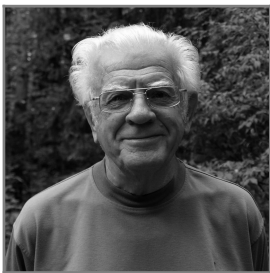


СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ В ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ИСТОРИИ ЕЕ СОЗДАНИЯ

Визгин Владимир Павлович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий сектором. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Российская Федерация, 125315, г. Москва, Балтийская ул., д.14; e-mail: vlvizgin@gmail.com



В статье рассматриваются социокультурные аспекты стандартной модели (СМ) в физике элементарных частиц и истории ее создания. СМ – это квантовополевая калибровочная теория электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий, являющаяся основой современной теории элементарных частиц. Процесс ее разработки охватывает двадцатилетний период: начиная с 1954 г. (концепция калибровочных полей Ч. Янга и Р. Миллса) до начала 1970-х гг., когда было завершено построение перенормируемых квантовой хромодинамики и электрослабой теории. Социокультурные аспекты СМ исследуются на основе квазиэмпирического подхода, путем изучения текстов ее творцов и участников соответствующих событий. Показана важная роль такого «внешнего» фактора, как масштабные государственные проекты по созданию ядерного и термоядерного оружия, которые позволили обеспечить кадровую и финансовую поддержку фундаментальных исследований в области ядерной физики и физики элементарных частиц (реализация термоядерных проектов происходила как раз в 1950-е гг., а большинство теоретиков, связанных с созданием СМ, были одновременно главными разработчиками термоядерного оружия, особенно в СССР). Формирование СМ рассматривается как конкуренция двух исследовательских программ (парадигм) – калибровочно-полевой и феноменологической, связанной с отказом от полевой концепции. В этот период происходит расщепление научного сообщества физиков, связанное с этой конкуренцией, сопровождающейся своего рода «переговорами», которые в начале 1970-х гг. приводят к триумфу калибровочно-полевой программы и восстановлению единства научного сообщества. Регулирующую роль при этом выполняли нормы и правила научного этикета. Подчеркнуты научно-реалистическая позиция метафизических установок большинства теоретиков и их негативное отношение к концепциям философского релятивизма и социального конструирования научного знания. Отмечены также некоторые особенности истории создания СМ, такие как позитивная роль суждений эстетического характера; «научно-школьная» форма исследований (в СССР), ее плюсы и минусы; как связь историко-научной «драмы идей» с «драмами людей», сделавших ошибочный выбор и (или) «упустивших свои возможности».

Ключевые слова: Стандартная модель, элементарные частицы, фундаментальные взаимодействия, калибровочные поля, социокультурные аспекты, термоядерное оружие, конкуренция исследовательских программ, научный этикет, научные школы, научный реализм



SOCIO-CULTURAL ASPECTS OF THE STANDARD MODEL IN ELEMENTARY PARTICLES PHYSICS AND THE HISTORY OF ITS CREATION

Vladimir P. Vizgin –
DSc in Physics and
Mathematics,
Senior Research Fellow,
Chief of the Department.
S.I. Vavilov's Institute
for History of Science
and Technology,
Russian Academy of Sciences.
14 Baltiiskaya Str., Moscow
125315, Russian Federation;
e-mail: vlvizgin@gmail.com

The article considers the socio-cultural aspects of the standard model (SM) in elementary particle physics and history of its creation. SM is a quantum field gauge theory of electromagnetic, weak and strong interactions, which is the basis of the modern theory of elementary particles. The process of its elaboration covers a twenty-year period: from 1954 (the concept of gauge fields by C. Yang and R. Mills) to the early 1970s., when the construction of renormalized quantum chromodynamics and electroweak theory were completed. The socio-cultural aspects of SM are explored on the basis of a quasi-empirical approach, by studying the texts of its creators and participants in the relevant events. We note also the important role of such an "external" factor as large-scale state projects on the creation of nuclear and thermonuclear weapons, which provided personnel and financial support for fundamental research in the field of nuclear physics and elementary particle physics (the implementation of thermonuclear projects took place just in the 1950s, and most of the theorists associated with the creation of SM were simultaneously the main developers of thermonuclear weapons, especially in the USSR). The formation of SM is considered as a competition between two research programs (paradigms) – gauge-field and phenomenological, associated with the rejection of the field concept. The split of the scientific community of physicists associated with this competition is going on during this period. It's accompanied by a kind of "negotiations", which in the early 1970s lead to the triumph of the gauge field program and the restoration of the unity of the scientific community. The norms and rules of the scientific ethos played the regulatory role in this process. The scientific-realistic position of the metaphysical attitudes of the majority of theorists and their negative attitude to the concepts of philosophical relativism and social construction of scientific knowledge are emphasized. Some features of the history of SM creation are also noted, such as the positive role of aesthetic judgments; "scientific-school" form of research (in the USSR), its pros and cons; a connection to historical-scientific "drama of ideas" with "dramas of people" who made a wrong choice and (or) "missed their opportunities".

Keywords: standard model, elementary particles, fundamental interactions, gauge fields, sociocultural aspects, thermonuclear weapons, competition of research programs, scientific ethos, scientific schools, scientific realism



Стандартная модель выражается в уравнениях, описывающих различные поля, но ее нельзя вывести только математически, кроме того, она не следует непосредственно из наблюдения природы... Стандартную теорию невозможно вывести и из философских первоначал. Она, скорее, является продуктом умозаключений, *ведомых эстетическим суждением* и подкрепленных множеством успешных предсказаний.

