

КАТЕГОРИЯ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ В ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ ПАРАДИГМЕ

DOI: 10.22363/2224-7580-2023-4-41-59
EDN: WMQBFV

О СОЕДИНЕНИИ МАТЕРИИ И ФОРМЫ: ТЕОРЕТИКО-ГРУППОВОЙ ПОДХОД

В.В. Варламов*

*Сибирский государственный индустриальный университет
Российская Федерация, 654007, Кемеровская область – Кузбасс,
г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42*

Аннотация. Что такое пространство и время? Что объединяет элементарные частицы и элементы таблицы Менделеева? Сколько можно делить материю на все меньшие части и почему невозможно верифицировать теорию струн и модель кварков? Эти и другие столь же интригующие вопросы обсуждаются в предлагаемом вниманию читателей интервью с профессором СибГИУ Вадимом Варламовым.

Ключевые слова: холизм, редукционизм, гиломорфизм, спиноры, элементарная длина, симметрии, дальноедействие

1. – Вадим Валентинович, спасибо за то, что согласились ответить на наши вопросы. Начнем с самых фундаментальных вещей. Сейчас физики все чаще говорят о том, что пространство-время не является фундаментальным уровнем реальности. Под ним существует подвальный уровень – квантовый. И он, видимо, дискретный, тогда как непрерывность – лишь кажущееся свойство, возникающее (эмерджентное) за счет усреднения на макромасштабе, подобно офсетной печати, пиксельному изображению на экране, картинам импрессионистов. Являетесь ли вы сторонником импрессионизма в этом смысле?

– Является ли пространство-время фундаментальным уровнем реальности? Чтобы попытаться ответить на этот вопрос, прежде всего необходимо определиться с понятиями «пространство» и «время», входящими в это

* E-mail: varlamov@sibsiu.ru

словосочетание «пространство-время». При этом необходимо провести четкое различие между априористской концепцией Канта, где пространство и время понимаются как чистые формы созерцания, и так называемой релятивистской концепцией, в которой пространство-время есть форма существования материи. ...Форма созерцания и форма существования. С одной стороны, – сознание, а с другой – материя. Казалось бы, вновь, как неотвязный кошмар, здесь появляется извечный философский дуализм духа и материи, приводящий к бессмысленному разделению философии на идеалистическую и материалистическую. Однако это только иллюзия, как, впрочем, и сам дуализм. Причина возникновения этой иллюзии заключается в путанице слов и смещении понятий, впервые на это указал Бертран Рассел. Действительно, и в той и в другой концепциях используются общие слова «пространство» и «время», однако подлинный смысл словообразования «пространство-время» не имеет никакого отношения ни ко времени, ни к пространству. Пространство и время – два ключевых слова, поэтому, прежде всего, необходимо понять, какой смысл вкладывается в эти слова обыденным человеческим сознанием. Не вдаваясь в детали, в самом общем смысле пространство – это протяженность с тремя параметрами (длина, ширина и высота), а время – это в одну сторону упорядоченно направленная длительность (от прошлого через настоящее к будущему). Так или иначе, именно эти представления обычно ассоциируются с понятиями пространства и времени, это их сущностное определение, неразрывно связанное с человеческим рассудком. Они не выводятся из опыта, а предшествуют ему, являясь фундаментом всех последующих представлений. В согласии с Кантом *пространство и время являются формами созерцания, присущими человеку априори*, то есть до всякого опыта. Пространство и время есть первые и основополагающие атрибуты формы представления (восприятия), являющейся производной от всей совокупности органов чувств человека. Как сказал Юм: «Каждый из нас есть связка или пучок ощущений, сменяющих друг друга с непостижимой быстротой». Форма представления – это темная линза, причем сильно искривленная, через которую человек воспринимает окружающий мир. Поэтому всякие попытки определения понятий пространства и времени из опыта бессмысленны, а всякие другие определения этих понятий не являются ни пространством, ни временем. Это принципиально важный момент, который следует подчеркнуть, *пространство и время суть врожденные формы восприятия человеческого сознания и ничем иным быть не могут*.

Следующий вопрос, непосредственно связанный с предыдущим и имеющий важное значение для последующего рассмотрения. *Достаточно ли понятия континуума и связанной с ним математической структуры для описания универсума?* Можем ли мы, используя четырехмерный мир Минковского, полностью описать всю совокупность явлений окружающего нас мира, а если нет, то какой аспект реальности отображается континуумом? По мнению Рейхенбаха «...объединенный пространственно-временной порядок раскрывается как упорядочивающая схема, управляющая причинными цепями и, таким образом, как выражение каузальной структуры вселенной»

[1. С. 292]. Следовательно, континуум есть выражение причинной структуры универсума. Но причинная структура не является достаточной для описания универсума как целое, поскольку во Вселенной существуют миры, причинно не связанные друг с другом (это вполне очевидный факт) и, следовательно, сосуществующие «одновременно», то есть вне времени, так как «...одновременность означает исключение причинных связей» [1. С. 166].

К концу XIX века после открытия неевклидовых геометрий, многомерных пространств и гиперкомплексных алгебр лицо математики изменилось до неузнаваемости. Пришло понимание того, что чувственно воспринимаемый мир (форма представления), заключенный в рамки трехмерного евклидова пространства, был лишь только начальной точкой в развитии математики. Абсолютизированное и обожествленное трехмерное евклидово пространство оказалось на самом деле лишь частным и простейшим случаем гораздо более сложных математических конструкций. Как следствие этого, понятие математического пространства претерпело сильнейшие изменения. В связи с этим возникает интересный вопрос: насколько вообще правомерно использование слова «пространство» к целому комплексу математических конструкций, обычно ассоциируемых с этим словом. Может быть, это слово просто дань традиции, слово, сумевшее переступить за пределы формы представления и служащее не более чем символом для обозначения понятий, природа которых в принципе отлична от него, как это имеет место в теории элементарных частиц, где квантовые числа кварков обозначаются словами «аромат», «странность», «очарование» и т.д. Или все же это слово и имманентно присущая ему форма созерцания, с одной стороны, и математическое пространство – с другой, имеют нечто общее?

