микромире. М.: Наука, 1982.
9. Владимиров Ю. С. Пространство-время: явные и скрытые размерности. М.: Наука, 1989.
10. Вьяльцев А. Н. Дискретное пространство-время. М.: Наука, 1965.
11. Глейк Дж. Хаос: создание новой науки. СПб.: Амфора, 2001.
12. Горелик Г. Е. Почему пространство трехмерно? М.: Наука, 1982.
13. Горелик Г. Е. Размерность пространства (историко-методологический анализ). М.: МГУ, 1983.
14. Гравитация и относительность / Под ред. Х. Цзю, В. Гофмана. М.: Мир, 1965.
15. Грин Б. Элегантная вселенная. М.: УРСС, 2004.
16. Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной. М.: Наука, 1979.
17. Девис П. Суперсила. Поиски единой теории природы. М.: Мир, 1989.
18. Дикке Р. Гравитация и Вселенная. М.: Мир, 1971.
19. Жог В. И. Пространство, время и симметрия в физических теориях. М.: Наука, 1985.
20. Иванов В. Г. Детерминизм в философии и физике. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974.
21. Казарян В. П. Понятие времени в структуре научного знания. М.: МГУ, 1980.
22. Ланцош К. Эйнштейн и строение космоса. М.: Наука, 1967.
23. Лоренц Г. А. Теории и модели эфира. М.; Л.: ОГИЗ, 1936.
24. Молчанов Ю. Б. Проблема времени в современной науке. М.: Наука, 1990.
25. Мостепаненко А. М. Проблема универсальности основных свойств пространства и времени. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969.
26. Мостепаненко А. М. Пространство и время в макро-, мега- и микромире. М.: Изд-во полит. лит., 1974.
27. Мостепаненко А. М. Пространство-время и физическое познание. М.: Атомиздат, 1975.
28. Мостепаненко А. М., Мостепаненко М. В. Четырехмерность пространства и времени. М.: Наука, 1966.
29. Мостепаненко М. В. Философия и физическая теория. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969.
30. Никулин Д. В. Пространство и время в метафизике XVII века. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1993.

31. *Панченко А. И.* Логико-гносеологические проблемы квантовой физики. М.: Наука, 1981.
32. *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. М., 1972.
33. *Планк М.* Единство физической картины мира. М.: Наука, 1966.
34. *Пространство, время, движение* / Под ред. М. В. Мостепаненко. М.: Наука, 1971.
35. *Рейхенбах Г.* Направление времени. М.: УРСС, 2003.
36. *Розенталь И. Л.* Геометрия, динамика, Вселенная. М.: Наука, 1987.
37. *Розенталь И. Л.* Механика как геометрия. М.: Наука, 1990.
38. *Свидерский В. И.* Пространство и время. М.: Госполитиздат, 1958.
39. *Спиридонов О. П.* Фундаментальные физические постоянные. М.: Высш. шк., 1991.
40. *Угаров В. А.* Специальная теория относительности. М.: Наука, 1977.
41. *Уилер Дж. А.* Предвидение Эйнштейна. М.: Мир, 1970.
42. *Уитроу Дж.* Естественная философия времени. М.: Прогресс, 1964.
43. *Фейнман Р.* Характер физических законов. М.: Наука, 1968.
44. *Философские проблемы физики элементарных частиц* / Под ред. И. В. Кузнецова, М. Э. Омеляновского. М.: Наука, 1963.
45. *Фридман А. А.* Мир как пространство и время. М.: Наука, 1965.
46. *Цехмистро И. З.* Диалектика множественного и единого. Квантовые свойства мира как неделимого целого. М.: Мысль, 1972.
47. *Чернин А. Д.* Физика времени. М.: Наука, 1987.
48. *Чудинов Э. М.* Теория относительности и философия. М.: Политиздат, 1974.
49. *Эддингтон А. С.* Теория относительности. М.: РХД, 2003.
50. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Мысль, 1955.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	7
Глава 1. Многообразие свойств пространства и времени	17
§ 1.1. Физика и геометрия	18
§ 1.2. Проблема объективности	26
<i>Реальное и перцептуальное пространство</i>	26
<i>Субъективность времени</i>	28
<i>Наука и объективность</i>	30
§ 1.3. Проблема абсолютности	31
<i>Проблема абсолютности как проблема континуальности</i>	34
§ 1.4. Проблема универсальности	40
§ 1.5. Метрические и топологические свойства	42
§ 1.6. Проблема мерности пространства-времени	47
Глава 2. Феномен и реальность	54
§ 2.1. Физика и философия	55
<i>Почему проблема интерпретации реальности – это проблема</i> <i>одновременно и физики и философии?</i>	55
<i>От физики к философии</i>	57
<i>Эпистемология и метафизика</i>	59
<i>Два вида реализма</i>	60
<i>Натурализация эпистемологии</i>	62
§ 2.2. Реальность «как она нам дана»	64
<i>Нагруженность наблюдений</i>	65
<i>Наблюдение: теоретический аспект</i>	66
<i>Наблюдение: физический аспект</i>	68
<i>Природа «как она есть»</i>	70
<i>Аргументы в пользу реализма</i>	72
<i>Возвращаясь к Бору</i>	78
§ 2.3. Теория относительности и реализм	79
<i>Два вопроса</i>	80
<i>Описывает ли теория реальность?</i>	81
<i>Почему теория истинна?</i>	84
<i>Предварительные замечания</i>	92

§ 2.4. Реализм и антиреализм	94
<i>Два вопроса: метафизика и эпистемология</i>	95
<i>Метафизика</i>	96
<i>Эпистемология</i>	98
Глава 3. Модель дискретно-непрерывной структуры пространства-времени	104
§ 3.1. Теоретические предпосылки	105
§ 3.2. Фундаментальная длина	109
§ 3.3. Модель дискретно-непрерывной структуры пространства-времени	112
§ 3.4. Возрождение эфира	115
Глава 4. Научный реализм в эпоху возрождения эфира	119
§ 4.1. Маргинализация явлений	121
§ 4.2. Эмпирицизм против реализма	123
<i>Проблемы эмпирицизма</i>	124
<i>Две проблемы манипулятивного реализма</i>	129
<i>Теория и недоопределенность</i>	138
§ 4.3. Окончательный аргумент в пользу научного реализма	143
<i>Конструктивный эмпирицизм и эмпирическая адекватность</i>	146
<i>Спор о «манере речи»?</i>	148
§ 4.4. К вопросу о реалистской интерпретации релятивистского эфира	150
Примечания	154
Дополнение А. Эволюция принципа относительности	165
Дополнение Б. Аргументы в пользу теории струн	195
Библиографический список	214
Список рекомендуемой литературы	220