[Вайнберг, 2016, с. 305]

Вызывает почтение тот факт, что мы, люди, способны постигать самые глубокие принципы природы, даже если они упрятаны в далекой от земной действительности. Наши умы не были созданы для этого, равно как и нужных инструментов не было у нас под рукой. *Понимание было достигнуто благодаря значительным международным усилиям тысяч людей, работавших в течение десятилетий, конкурирующих в малом и объединявших усилия ради главного, постоянно соблюдавших правила открытости и честности.* Только благодаря такому подходу, который был достигнут не без усилий и требовал терпения, мы можем творить чудеса.

[Вильчек, 2009, с. 793]

После взрывов атомных бомб и испытаний водородных бомб интерес правительств многих ведущих стран мира к исследованиям в области физики ядра и физики элементарных частиц был огромным и выразался в том, что финансировались практически все программы развития фундаментальных исследований в этой области науки.

[Исаев, 2015, с. 10]

Часто вспоминают слова Эйнштейна о том, что история возникновения нового в науке – это «драма идей». *Но не в меньшей степени это и «драма людей», часто трагедия.* Помнят победивших, вышедших из вызывающего лихорадку тумана на подлинный свет и выведших на него других. Но сколько талантливых и трудолюбивых ошиблось, заблудилось, завязло в болоте, которое засосало так, что о них и памяти вскоре не осталось!

[Фейнберг, 2008, с. 324–325]



1. Введение

Квантовополевая калибровочная теория фундаментальных взаимодействий, или стандартная модель (СМ), является основой современной теории элементарных частиц. В этой работе основное внимание сосредоточено на социокультурных аспектах СМ и истории ее создания (1954–1974 гг.). За рамками статьи остаются детальная история и логика развития теории и собственно ее метафизические аспекты (структура теории, проблема истины и реальности, реконструкция формирования и развития теории). *Социокультурная сторона дела исследуются на основе квазиэмпирического подхода, так сказать, через призму самосознания физиков, творцов СМ.* Второй эпитаф, взятый из Нобелевской лекции Ф. Вильчека, одного из создателей СМ, говорит о бесспорной важности социокультурной стороны дела в создании одной из вершин теоретической физики и современной картины мира. Ниже мы рассмотрим несколько социокультурных сюжетов (*роль атомных проектов, феномен научных школ, феномен упущенных возможностей, проблема «социального конструирования» научных понятий и теорий, влияние выбора учеными той или иной исследовательской программы на их карьеры и даже судьбы и др.*). Наиболее полная история физики элементарных частиц, содержащая и изложение пути к СМ, содержится в книге участника событий и замечательного историка физики А. Пайса [Pais, 1986]. Относительно доступное изложение самой СМ – в книге [Moriyasu, 1983].

2. Роль атомных проектов

Речь идет о национальных проектах по созданию атомного и термоядерного оружия, прежде всего, в США и СССР. В этой связи резко возрос интерес властей к ядерной физике и физике элементарных частиц. Кстати говоря, термоядерные реакции относятся как раз к сильным и слабым взаимодействиям (двум из четырех фундаментальных взаимодействий). При этом заключительная стадия реализации термоядерных проектов (1950-е гг.) фактически совпадает с начальной фазой создания СМ. Большинство термоядерных теоретиков (особенно в СССР) были одновременно и главными фигурами в разработке теории фундаментальных взаимодействий. На волне атомных и термоядерных проектов и в СССР, и в США, и в Европе резко вырос авторитет физики (и физиков!) ядра и элементарных частиц, а вместе с ней и физики в целом. Возникший в обществе феномен «ядерного культа» также способствовал развитию не только прикладной ядерной науки, но и фундаментальных исследований в области физики ядра и элементарных частиц. А физика термоядерных



взрывов стала своеобразным заделом для релятивистской астрофизики и космологии, смыкающихся в теоретическом плане с физикой микромира. В 1950–60-е гг. власти шли навстречу физикам и, по словам физика-теоретика из ОИЯИ в Дубне П.С. Исаева, «финансировали практически все программы развития фундаментальных исследований» в области физики ядра и элементарных частиц [Исаев, 2015, с. 10], которые в конечном счете привели к созданию в начале 1970-х гг. СМ. По свидетельству А.Д. Сахарова, «Курчатов считал необходимым, используя возможности своего ведомства, всемерно поощрять фундаментальные научные исследования» [Сахаров, 1996, с. 137]). В терминах акторно-сетевой теории (АСТ), наверное, допустимо сказать, что акторами или актантами в процессе создания СМ были, помимо прочих, атомная и водородная бомбы, а также большие ускорители заряженных частиц и соответствующие детекторы. Можно говорить и о других, более общих, «внешних» социокультурных факторах, таких как начавшаяся в 1946 г. холодная война и характерный для 1950–60-х гг. культ атома (или ядерный культ).

3. «Внутренние» социокультурные факторы, связанные с научным сообществом, научными институциями, научными школами, научными конференциями и семинарами, научными наградами и т.п.