Наиболее абстрактным математическим пространством является топологическое пространство. Напомним его определение. Пусть в множестве X произвольной природы указана совокупность $\tau = \{U\}$ подмножеств, обладающая следующими свойствами: 1) пустое множество и X принадлежат совокупности τ ; 2) объединение любой совокупности множеств из τ принадлежит τ ; 3) пересечение любого конечного числа множеств из τ принадлежит τ . Такая совокупность подмножеств τ называется *топологией* в X , а само множество X в этом случае называется *топологическим пространством* [2. С. 37]. Определение окрестностей точек топологического пространства, введение базы топологии, аксиом счетности и отделимости – все это вместе составляет субстрат математического понятия пространства. Размерность, связность, метрика, сигнатура, кривизна и т.д. появляются позже, то есть все эти понятия являются структурами второго (производного) плана. Так, например, существует топологическая теория размерности Урысона и Менгера, в которой размерность является производной от топологии пространства.

Здесь естественным образом возникает следующий вопрос: каково существенное определение теоретико-множественного субстрата пространства и что, в свою очередь, соответствует ему в нашей априорной форме созерцания. Вторая аксиома отделимости (аксиома Хаусдорфа) гласит: любые две различные точки x и y топологического пространства имеют непересекающиеся

окрестности O_x и O_y . *Протяженность* – вот ключевое слово, обозначающее сущность теоретико-множественного субстрата топологического пространства. Действительно, понятия размерности, связности, метрики (расстояния), кривизны и т.д. не имеют смысла для непротяженной величины. Все эти понятия появляются только у протяженной величины, протяженность которой и является первым и необходимым условием для их возникновения. У Борхеса есть любопытные строки: «Считается, что точка не имеет никакой протяженности. Если же мы возьмем бесконечную последовательность точек, то это будет линия. Затем возьмем бесконечное количество линий и получим плоскость. Не знаю, до какой степени это доступно пониманию. Ведь если точка не имеет протяженности, непонятно, как может сумма хотя бы и бесконечного их числа дать нам протяженную линию» [3. С. 305]. В этом остроумном замечании не учитывается, что бесконечная совокупность точек входит в линию вместе со своими окрестностями. Именно этот факт (учет окрестностей) и составляет основу топологической теории размерности Урысона–Менгера. Точно так же, обращаясь к нашему повседневному опыту, мы видим, что именно протяженность окружающего нас универсума является необходимым условием и первым формообразующим фактором воспринимаемого нами мира (феномена). Первой и наиболее важной производной величиной от протяженности является размерность.

Одной из самых таинственных мистерий науки и культуры является проблема времени, значимость которой выходит далеко за пределы фундаментальной физики. Ни одно другое понятие в такой степени не нагружено психологизмом и не имеет такого широкого спектра интерпретаций. Борхес в своем великолепном эссе «История вечности» пишет: «Время для нас – проблема, проблема жгучая и настоятельная и, возможно, во всей метафизике самая жизненно актуальная» [4. С. 161].

На первый взгляд кажется, что понятие времени намного проще понятия пространства: «Время обычно рассматривалось как некая упорядочивающая схема, подобная пространству, но проще его, так как имеет лишь одно измерение... Время при этом представлялось намного менее проблематичным, поскольку не было связано с многомерностью» [1. С. 129]. Время и линейная (одномерная) последовательность, делящаяся бесконечно в обе стороны или деленная на циклы в соответствии с циферблатом часов и периодами обращения планет, таково первое, имманентно присущее сознанию, представление о времени как о длительности. У Хайдеггера читаем: «Мы говорим сейчас, теперь, и имеем в виду время. Но нигде не найдем мы времени на часах, которые показывают нам время, ни на циферблате, ни в часовом механизме. С тем же успехом мы будем искать время и на современных хронометрах. Неизбежно напрашивается следующее: чем точнее, с технической точки зрения, и исчерпывающее измерение хронометра, тем меньше прибор дает повод задуматься собственно о времени. Но где же находится время? Везде ли оно или у него есть какое-то место?» [5. С. 89]. Такова форма созерцания, в которой является нам понятие времени. Наивный реализм, не догадывающийся о существовании формы представления и тем самым отождествляющий ее с

миром, проецирует понятие времени за пределы формы представления, придавая ему онтологический статус. Так возникает *субстанциональная концепция времени*, в которой время понимается как некая сущность (субстанция), существующая во Вселенной независимо от чего бы то ни было: «*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» [6. С. 30].

Вторая концепция, восходящая к Лейбницу, есть *реляционная концепция времени*, кратко формулируемая таким образом: «Время – порядок следования явлений». Эта концепция органически присуща специальной и общей теории относительности. Теория относительности отрицает существование универсального времени, равно как и существование выделенной (привилегированной) системы отсчета. Время имеет относительный характер и отражает собой причинно-следственный порядок мира. Время само по себе, безотносительно к этому порядку и к событиям, происходящим в мире, не имеет никакого смысла. «Время в классической физике – всеобщее, универсальное. Время в теории относительности, – так сказать, личное, индивидуальное. Мое время – это не ваше время, а ваше время – не мое», – говорит Синг [7. С. 91]. Более того, время в специальной теории относительности (СТО) зависит от пространственных координат, это наглядно показывают преобразования Лоренца. Время (как и пространство) растворяется в континууме четырехмерного мира Минковского, теряя тем самым какое-либо самостоятельное и независимое существование. «Время – это порядок последовательностей», по мнению Лейбница. Если отвлечься от всех эмоциональных и психологических наслоений, которыми нагружено представление о времени, то именно *последовательность* является ключевым словом в определении понятия времени. У Борхеса есть такие строки: «Я не настаиваю на том, будто знаю что есть время (не уверен даже вещь ли оно), и вместе с тем догадываюсь, что ход времени и само время – это одна загадка, а не две» [8. С. 25].

Здесь следует сделать одно замечание относительно порядка последовательности, или порядка времени, хотя «...никакой *порядок во времени* не есть само *время*» [7. С. 92]. Что касается понятия *стрела времени* (направленность времени), то односторонний порядок последовательности (времени) имеет место только для макрообъектов и связан с таким термодинамическим понятием, как *энтропия*, выражающим необратимый характер физических процессов на макроуровне. Рейхенбах пытался обосновать направление времени термодинамической необратимостью энтропии [9]. Однако на субатомном уровне направление последовательности не является односторонним. Так, в согласии с интерпретацией Фейнмана–Штюкельберга элементарные частицы, обращенные во времени, являются античастицами, то есть такими частицами, для которых ход последовательности обратен. У Борхеса читаем: «... – я начну с того, что припомню все темное и невразумительное, что связано со временем, этой естественной метафизической тайной, которая стоит прежде вечности – детища людей. Одно из таких мест, не самое темное, но и

не самое ясное, касается направления времени. Все считают, что оно течет из прошлого в будущее, но вполне вероятно и обратное, то, о чем пишет испанец Мигель де Унамуно: “В сумерках река времени струится из вечного завтра ...”» [4. С. 161]. Подобное понятие времени существовало у схоластов, которые представляли его движением из потенциального в актуальность.

Последовательность задает динамический аспект континуума. *Последовательность, заданная в протяженности, порождает причинность*. Причинность является синтезом последовательности и протяженности, их единым и неделимым соединением. Действительно, протяженность без последовательности статична, в ней отсутствует динамика, а следовательно, и причинность. В свою очередь, последовательность без протяженности является лишь только потенцией причинности, а для того чтобы последовательность могла реализоваться в причинность, ей необходима арена – протяженность. Таким образом, формулу пространство-время = континуум, где в левой части стоят слова, зарезервированные человеческим сознанием для обозначения априорных форм созерцаний (слова-архаизмы, от которых хотел избавиться Минковский, обращая их в фикции), следует заменить на формулу *протяженность-последовательность = причинность*. Отсюда следует: *континуум = причинность*. Время существует там, где есть протяженность, где справедливы аксиомы отделимости и счетности, то есть в сепарабельном пространстве. Однако в несепарабельных пространствах, топология которых не опирается на счетную базу, понятие времени (последовательности) не имеет места.

2. – Очевидно, что разобранный на детали механизм более механизмом не является. Однако мы под властью редукционизма упорно разбираем, делим материю все дальше и дальше и добрались уже до кварков. Вы утверждаете, что «спиновая структура более фундаментальна, чем кварковая». В каком смысле это понимать, куда уж дальше, еще фундаментальнее? И что такое этот загадочный «еще более фундаментальный» спинор?

– С математической точки зрения, благодаря различию в размерностях базовых составляющих в тензорных произведениях ($n = 2$ для спиноров и $n = 3$ для кварков), которые определяют спиновую и кварковую структуры, можно предположить, что *спиновые более фундаментальны чем кварки*. Майкл Атья как-то сказал: «Никто до конца не понимает спиноры. Их алгебра формально понятна, но их геометрическое значение загадочно». Существуют два определения спиноров: геометрическое (по Картану) и алгебраическое (по Брауэру и Вейлю). Согласно Картану, *спиновые представления* движений неевклидовых пространств S^n можно рассматривать как представления этих движений линейными преобразованиями векторов в соответствующих пространствах. Векторы этих пространств называются *спинорами* пространств S^n .

Понятие спинора было введено Картаном [10]. Ван дер Варден [11] отмечает, что название «спинор» было дано Эренфестом после появления

известной статьи Гаудсмита и Уленбека [12] о вращающемся электро-не. Более точно, геометрический смысл спинорных представлений движений неевклидовых пространств S^n состоит в том, что координаты спиноров можно рассматривать как координаты плоских образующих максимальной размерности абсолютов этих пространств, а спинорные представления движения этих пространств совпадают с теми преобразованиями спиноров, которые соответствуют преобразованиям абсолютов при движениях. Абсолютом называется множество бесконечно удаленных точек неевклидова пространства. Так, в случае, важном для физики, известно, что связная группа движений трёхмерного неевклидова пространства $S^{1,2}$ (пространство Лобачевского) изоморфна связной группе вращений четырёхмерного псевдоевклидова пространства $R^{1,3}$ (пространство-время Минковского), совпадающей с группой преобразований Лоренца специальной теории относительности. Поэтому спинорное представление связной группы движений пространства $S^{1,2}$ (комплексными матрицами второго порядка с определителем +1) является в то же время спинорным представлением группы Лоренца. Отсюда следует, что каждому спинору пространства $S^{1,2}$ соответствует некоторая точка абсолюта пространства $S^{1,2}$, а каждой точке абсолюта пространства $S^{1,2}$ соответствует изотропная прямая пространства $R^{1,3}$, проходящая через некоторую точку этого пространства. Абсолют пространства Лобачевского $S^{1,2}$ гомеоморфен расширенной комплексной плоскости $C \cup \infty$. Изложенное геометрическое истолкование спиноров и спинорных представлений было предложено Картаном [13] (см. также [14]). Согласно алгебраическому определению (Брауэр-Вейль), спинор задаётся элементом минимального левого идеала алгебры Клиффорда $cl(V, Q)$, где V – векторное пространство, снабжённое невырожденной квадратичной формой Q . При n чётном минимальный левый идеал алгебры $cl(V, Q)$ соответствует *максимальному тотально изотропному подпространству* $U \subset V$ размерности $n/2$, то есть изоморфен спинпространству S размерности $2^{n/2}$. Подпространство U пространства V называется тотально изотропным подпространством, если билинейная форма $B(\alpha_i, \alpha_j) = 0$ для всех $\alpha_i, \alpha_j \in U$. Подпространство $U \subset V$ максимальной размерности с указанным выше свойством называется *максимальным тотально изотропным подпространством*.