Это основной массив социокультурных факторов. Именно о нем идет речь во втором эпиграфе, взятом из Нобелевской лекции Ф. Вильчека [Вильчек, 2009, с. 793]. Если создание ОТО и квантовой механики в 1910–20-е гг. было делом нескольких корифеев (в случае квантовой механики – нескольких десятков физиков, а в случае ОТО вообще – трех-четырех), то в создании СМ в течение примерно двух десятилетий (с 1954 по 1974 г.) приняли участие сотни и тысячи исследователей, связанных между собой принадлежностью к научному сообществу физиков, расщепленному в эти, фактически, кризисные годы на несколько групп, опирающихся на различные парадигмальные установки. Эти группы конкурировали между собой до тех пор, пока явно не возобладала одна – квантовополевая – парадигма, но в существенно обновленном варианте, в котором взаимодействие диктуется симметрией за счет ее локализации. Это «возобладание» происходило в соответствии с правилами и нормами научного этоса (что отмечено в эпиграфе Ф. Вильчека, в форме нарастающего консенсуса). По разным свидетельствам, первыми решающими сдвигами



в достижении этого консенсуса были создание теории электрослабого взаимодействия (1967) и разработка квантовой теории калибровочных полей (1967), а завершающими – события 1971–1973 гг., а именно работы Г. 'т Хоофта и затем Д. Гросса, Ф. Вильчека и Х. Политцера, в которых была доказана перенормируемость неабелевых калибровочных полей и введено понятие асимптотической свободы. Конечно, процесс создания СМ протекал в тесной взаимосвязи теоретиков и экспериментаторов. Но даже международное подсообщество одних теоретиков не было достаточно однородным. Оно состояло из национальных групп, организованных по-разному, особенно в США (и вообще на Западе) и в СССР. Даже только в СССР оно разбивалось на различные научные школы (НШ), связанные с различными академическими и неакадемическими институтами (об этом ниже). Поэтому значительную роль в консолидации теоретиков, а также специалистов по физике высоких энергий (или физике элементарных частиц) играли соответствующие международные конференции, например Рочестерские конференции по физике высоких энергий (особо отметим 9-ю конференцию в Киеве в 1959 г., 12-ю в Дубне в 1964 г. и 18-ю в Тбилиси в 1976 г.), а также Европейские конференции по физике элементарных частиц и др. [Окунь, 1981]. Важную функцию в этом отношении выполняли и международные научные награды, прежде всего Нобелевские премии, которыми были отмечены около двух десятков теоретиков – создателей СМ: Ч. Янг, Р. Фейнман, Дж. Швингер, С. Томонага, М. Гелл-Манн, Ш. Глэшоу, А. Салам, С. Вайнберг, Г. 'т Хоофт, М. Велтман, Ф. Вильчек, Д. Гросс, Х. Политцер, Ё. Намбу, М. Кобаяси, К. Маскава, П. Хиггс, Ф. Энглерт.

4. О научных школах

В СССР 1950–60-е гг. были временем расцвета научных школ (НШ) теоретической физики, проявивших себя и в термоядерном проекте, и затем – в теоретической физике элементарных частиц и их взаимодействиях. Мы имеем в виду, прежде всего, НШ Л.Д. Ландау, И.Е. Тамма, Н.Н. Боголюбова, И.Я. Померанчука. Они были тесно связаны с исследовательскими институтами, соответственно, с Институтом физических проблем АН СССР, Физическим и Математическими институтами АН СССР (и Объединенным институтом ядерных исследований в Дубне) и Институтом экспериментальной и теоретической физики. *НШ в 1950–60-е гг. – специфически советский феномен. Особенности советского вклада в создание СМ оказались связанными именно с научно-школьной структурой отечественной теоретической физики* (о достижениях и позитивах советских НШ и о научно-школьном подходе к истории физики



в СССР – см. [Визгин, Кессених, 2016]). В истории создания СМ были и определенные «научно-школьные негативы». Речь идет о некоторых конфликтах между школами, а также об определенном разочаровании в квантовополевым подходе и даже отказе от него в середине 1950-х – 1960-е гг. в авторитетных школах Ландау, Померанчука и др., которые задержали развитие калибровочных теорий в стране. Отметим стоящую особняком НШ Д.Д. Иваненко, которая в начале 1960-х гг. сыграла существенную роль в восприятии и развитии калибровочной концепции в СССР. При этом мы имеем в виду не только изданный в 1964 г. сборник ставших ныне классическими работ Ч. Янга и Р. Миллса, Р. Утиямы, Дж. Сакураи, М. Гелл-Манна и др. [Иваненко, ред., 1964], но и работы его учеников Г.А. Соколика, Н.П. Коноплевой [Коноплева, Попов, 1980] и др.

5. О вере в красоту теории, о научной смелости и об «упущенных возможностях»

Бесспорно, ядром СМ, ее теоретической основой является концепция калибровочных полей, впервые развитая в статье Ч. Янга и Р. Миллса (1954) [Иваненко, (ред.), 1964, с. 28–38] (более подробно истоки калибровочной теории и начальная фаза ее развития рассмотрены в работе автора [Визгин, 2020a]). Янг еще в Китае (т.е. до 1946 г.) думал о единой теории фундаментальных взаимодействий и находился под впечатлением красоты идей Эйнштейна и Г. Вейля о том, что слабые и сильные взаимодействия должны диктоваться некоторыми симметриями, подобно тому, как это имеет место в общей теории относительности (ОТО) для гравитации и в электродинамике, в которой локализация калибровочной симметрии, связанной с законом сохранения электрического заряда, порождает электромагнитное поле. В начале 1954 г. на семинаре Р. Оппенгеймера в Принстоне Ч. Янг докладывал совместную с Р. Миллсом работу о локально-калибровочной теории сильного взаимодействия на основе локализации группы $SU(2)$, которая была с неодобрением встречена великим В. Паули, присутствовавшим на семинаре. По свидетельству А. Пайса, тоже участника этого семинара, Паули почти за год до этого пришел к аналогичной концепции, но не поверил в ее реалистичность из-за того, что получающееся сильное взаимодействие оказывалось, подобно электромагнитному, безмассовым, а это, по его мнению, противоречило сложившимся представлениям и опыту. Несмотря на это, Янг и Миллс, плененные глубиной и красотой калибровочной концепции, проявили научную смелость и опубликовали свою работу, и поля и уравнения Янга – Миллса вошли в золотой фонд теоретической физики, подобно уравнениям Максвелла. Паули же, при всем



его величии, этой научной смелости, по мнению А. Пайса, не хватило [Пайс, 2002, с. 309]. Здесь мы имеем дело с историко-научным и социокультурным феноменом «упущенных возможностей» (само это выражение было использовано ранее Ф. Дайсоном, внесшим важный вклад в теорию перенормировок в квантовой электродинамике наряду с Дж. Швингером, С. Томонагой и Р. Фейнманом). По другим причинам упустили эту возможность японский теоретик Р. Утияма и аспирант А. Салама Р. Шоу в Лондоне, которые сделали почти то же самое, но свои результаты вовремя не опубликовали [Mills, 1989]. Воспоминания и другие материалы позволяют выявить социокультурные аспекты (психологические, эстетические и пр.) упущенных ими возможностей. Утияма, стимулированный идеями ОТО, полагал, что ход его мысли настолько оригинален, что едва ли кто из специалистов по физике элементарных частиц пойдет этим путем, и не поспешил с публикацией. Но, узнав о публикации Янга и Миллса, был так расстроен, что решился опубликовать свою более общую работу только через полтора года [Утияма, 1986]. Что же касается Р. Шоу, то он сделал фактически то же, что Янг и Миллс, в подготовленной им диссертации, которая так и осталась не опубликованной. Уже здесь упущенные возможности и «драма идей» переходят в «драму людей». Можно упомянуть еще об одной, более спорной, упущенной возможности, а именно о несостоявшемся открытии Ландау, Померанчуком или их учениками ключевого для квантовой хромодинамики феномена асимптотической свободы, связанном с «московским нулем». (Более подробно о «московском нуле» – см. в следующем разделе.)

6. Социокультурные аспекты затрудненного восприятия калибровочно-полевой концепции в 1950–60-е гг.

Основополагающая концепция СМ, а именно теория калибровочных полей, как уже говорилось, была выдвинута Ч. Янгом и Р. Миллсом в 1954 г. Однако ее принятие научным сообществом произошло спустя полтора-два десятилетия. Даже сам Ч. Янг говорил впоследствии, что вначале, в 1950-е гг., они с Миллсом видели только красоту калибровочной концепции, что в 1960-е, после работ по электрослабой теории, они поняли ее важность и только в 1970-е гг. поняли ее огромное значение для физики фундаментальных взаимодействий [Пайс, 2002, с. 227; Zhang, 1995, p. 457]. Одной из главных причин этой задержки, как уже говорилось, была проблема, связанная с безмассовостью калибровочных частиц. Но были и причины, затрагивающие социокультурную сторону дела. Как раз в 1954–1955 гг.



Л.Д. Ландау с сотрудниками, И.Я. Померанчук и Е.С. Фрадкин (НШ И.Е. Тамма) показали внутреннюю противоречивость КЭД и конструируемых квантовопольевых теорий слабого и особенно сильного взаимодействий, выражающуюся в обращении в нуль зарядов реальных частиц (а значит, и соответствующих взаимодействий – так называемый «московский нуль») за счет экранирующего воздействия вакуума [Вильчек, 2009; Фейнберг, 2008; Pais, 1986]. Аналогичный результат тогда же был получен и в США М. Гелл-Манном и Ф. Лоу. Это привело Ландау и Померанчука к отказу от квантовопольевого подхода в физике элементарных частиц. *Их общепризнанный авторитет и категоричность выводов сыграли, судя по всему, решающую роль в неприятии подавляющим большинством советских теоретиков квантовопольевого направления в теории фундаментальных взаимодействий (прежде всего, сильного взаимодействия) и, тем более, янг-миллсовской теории калибровочных полей.* В какой-то степени этот феномен имел место и на Западе. По мнению Д. Гросса, в США отказ от полевого подхода был связан с традиционным прагматизмом американских теоретиков (т.е. с невозможностью вычислений в полевой теории сильных взаимодействий) [Гросс, 2009]). Так, с середины 1950-х гг. стала формироваться новая конкурирующая парадигма в теории элементарных частиц, связанная с отказом от полевой концепции и делающая ставку на более феноменологический подход. Она опиралась на теорию S-матрицы, дисперсионные соотношения, полюса Редже и выглядела гораздо более радикальной, чем калибровочно-полевая программа. «Теория S-матрицы достигла нескольких замечательных результатов, таких как дисперсионные соотношения и развитие теории полюсов Редже. Однако это были черновики теории, основанной на принципе, что никакой теории нет вообще, по крайней мере в традиционном смысле, – говорил Д. Гросс в своей Нобелевской лекции (2004). – Более того, до 1973 г. считалось неприличным использовать теорию поля без извинений» [Там же, с. 732]. Таким образом, *авторитет выдающихся теоретических школ в СССР и американский прагматизм – эти факторы социокультурного порядка – в 1950–60-е гг. существенно затруднили принятие калибровочной концепции Янга и Миллса.*