Понятие спина неразрывно связано с природой того математического объекта (спинора), геометрическое и алгебраическое определения которого мы рассмотрели выше. И именно здесь лежит «загадка», то есть в *физическом* понимании спина, а не в геометрическом значении спиноров, как это утверждал Атья.

Как известно, понятие спина ввел Паули в 1925 году, объясняя дублетную структуру спектра щелочных металлов (аномальный эффект Зеемана): «Дублетная структура спектров щелочных металлов, а также нарушение теоремы Лармора, согласно этой точке зрения, объясняется своеобразной, классически не описываемой двузначностью квантотеоретических свойств излучающего электрона» [15. С. 644]. Ван дер Варден отмечает: «Эту неподда-

ящуюся классическому описанию двузначность электрона ныне мы называем спином» [11. С. 236]. Как известно, все попытки классического (механического) описания спина электрона, начиная с работы Уленбека и Гаудсмита [12], не имели успеха. В воспоминаниях [16] Ю.Б. Румер пишет: «В свое время Паули сказал Кронигу, что теория спина – это вздор, потому что математическая точка не может вокруг себя вращаться» [16. С. 56]. Точечность электрона является требованием специальной теории относительности, поэтому электроны в квантовой электродинамике, как и кварки в квантовой хромодинамике, представляются точечными фермионами спина $1/2$. Более того, согласно кварковой модели, кварки совершают «внутри» адрона орбитальные и радиальные движения. При этом спин адрона ассоциируется с полным угловым моментом \mathbf{J} , являющимся суммой орбитального момента \mathbf{L} и спина кварков \mathbf{S} : $\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$. Очевидно, что это определение есть своего рода «механическая пародия» реального спина.

Как утверждал Фок [17], *спин не является механическим понятием*. Первая теория спина, дающая корректную математическую формулировку «двузначности, не поддающейся классическому описанию», была предложена Паули в работе 1927 года [18]. Избегая построения каких-либо наглядных кинематических моделей, Паули ввел удвоенное гильбертово пространство $\mathbf{H}_2 \otimes \mathbf{H}_\infty$ (пространство волновых функций), векторами которого являются двухкомпонентные спиноры. Так впервые в физике появились двухкомпонентные спиноры и первое удвоение. Последующее удвоение (*биспиноры*, пространство $\mathbf{H}_4 \otimes \mathbf{H}_\infty$) было предложено Дираком в 1928 году [19]. Следующее удвоение приводит к *гипертвисторам* в гильбертовом пространстве $\mathbf{H}_8 \otimes \mathbf{H}_\infty$ [20; 21]. Гипертвисторы являются векторами фундаментального представления группы Румера – Фета $SO(2,4) \otimes SU(2) \otimes SU(2)'$, дающей теоретико-групповую интерпретацию периодической системы элементов [22]. Спиноры, биспиноры и твисторы суть частные случаи гипертвистора. Ван дер Варден пишет: «Переход от однокомпонентной волновой функции к двухкомпонентной ψ более радикален, чем переход от двух компонент к четырем; переход от векторной алгебры к двузначным представлениям группы вращений совершить много труднее, чем расширить группу вращений до группы Лоренца» [11. С. 258]. Как известно, после работы Томаса [23] о величине дублетного расщепления Паули формально принял гипотезу о вращающемся электроны, однако остался при убеждении, что спин нельзя описать классической кинематической моделью, поскольку такая модель никогда не сможет привести к двузначным представлениям группы вращений.

Таким образом, в понятии о спине возник своего рода «теоретический компромисс», сущность которого Паули выразил следующими словами: «После короткого периода идейного разброда и разногласий, вызванных временным ограничением „наглядности“, было достигнуто общее согласие, о замене конкретных образов абстрактными математическими символами, например ψ . В частности, конкретный образ вращения в трёхмерном пространстве был заменен на математические характеристики представления группы вращений.

Эту группу Дирак скоро расширил до группы Лоренца» [24. С. 46]. В приведённой цитате особенно важно последнее предложение, поскольку полное описание спина достигается в рамках двузначных представлений группы Лоренца, а традиционное описание спина посредством группы $SU(2)$ является ограниченным представлением, исторически связанным с наглядным трёхмерным образом. $SU(2)$ -трактовка спина принята в стандартной модели, в $SU(6)$ -теории и её «орбитальном» расширении $SU(6) \otimes O(3)$, а также в понятии изотопического спина («вращение» в изопространстве). Очевидно, что редуцированное на трёхмерный образ (вследствие указанного Паули компромисса) $SU(2)$ -описание спина не отражает всех свойств этой важнейшей характеристики квантового микрообъекта (состояния). Так, при $SU(2)$ -описании невозможно объяснить наличие одинакового спина у состояний, имеющих различную массу (энергию). Это становится возможным при $SL(2, C)$ -описании, где спин $s = l - \dot{l}$, $l = k/2$, $\dot{l} = r/2$, k и r – степени спинтензорных факторизаций циклических векторов, задающих фермионные и бозонные состояния. $SL(2, C)$ -описание спина было дано в работах [25; 26].