7. Квантовопольевые острова в океане S-матричной феноменологии

Большинство теоретиков, особенно в СССР, отказавшись от теории поля, стали разрабатывать, как уже было отмечено, феноменологическое направление, связанное с матрицей рассеяния (S-матрицей), дисперсионными соотношениями, полюсами Редже, концепцией



бутстрапа и их применением главным образом к сильным взаимодействиям. Некоторые важные результаты на этом пути были получены, однако к полновесной теории, сравнимой с квантовой электродинамикой, прийти не удавалось. *Но в феноменологическом S -матричном «океане» были своего рода «острова», где продолжало разрабатываться полево локально-калибровочное направление.* Например, Гарвард и Беркли в США (С. Вайнберг, Ш. Глэшоу, Дж. Швингер, Д. Гросс и др.), Имперский колледж в Лондоне и Кембридж (А. Салам, Дж. Уорд, Т. Киббл и др.). О работах «островитян» в конце 1950-х – начале 1960-х дает представление сборник «Элементарные частицы и компенсирующие поля», изданный под редакцией Д.Д. Иваненко в 1964 г. [Иваненко, (ред.), 1964]. В СССР же были редкие маленькие «островки», где развивалось полево направление, включающее калибровочный подход, «островки», далекие от круга Ландау и Померанчука. Таковым был, прежде всего, физфак МГУ, где была сосредоточена теоретическая школа Д.Д. Иваненко, находившаяся в определенном противостоянии с академическими школами Ландау и Тамма [Коноплева, 2012; Коноплева, Попов, 1980]. И именно она в 1960-е гг. стала главным пропагандистом калибровочной концепции в СССР. Ленинградский математик Л.Д. Фаддеев, который вместе с В.Н. Поповым внес важный вклад в квантовую теорию калибровочных полей, также подчеркивал свою удаленность от доминирующих в советской теорфизике московских школ Ландау, Померанчука и Тамма, которая позволила ему избежать их влияния [Фаддеев, 2008]. На Западе полево калибровочное направление было более массивным и динамичным, чем в СССР. И все Нобелевские премии за создание СМ (а ими было удостоено более полутора десятков ученых) были вручены именно зарубежным физикам.

**8. «Наука является социальным явлением»,
но «мы обнаруживаем в физике... нечто,
существующее независимо от тех социальных
и исторических условий, которые позволили
нам это открыть»**

Эти слова принадлежат одному из главных создателей СМ С. Вайнбергу [Вайнберг, 2004, с. 147], который в своей блистательной книге «Мечты об окончательной теории» резко и со знанием дела выступил против распространенных среди философов науки концепций релятивизма и социального конструирования научных теорий. Но все-таки стоит обратить внимание на концовку приведенного в названии раздела высказывания о том, именно «социальные и исторические



условия» позволяют нам создавать научные теории, описывающие физическую реальность. Остановимся на этом более подробно. Конечно, сами физики и, прежде всего, С. Вайнберг понимают, что «наука является социальным явлением, со своей системой ценностей, снобистскими замашками, интересными методами совместной деятельности и подчинения» [Вайнберг, 2004, с. 145]. Однако, исходя из этого, социологи и антропологи в результате своих исследований науки приходят к радикальному выводу, «что даже процесс изменений в научной теории является общественным делом, что научные истины, по существу, являются... общественными соглашениями относительно того, что представляет собой “действительность”, возникающая в результате “научного процесса” переговоров». Но этот вывод не корректен: «Переход от очевидного наблюдения, что наука является социальным явлением, к выводу, что окончательный продукт – наши теории – такие, какие они есть, – из-за воздействия общественных или исторических сил, представляется просто логической ошибкой» [Там же, с. 147]. Можно согласиться с тем, что упомянутые «переговоры» на пути к достижению консенсуса, происходят и они важны. Но эти «переговоры об изменениях в научных теориях продолжают, ученые снова и снова меняют свою точку зрения в ответ на вычисления и эксперименты, пока тот или иной взгляд не обнаруживает несомненные следы объективного успеха». В итоге, делает вывод С. Вайнберг, «мы обнаруживаем в физике что-то реальное, нечто, существующее независимо от тех социальных и исторических условий, которые нам позволили это открыть» [Там же]. Задача же историка и философа науки – в том, чтобы показать, как и в какой мере эти условия участвуют в формировании наших теорий. В словах Ф. Вильчека (см. второй эпиграф, [Вильчек, 2009, с. 793]) отмечены некоторые важные социокультурные аспекты создания СМ: *международные усилия тысяч теоретиков и экспериментаторов, насыщенные конкуренцией, поддержанные государствами и обществом (ускорители, коллаидеры, детекторы и т.д. требовали немалых финансовых затрат), координируемые научным сообществом на основе научного этоса («правил открытости и честности»)*. Фактически, в предыдущих разделах мы как раз и стремились уяснить роль социокультурных факторов в процессе формирования СМ, от первоначальной концепции Янга и Миллса до последовательной перенормируемой теории неабелевых калибровочных теории электрослабого взаимодействия и квантовой хромодинамики. В вопросе же о физической реальности и истинности теорий мы также вступаем на почву эпистемологии и метафизики [Сао, 1997; Визгин, 2020], что находится за пределами нашего рассмотрения.



9. Не только «драма идей», но и «драма людей»

Процесс формирования основ СМ, растянувшийся более чем на два десятилетия и изобилующий принятием ошибочных решений с последующим исправлением этих ошибок, был поистине «драмой идей», по выражению Эйнштейна. *И эта драма не могла не сказаться на судьбах конкретных ученых и порой переходила в «драму людей»*, что и отмечено в четвертом эпиграфе, взятом из замечательной статьи Е.Л. Фейнберга [Фейнберг, 2008, с. 324–325]. На наш взгляд, эта сторона дела во многом связана с социальными и социокультурными обстоятельствами, прежде всего теми, которые были затронуты в предыдущих разделах. Заслуживают особого внимания в этом плане заключительные слова из этой статьи Е.Л. Фейнберга: «*Вся эта драматическая история показывает, как может быть ошибочна “всеобщая” точка зрения, как она может быть губительна и для науки, и для принявших ее ученых. Перебирая в памяти события тех полутора десятилетий, можно вспомнить множество имен, прогрессивных, а ныне забытых. Те же, очень немногие, кто устоял против поветрия, естественно вступили в новую эпоху грандиозных успехов теории. Они вышли на свет. Ожидавшаяся революция (связанная с отказом теории поля в пользу S-матричной феноменологии. – В.В.) не состоялась. Новая революция (которую можно назвать калибровочно-полевой и которая оказалась консервативной по своему существу. – В.В.) продолжается»* [Фейнберг, 2008, с. 338]. Конечно, можно спорить с Е.Л. Фейнбергом по поводу «губительности» для науки направления, опирающегося на отказ от теории поля, но в отношении ученых, примкнувших к этому оказавшемуся тупиковым направлению, особенно молодых, он, скорее всего, прав.

10. Заключительные замечания

Отмеченные социокультурные аспекты истории создания СМ, как мы видим, весьма важны для понимания этой истории. Но едва ли всерьез можно говорить о том, что «конкретное содержание... научных теорий определяется общественной и исторической обстановкой, в которой данная теория развивалась» (т.е., что реализуется «программа-максимум социологии науки») [Вайнберг, 2004, с. 146]. Можно ли, например, попытаться нетерову или расширенную нетерову структуру калибровочной теории, в которой локализация симметрии приводит к взаимодействию [Визгин, 2018], каким-то образом если не вывести из социокультурных обстоятельств, то, по крайней мере, как-то связать с ними? Нетерова структура связывает симметрию с законами сохранения. Симметрию можно интерпрети-



ровать как своего рода равноправие или даже проявление демократии. Именно они ведут к устойчивости, стабильности системы (т.е. к ее сохранению). Локальную симметрию можно связать с дополнительной степенью свободы каждого элемента системы. Эта локализация приводит к взаимодействию между элементами системы. В результате возникает образ демократического динамичного (с взаимодействующими между собой его членами) и, притом, стабильного общества. Такая, реализованная в западном мире, социальная структура, в духе «программы-максимум социологии науки», накладывает свой решающий отпечаток и на структуру фундаментальной физической теории. Конечно, это выглядит как пародия или даже карикатура на социологическую программу-максимум для калибровочной теории фундаментальных взаимодействий (т.е. для СМ). Столь прямолинейные попытки реализации этой программы едва ли можно принять всерьез, а наша прямолинейная схема предостерегает ее приверженцев от подобного рода социологических спекуляций в области истории теоретической физики. И последнее замечание. От физической теории, сколь бы мощной и эстетически привлекательной она ни была, не следует ждать ни непосредственной технической применимости, ни, тем более, решения общечеловеческих проблем. Вот как сказал о последнем С. Вайнберг: «Стандартная модель показалась бы неудовлетворительной многим натурфилософам от Фалеса до Ньютона. Она обезличена, в ней нет никакой связи с такими человеческими чертами, как любовь или справедливость. Стандартная модель не делает того, кто ее изучает лучше, как сулил Платон изучающим астрономию» [Вайнберг, 2016, с. 304]. Тем не менее она, подобно теориям относительности и квантовой механике, – «одна из величайших побед человеческой мысли» [Голдберг, 2019, с. 301]. Она уже почти в течение полувека лежит в основе теоретической физики элементарных частиц и взаимодействий между ними и до сих пор за ее разработку еще вручаются Нобелевские премии (последний раз это случилось в 2013 г.!).

Список литературы

Вайнберг, 2004 – *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. М.: УРСС, 2004. 256 с.

Вайнберг, 2016 – *Вайнберг С.* Объясняя мир: Истоки современной науки. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. 474 с.

Визгин, 2006 – *Визгин В.П.* Формирование научного сообщества отечественных физиков-атомщиков: люди, институты, ведомства // Вестник РГНФ. 2006, № 1 (42). С. 123–135.