Как уже отмечалось выше, общее понятие спина имело своим источником конкретное описание «двузначности, не поддающейся классическому описанию» электрона, *понимаемого как частица*. Однако частица – это классическое понятие. Ван дер Варден задаётся вопросом: «Почему Паули не приписал электрону момент количества движения $m_s = \pm 1/2$ и магнитный момент $2m_s$?» [11. С. 243]. Может ли классическая частица обладать неклассическим свойством? Очевидно, что нет. Это и есть ответ на вопрос Ван дер Вардена. Ю. Румер и А. Фет пишут: «До сих пор мы считали, что *одна и та же частица*, например электрон, может находиться в двух спиновых состояниях со спином $+1/2$ и $-1/2$. Однако электрон без определённого значения спина никогда не наблюдается и представляет собой лишь абстрактное понятие. Ввиду этого вполне закономерна другая точка зрения: можно считать, что существуют *две* элементарные частицы – электрон со спином $+1/2$ и электрон со спином $-1/2$, в то время как “просто электрон” в природе не встречается» [27. С. 161–162]. Согласно расхожему мнению, в пространстве-времени существуют некие объекты («просто электрон», «просто протон» и т.д.), которые понимаются как независимые друг от друга сущности, обладающие самостоятельным бытием и имеющие сразу все присущие им квантовые характеристики. Излишне напоминать, что такое представление не имеет ничего общего с реальностью, открытой в последних экспериментах по проверке неравенств Белла (опыты Фридмана – Клаузера, Аспе, Гринберга – Хорна – Цайлингера и др.). Очевидно, что классическое понятие частицы несостоятельно на микроуровне, а также несостоятельны все механические модели, связанные с этим понятием.

Абстрагируясь от наглядного образа (ментального шаблона), мы видим, что в основании понятия «частица» лежит представление о *дискретности*, заключающееся в предположении о существовании некоторой минимальной величины, неделимой далее до бесконечности, то есть отрицание *континуума*. Прерывность и непрерывность (тезис и антитезис), квант и континуум (Демокрит и Эмпедокл).

В отличие от чисто умозрительной процедуры деления до бесконечности, превращающей континуум в идеализацию, понятие кванта опирается на фундаментальный закон Планка о прерывности (дискретности) энергии. М.А. Марков в статье «О современной форме атомизма» [28], анализируя эволюцию понятия «элементарная частица», приходит к выводу: «Если дано понятие поля, то дальше следует определение: элементарная частица – атом данного поля. Только в этом случае слово „атом“ современной физики заменяется словом „квант“. Данная элементарная частица – это простейший элемент данного поля, или просто „квант данного поля“. Здесь действительно по праву, то есть в соответствии с терминологическим смыслом можно употребить и слово „атом“» [28. С. 412]. Итак, согласно Маркову, частица – это квант поля, *если дано понятие поля*. Увы, здесь мы видим определение одного тёмного понятия («частица») с помощью другого, пожалуй, ещё более тёмного понятия «поле». Сам Марков это видит и отмечает: «Но, к сожалению, с той же педагогической точки зрения нелегко объяснить содержание понятия поля» [28. С. 412]. И далее, Марков приводит весьма любопытную аналогию между четырьмя взаимодействиями современной физики и четырьмя стихиями древних греков, давая тем самым недвусмысленно понять, что современные представления не так уж далеко ушли от античной физики. Поле является необходимым атрибутом концепции близкодействия, определение поля требует наличия пространственно-временного континуума (для передачи взаимодействия от точки к точке). Однако понятие кванта возникло вне какой-либо связи с полевыми представлениями. Более того, дискретность энергии находится в противоречии с непрерывностью континуума. Согласно этой позиции, частица это не квант поля, а *квант энергии*.

Возвращаясь к спинорным представлениям группы Лоренца, мы видим, что *фундаментальное представление* этой группы над полем комплексных чисел $F = C$ действует в двумерном спинпространстве, вектором которого является двухкомпонентный спинор. И далее, любое конечномерное неприводимое спинорное представление группы Лоренца может быть факторизовано в виде тензорного произведения двумерных фундаментальных представлений. В свою очередь, спинпространство фундаментального представления является минимальным левым идеалом кватернионной алгебры (алгебры бикватернионов $C_2 \simeq C \otimes H$ в случае поля $F = C$ и алгебр кватернионов $cl_{0,2} \simeq H$, $cl_{1,1} \simeq R(2)$, $cl_{2,0} \simeq R(2)$ в случае поля $F = R$, при этом с кольцом деления $K \simeq H$ для $cl_{0,2}$ и $K \simeq R$ для $cl_{1,1}$ и $cl_{2,0}$). Элементами минимальных левых идеалов четырёхмерных кватернионных алгебр являются двухкомпонентные спиноры.

3. – «Вначале была симметрия» – Гейзенберг. Симметрия правит миром. Симметрия означает, что есть нечто такое, что остается одинаковым в разных условиях. Нельзя ли определить это как истинное существование?

– Более полно процитируем Гейзенберга: «„В начале была симметрия“ – идея, безусловно, более правильная, чем демокритовский тезис „в начале

была частица“. Элементарные частицы являются воплощениями симметрий, их простейшими выражениями, однако они – лишь следствие симметрий» [29. С. 349]. Здесь Гейзенберг, прежде всего, противопоставляет атомную гипотезу (редукционизм) холистическому (симметричному) описанию квантовых микрообъектов.

Аристотель утверждал, что каждый физический объект представляет собой соединение материи и формы. Это учение получило название *гиломорфизм* (термин XIX века, образованный от греческих слов *υλη* (hyle), «дерево, материя», и *μορφη* (morphē), «форма»). Аристотель верил в нечто, называемое «первичной материей», которая является материей четырёх элементов, где каждый элемент порожден, таким образом, соединением этой материи и формы. Эта первичная материя описывается как чистая потенциальность. Фундаментальное спинорное поле в нелинейной спинорной теории материи Гейзенберг называет «праматерией» понятие, уходящее своими корнями к *primamateria* Гнозиса. Наряду с праматерией постулируется *фундаментальная симметрия*, которая, по мнению Гейзенберга, является формообразующим принципом. Симметрия есть источник формы. Соединение праматерии и фундаментальной симметрии порождает существование всех квантовых микрофеноменов (так называемых «элементарных частиц»). Нетрудно видеть здесь реализацию древнего архетипа: гиломорфизма Аристотеля. Юнг был совершенно прав, говоря, что всё человеческое знание есть реализация неких архетипов, существующих вечно в коллективном бессознательном. Вряд ли и Аристотель был первым, кто пришёл к идее соединения материи и формы.

Не претендуя на оригинальность (после Аристотеля и Гейзенберга), приведем следующую (теоретико-групповую) версию гиломорфизма (см. аксиому **А.1** в [30]):

А.1 (Энергия и фундаментальная симметрия) *Единая квантовая система \mathbf{U} на фундаментальном уровне характеризуется C^* -алгеброй \mathfrak{A} , состоящей из оператора энергии H и присоединённых к H генераторов группы фундаментальной симметрии G_f , образующих с H общую систему собственных функций.*

Первичным субстратом (*primamateria*), изначально не имеющим формы, является энергия (оператор H), понимаемая как чистая потенциальность (*δυναμις*, динамис). Форма задаётся фундаментальной симметрией G_f . Соединение материи и формы (гиломорфизм) приводит к единой квантовой системе \mathbf{U} , состояния которой в зависимости от G_f представляют собой различные физические объекты (элементарные частицы в случае группы Лоренца $G_f = SO(1,3)$ и элементы периодической системы в случае конформной группы $G_f = SO(2,4)$). Под фундаментальным уровнем понимается уровень так называемой *элементарной длины* $l_0 \sim 10^{-13}$ см. Фундаментален этот уровень не в силу своей минимальности. Уже в 1968 г. А.Д. Сахаров в статье «Существует ли элементарная длина?» [31] писал: «Итак, совокупность теоретических и экспериментальных аргументов заставляет признать, что предложенная Гейзенбергом граница теории $l_0 = r$ должна быть отодвинута в сторону гораздо более высоких энергий». С тех пор эта граница была

отодвинута в ещё более глубокий диапазон $\ll l_0$ энергий. Главной целью большого адронного коллайдера (БАК) был поиск новой физики (то есть новых частиц) на уровнях энергии $\ll l_0$. Однако все многочисленные эксперименты не обнаружили никакой новой физики на этих уровнях $\ll l_0$: ни суперсимметрии, ни частиц тёмной материи, вообще ничего, что могло бы указать за пределы стандартной модели. Постигшее физиков разочарование красочно описано Сабиной Хоссенфельдер в книге «Уродливая Вселенная» [32]. Уровень l_0 фундаментален в силу того факта (теперь уже неопровержимо установленного экспериментально), что всё *сущее* (главным образом стабильная материя) проявляется из первичного субстрата (протоматерии) на уровнях энергии $\sim l_0$. В связи с этим следует отметить, что любая теоретическая конструкция, оперирующая на уровне планковской длины $l_P \sim 10^{-33}$ см (теория струн), автоматически приобретает статус экспериментально неverified теории.

4. – В своих работах вы приводите цитату В. Паули о том, что «любая симметрия – это удвоение». Действительно ли любая? Как из удвоений получить симметрию поворота на угол, скажем, $2/3 \pi$? Связано ли удвоение с уменьшением или, наоборот, с увеличением симметрии?

– В одном из писем к Гейзенбергу Паули говорит: «Двуделение и уменьшение симметрии, вот где зарыт Фаустов пудель». Давайте попытаемся расшифровать эту таинственную фразу. Эта фраза имеет отношение к одному из, пожалуй, самых загадочных событий из истории теоретической физики двадцатого века. Начало этой истории было положено в 1957 году на конференции по атомной физике в Падуе, где участвовали Паули и Гейзенберг. Вспоминая эти события, Гейзенберг пишет: «Нас всех занимало одно открытие молодых американских физиков китайского происхождения Ли и Янга. Оба эти теоретика пришли к мысли, что симметрия между левым и правым, до того считавшаяся чуть ли не самоочевидной составной частью природных законов, может нарушаться при слабых взаимодействиях такого рода, какими вызываются явления радиоактивности» [29. С. 341]. Из предположения Ли и Янга (1956 г.) следовало, что в природе существуют только левовинтовые нейтрино и правовинтовые антинейтрино, что позднее было подтверждено в опытах Ву. Далее Гейзенберг отмечает: «Если у этих частиц отсутствует симметрия правого и левого, то следует учитывать возможность того, что и в фундаментальных законах природы симметрия правого и левого тоже принципиально отсутствует и привходит в природные законы лишь вторично – например, косвенным путем через взаимодействие и массу как его следствие. Симметрию тогда можно было бы считать результатом последующего удвоения, что поддавалось математическому описанию в виде, скажем, двух равноправных решений одного уравнения» [29. С. 341–342]. Итак, исходной точкой явилось наблюдаемое у нейтрино уменьшение симметричности, которое, по мнению Гейзенберга, можно было восстановить посредством удвоения, то есть двух решений некоторого уравнения. К этому уравнению, положившему

начало *единой нелинейной спинорной теории материи*, Гейзенберг приходит осенью 1957 года: «Внезапно среди колеблющихся расплывчатых образов возникло уравнение поля с необычно высокой степенью симметрии» [29. С. 343]. Это уравнение («мировая формула») является нелинейным обобщением уравнения Дирака при предположении полевой сущности массы. Решением (волновой функцией) уравнения Гейзенберга является некоторое фундаментальное спинорное поле («праматерия»), при этом полевой оператор определяется как двухкомпонентный (вейлевский) спинор относительно преобразований Лоренца и как двухкомпонентный спинор в изопространстве, то есть наряду с пространственно-временной структурой теории относительности оно включало также группу изоспина. Действительно, на тот момент (1957 г.) это уравнение изображало большую часть встречающихся в природе симметрических свойств. Гейзенберг сразу же сообщил Паули о своем открытии: «Вольфганг, которому я написал о нем, сразу очень заинтересовался; ибо впервые было похоже на то, что здесь, пожалуй, найдены рамки, достаточно широкие, чтобы охватить весь сложный спектр элементарных частиц и их взаимодействий, и вместе с тем достаточно тесные, чтобы фиксировать в этой области все, что приходилось рассматривать не просто как случайность...