Визгин, 2016 – *Визгин В.П.* Метафизические аспекты космологии в научной школе Я.Б. Зельдовича // *Метафизика*. 2016. № 1 (19). С. 31–61.



Визгин, Кессених, 2016 – *Визгин В.П., Кессених А.В.* Научные школы в истории отечественной физики // Исследования по истории физики и механики. 2014–2015. М.: Янус-К, 2016. С. 177–206.

Визгин, 2018 – *Визгин В.П.* Нетерова структура физических теорий: исторические и философско-научные аспекты (к 100-летию теоремы Нетер о связи принципов симметрии с законами сохранения) // *Метафизика*. 2018. № 4 (30). С. 81–112.

Визгин, 2020 – *Визгин В.П.* У истоков стандартной модели в физике фундаментальных взаимодействий // Исследования по истории физики и механики. 2020 (в печати).

Визгин, 2020 – *Визгин В.П.* Метафизические аспекты стандартной модели в физике элементарных частиц и истории их создания // *Метафизика*, 2020 (в печати).

Вильчек, 2009 – *Вильчек Ф.* Асимптотическая свобода: от парадоксов к парадигмам // *Нобелевские лекции по физике. 1995–2004*. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Редакция журнала «Успехи физических наук», 2009. С. 767–795.

Голдберг, 2019 – *Голдберг Д.* Вселенная в зеркале заднего вида. М.: АСТ, 2019. 416 с.

Гросс, 2009 – *Гросс Д.* Открытие асимптотической свободы и появление квантовой хромодинамики // *Нобелевские лекции по физике. 1995–2004*. М.; Ижевск, 2009. С. 727–752.

Иваненко, (ред.), 1964 – *Элементарные частицы и компенсирующие поля*. Сборник статей / Под ред. Д.Д. Иваненко. М.: МИР, 1964. 300 с.

Исаев, 2015 – *Исаев П.С.* Обыкновенные, странные, очарованные, прекрасные...: Об истории развития теоретических идей в физике элементарных частиц. 2-е изд., испр. и доп. М.: ЛЕНАНД, 2015. 320 с.

Коноплева, Попов, 1980 – *Коноплева Н.П., Попов В.Н.* Калибровочные поля. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1980. 240 с.

Коноплева, 2012 – *Коноплева Н.П.* А.З. Петров и его время: мои воспоминания. Препринт ОИЯИ. (P2–2012–52). Дубна, 2012. 29 с.

Окунь, 1981 – *Окунь Л.Б.* Лептоны и кварки. М.: Наука, 1981. 304 с.

Пайс, 2002 – *Пайс А.* Гении науки. М.: Институт компьютерных исследований. 2002. 448с.

Сахаров, 1996 – *Сахаров А.Д.* Воспоминания. В 2 т. Т. 1. М.: Права человека, 1996. 912 с.

Утияма, 1986 – *Утияма Р.* К чему пришла физика. От теории относительности к теории калибровочных полей. М.: Знание, 1986. 224 с.

Фаддеев, 2008 – *Фаддеев Л.Д.* Автобиография. URL: <https://ru.calameo.com/read/005159010a19c2324c3?page=1> (дата обращения: 20.03.2020).

Фейнберг, 2008 – *Фейнберг Е.Л.* Как важно иногда быть консервативным // Фейнберг Евгений Львович: Личность сквозь призму памяти / Под ред. В.Л. Гинзбурга. М.: Физматлит, 2008. С. 324–338.

Сао, 1997 – *Сао T.Yu.* Conceptual Development of 20th Century Field Theories. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. XX +433 p.

Mills R., 1989 – *Mills R.* Gauge Fields // *American Journal of Physics*. 1989. Vol. 57. No. 6. Pp. 493–507.



Moriyasu, 1983 – *Moriyasu R. An Elementary Primer for Gauge Theory*. Singapore: World Scientific Publ., 1983. 177 p.

Pais, 1986 – *Pais A. Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World*. Oxford, N.Y.: Clarendon Press, Oxford University Press, 1986. XVI + 666 pp.

Zhang 1995 – *Zhang D.Z. Interview of C.N. Yang // C.N. Yang / Ed. by C.S. Liu & S.T. Yau*. Boston: International Press, 1995. P. 457.

References

Cao, T.Yu. *Conceptual Development of the 20th Century Field Theories*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997, xx+433 pp.

Faddeev, L.D. “Avtobiografia” [Autobiography], [<https://ru.calameo.com/read/0051590110a19c2b2324c3?page=1>, accessed on 20.03.2020]. (In Russian)

Feinberg, E.L. “Kak vazhno inogda byt’ konservativnym” [The Importance of Being Conservative on Occasion], in: V.L. Ginzburg (ed.). *Feinberg Evgenii L’vovich: lichnost’ skvoz’ prizmu pamyati* [Evgeny Lvovich Feinberg: Personality Through the Prism of Memory]. Moscow: Fizmatlit, 2008, pp. 324–338. (In Russian)

Goldberg, D. *Vseennaya v zerkale zadnego vida* [The Universe in the Rearview Mirror]. Moscow: AST, 2019, 416 pp. (In Russian)

Gross D. “Otkrytie asimptoticheskoi svobody i poyavlenie kvantovoi khromodinamiki” [The Discovery of Asymptotic Freedom and the Emergence of QCD], *Nobelovskie lektzii po fizike* [The Nobel Lectures on Physics 1995–2004]. Moscow: Izhevsk, 2009, pp. 727–752. (In Russian)

Ivanenko, D.D. (ed), *Elementarnye chastitsy i kompensiruyushchie polya* [Elementary Particles and Gauge Fields. Collected Papers]. Moscow: Mir, 1964, 300 pp. (In Russian)

Isaev, P.S. *Obyknovennye, strannye, ocharovannye, prekrasnye...: Ob istorii razvitiya teoreticheskikh ideii v fizike elementarnykh chastits. Izdanie 2.* [Ordinary, Strange, Charmed, Beautiful...: On the History of the Theoretical Ideas’ Development in the Physics of the Elementary Particles. 2nd ed.]. Moscow: LENAND, 2015, 320 pp. (In Russian)

Konopleva, N.P. *A.Z. Petrov I yego vremena: moi vospominaniya* [A.Z. Petrov and His Times: My Memories]. Dubna: Preprint OIYaI (P2–2012–52), 2012, 29 pp. (In Russian)

Konopleva, N.P., Popov, V.N. *Kalibrovochnye polya, 2-e izdanie* [Gauge Fields, 2nd ed]. Moscow: Atomizdat, 1980, 240 pp. (In Russian)

Mills, R. “Gauge Fields”, *American Journal of Physics*, 1989, vol. 57, no. 6, pp. 493–507.

Moriyasu, R. *An Elementary Primer for Gauge Theory*. Singapore: World Scientific Publ., 1983, 177 pp.

Okun, L.B. *Leptony i kvarki* [Leptons and Quarks]. Moscow: Nauka, 1981, 304 pp. (In Russian)

Pais, A. *Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World*. Oxford: Clarendon Press, 1986, xvi+666 pp.



Pais, A. *Genii nauki* [The Geniuses of Science]. Moscow: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2002, 448 pp. (In Russian)

Sakharov, A.D. *Vospominaniya v dvukh tomakh, tom 1* [Memories in 2 vols., vol. 1]. Moscow: Prava cheloveka, 1996, 912 pp. (In Russian)

Utiyama R. *K chemu prishla fizika. Ot teorii otnositel'nosti k teorii kalibrovchnykh polei* [What Physics Have Come To. From Relativity Theory to the Theory of Gauge Fields]. Moscow: Znanie, 1986, 224 pp. (In Russian)

Vizgin, V.P. "Formirovaniye nauchnogo soobshchestva otechestvennykh fizikov-atomshchikov: lyudi, instituty, vedomstva" [Generation of the Scientific Community of Russian Atomic Scientists: People, Institutes, Departments], *Vestnik RGNF*, 2006, no. 1 (42), pp. 123–135. (In Russian)

Vizgin, V.P. "Metafizicheskie aspekty kosmologii v nauchnoy shkole Ya. B. Zel'dovicha" [Metaphysical Aspects of the Cosmology in the Ya.B. Zeldovich's Scientific School], *Metafizika*, 2016, no. 1 (19), pp. 31–61. (In Russian)

Vizgin, V.P., Kessenikh, A.V. "Nauchnye shkoly v istorii otechestvennoy fiziki" [Science Schools in the History of Russian Physics], *Issledovaniya po istorii fiziki I mekhaniki, 2014–2015*. Moscow: Yanus-K, 2016, pp. 177–206. (In Russian)

Vizgin, V.P. "Neterova struktura fizicheskikh teorii: istoricheskie i filosofskonauchnye aspekty. K 100-letiyu teoremy Neter o svyazi printsipov simmetrii s zakonami sokhraneniya" [Noetherian Structure of the Physical Theories: Historical and Philosophical Scientific Aspects. To the Centenary of Noether's Theorem on the Interconnection Between Symmetry Principles and Conservation Laws], *Metafizika*, 2018, no. 4 (30), pp. 81–112. (In Russian)

Vizgin, V.P. "Metafizicheskie aspekty standartnoy modeli v fizike elementarnykh chastits i istorii eyo sozdaniya" [Metaphysical Aspects of the Standard Model in the Physics of the Elementary Particles and the History of the Its Creation], *Metafizika*, 2020, (in print). (In Russian)

Vizgin, V.P. "U istokov standartnoy modeli v fizike fundamentalnykh vzaimodeystviy" [The Origenes of the Standard Model of the Fundamental Interactions Physics], *Issledovaniya po istorii fiziki i mekhaniki* [Inquiry in the History of Physics and Mechanics], 2020 (in print). (In Russian)

Weinberg, S. *Mechty ob okonchatel'noy teorii* [Dream of a Final Theory]. Moscow: URSS, 2004, 256 pp. (In Russian)

Weinberg, S. *Ob'yasnaya mir: istoki sovremennoy nauki* [To Explain the World: the Discovery of Modern Science]. Moscow: Alpina non-fikshn, 2016, 474 pp. (In Russian)

Wilczek F. "Asimptoticheskaya svoboda: ot paradoksov k paradigmam" [Asymptotic Freedom: From Paradox to Paradigm], *Nobelevskie lektzii po fizike. 1995–2004* [The Nobel Lectures on Physics, 1995–2004]. Moscow, Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2009, pp. 767–795. (In Russian)

Zhang, D.Z., "Interview of C.N. Yang", in: C.S. Liu & S.T. Yau (eds.). *C.N. Yang*. Boston: International Press, 1995, p. 457.