У Вольфганга была кроме того надежда, что немногие недостающие симметрии можно будет ввести дополнительно, опираясь на процесс раздвоения» [29. С. 343–344]. И с этого момента начинается самый странный и загадочный этап всей этой истории. Поначалу Гейзенберг отмечает: «С каждым своим шагом в этом направлении Вольфганг приходил в состояние все большего воодушевления. Никогда раньше и никогда позже в жизни не видел я Вольфганга в таком возбуждении от событий в нашей науке» [29. С. 344]. И далее: «В теории элементарных частиц, например, его захватывают различные переплетающиеся друг с другом симметрии с участием четырех элементов, непосредственно сопоставляемые им с тетрактидой пифагорейцев; или еще “Двуделение и уменьшение симметрии, – говорит он в одном письме, – вот где зарыт Фаустов пудель. Двуделение – старый атрибут дьявола (недаром сомнение называют „раздвоенностью“»)» [33. С. 288]. Все эти образы навеяны психологией архетипов Юнга, с которым Паули состоял в многолетней переписке [34].

Как известно, одним из основных источников психоанализа Юнга являлось алхимическое (целостное) видение мира [35]. Паули в переписке с Юнгом главным образом занимал вопрос перехода от двойственности 2×6 к кватерности 3×4 : «Ведущий символ этого магического восприятия природы – четверица, так называемая тетрактида пифагорейцев, складывающаяся из двух попарно полярных начал. Деление приписывается темной стороне мира (материи, дьяволу), причем магическим восприятием природы охватывается также и эта темная область» [33. С. 286]. Ранее, в 1952 году Паули пишет совершенно необычную для него статью об архетипических представлениях в творчестве Кеплера [36], где анализирует полемику между Кеплером и Флуддом (известный в то время алхимик и член ордена розенкрейцеров). Паули подчеркивает важность пифагорейской тетрактиды: «Для психологии

антагонизма между Кеплером и Флуддом важное значение имеет факт, что число четыре имело у Флудда особый символический характер, в то время как Кеплер никак не выделял его» [36. С. 168]. И далее: «...с точки зрения психологии „четверичная“ установка Флудда отвечает большей *полноте восприятия* по сравнению с „троичной“ установкой Кеплера» [36. С. 170].

В целом, давая негативную оценку алхимии и астрологии, которыми занимался Флудд, Паули, тем не менее, явно симпатизировал Флудду: «Взгляды Флудда станут несколько понятнее, если мы укажем их связь с общим, происходящим на протяжении всей истории разделением мыслителей на два класса: одни считают существенными количественные отношения между *частями*, другие, наоборот, – качественную неделимость *целого*. Это разделение мы обнаруживаем еще в античном мире, например, в двух соответствующих определениях прекрасного: у одних прекрасное – это соразмерность частей и целого, у других – извечное сияние „единого“, проникающее сквозь материальное явление. (Во втором определении нет даже упоминания о части.) Взгляды последних восходят к Плотину» [36. С. 169]. В одном из писем к Юнгу Паули говорит: «Я и Кеплер, я и Флудд». Анализируя творчество Кеплера, Паули подчеркивает, что научное представление о материальном мире появляется как реализация предсуществующей архетипической картины. Безусловно, здесь прослеживается явное влияние Юнга, а «двуделение и уменьшение симметрии» Паули есть также реализация некоторого архетипа (гилломорфизм Аристотеля).

Гейзенберг спрашивает у Паули: «Как-то я спросил Вольфганга, почему он придает столь большое значение процессу раздвоения, и получил примерно следующий ответ: – В прежней физике оболочки атома ещё можно было опираться на наглядные образы, заимствованные из репертуара классической физики. Принцип соответствия Бора фиксировал как раз пусть ограниченную, но применимость подобных образов. Однако уже в том, что касается оболочки атома, математическое описание происходящих в ней процессов значительно превосходило эти образы по степени своей абстрактности. Можно было даже соотносить с одним и тем же реальным положением вещей два различных и противоречащих друг другу образа, а именно корпускулярное и волновое представления. В физике же элементарных частиц эти образы уже, по существу, совсем непригодны. Эта физика ещё более абстрактна. Для формулировки природных законов здесь не остается поэтому никакой иной отправной точки, кроме свойств симметрии, воплощенных в природе, или, выражаясь иначе, преобразований симметрии (например, смещений или поворотов), которые изначально организуют пространство природы. Но тогда мы неизбежно приходим к вопросу о том, почему существуют именно такие, а не иные преобразования симметрии. Процесс раздвоения, или двуделения, как я его себе представляю, мог бы нам здесь многое объяснить, потому что он каким-то очень естественным образом расширяет пространство природы, создавая тем самым возможность новых симметрий. В идеальном случае можно было бы думать, что все реальные симметрии возникли как следствие подобных раздвоений» [29. С. 342–343].

В декабре 1957 года Паули пишет Гейзенбергу: «Картина меняется с каждым днем. Всё движется. Пока еще нельзя публиковать, но это будет нечто прекрасное. Нельзя пока даже и предвидеть, что тут может обнаружиться... Материал тут много чего дает. Ты сам теперь многое разыщешь... Ты заметишь, что пудель сорвался с цепи. Он показал, где он был зарыт: раздвоение и уменьшение симметрии. Я тогда встретил его своей антисимметрией – обошелся с ним по правилам fairplay – после чего он тихонько растворился в облаках ...» [29. С. 344–345].

Финал этой истории наступил весной 1958 года. В начале 1958 года Паули отправляется в США читать лекции в американских университетах. Гейзенберг пытался отговорить Паули от этой поездки: «Мне было неприятно думать, что в этом возбужденном состоянии незавершенного развития мысли Вольфганг подставит себя трезвому прагматизму американцев. Я пытался отговорить его от поездки. Но изменить планы было уже нельзя... потом между нами пролег довольно-таки широкий Атлантический океан, и письма от Вольфганга стали приходить все реже... Вдруг он написал мне довольно резко, что решил впредь не участвовать ни в разработке темы, ни в публикации и что он уже сообщил физикам, получившим текст нашей готовящейся статьи, о своем теперешнем несогласии с ее содержанием... в его поведении для меня оставалось много прямо-таки непонятного. Все неясности мною, разумеется, осознавались; но ведь мы и в прежние времена не раз искали вместе путь в тумане, и мне такие ситуации в исследовании всегда казались самыми интересными» [29. С. 345].

А. Пайс в своих воспоминаниях пишет: «Первой остановкой Паули был Нью-Йорк. Его попросили провести “секретный” семинар по его настоящей работе с Гейзенбергом в Колумбийском университете, куда придут лишь приглашенные лица. В действительности же он выступил в переполненной большой лекционной аудитории в лаборатории Пьюпина. Я присутствовал там и помню свою реакцию: это был не тот Паули, которого я знал в течение многих лет. Он говорил неуверенно. После семинара вокруг него собрались несколько человек, включая Нильса Бора и меня. Паули сказал Бору: „Вы, наверное, думаете, что это все безумие“. На что Бор ответил: „Да, но, к сожалению, это недостаточно безумно“» [37. С. 316].

Под «уменьшением симметрии» следует понимать групповую редукцию, то есть если имеется цепочка вложенных друг в друга групп $G \supset G_1 \supset G_2 \supset \dots \supset G_k$ и дано неприводимое унитарное представление \mathfrak{F} группы G в гильбертовом пространстве \mathcal{H} , то редукция G/G_1 представления \mathfrak{F} группы G по подгруппе G_1 приводит к разложению \mathfrak{F} в ортогональную сумму неприводимых представлений $\mathfrak{F}_i^{(1)}$ подгруппы G_1 . В свою очередь, редукция G_1/G_2 представления группы G_1 по подгруппе G_2 приводит к разложению представлений $\mathfrak{F}_i^{(1)}$ на неприводимые представления $\mathfrak{F}_{ii}^{(2)}$ группы G_2 и т.д. Таким образом происходит редукция («уменьшение симметрии» Паули) группы G с высокой симметрией на более низкие симметрии подгрупп.

5. – Может быть, следует смотреть на удвоение как на проявление онтологической дуальности: существовать значит иметь свою противоположность? Только нули не имеют противоположности. Не напрасно в английском языке равенство нулю обозначается глаголом «vanish». Так, существовать в пространстве значит иметь верх и низ, право и лево, – то есть буквально состоять из противоположностей. Точка не может существовать в пространстве. Может быть, поэтому под каждой точкой пространства-времени на микроуровне скрывается двуспинол или еще какое-то двуделение?

– О нуль-размерности точки и теории размерности Урысона – Менгера уже говорилось выше. Без учета аксиомы отделимости Хаусдорфа бессмысленно представлять трехмерное пространство (или четырехмерный пространственно-временной континуум) как совокупность точек. Удвоение (или двуделение), по Паули, – это как раз и есть дуальность, то есть сосуществование двух противоположностей. У Платона в «Послезаконии» читаем: «Но что действительно удивительно и божественно для вдумчивого мыслителя, так это присущее всей природе удвоение числовых значений и обратное ему отношение, что наблюдается во всех видах и родах [вещей]». Удвоение есть всеобщая характеристика материи. Спин электрона есть проявление дуальности материи, а не его внутреннее свойство. Вспомним, что экспериментально наблюдаемые электроны существуют только с одним направлением спина, а не одновременно с двумя, дуальность пресуществует в материи (субстанции), которая наделяет свои акциденции (электроны) тем или иным значением спина в зависимости от экспериментальной ситуации (проявления).

6. – Взаимодействие – это обмен свойствами. Считается, что для этого необходима близость объектов в пространстве-времени. Но как быть, если на микроуровне пространства-времени нет? Каким образом происходит взаимодействие?

– Определение поля требует наличия континуума для передачи взаимодействия от точки к точке, что приводит к концепции ближкодействия. Можно сказать, что континуум порождает поле. В полевой картине взаимодействия ныне господствующей редукционистской парадигмы взаимодействие между «фундаментальными частицами» реализуется посредством механической модели обмена «частицами-переносчиками» взаимодействия (калибровочными бозонами). Однако в силу дискретной природы энергии (закон Планка) наличие континуума на фундаментальном уровне является излишней предпосылкой, более того, предпосылкой, сильнеешим образом затрудняющей и затемняющей существо дела. Элиминация континуума на фундаментальном уровне ($\sim l_0$) приводит к исчезновению поля, а вместе с исчезновением поля происходит разрушение всей полевой картины взаимодействия, построенной на механических моделях классической физики (лагранжианы, полевые уравнения и т.д.). По этой причине полевое уравнение Гейзенберга оказалось

неработоспособным, поскольку на этом уровне методы классической (макроскопической) физики непригодны. Как известно, антитезой концепции близкодействия является *концепция дальнодействия*. Холистическая парадигма требует введения концепции дальнодействия. В связи с этим возникает вопрос: каким образом может быть реализована концепция дальнодействия в рамках субстанциональной теории материи (спектра материи)? Поскольку состояния не фундаментальны, а имеют эмерджентный характер, определять между ними какие-либо механические модели взаимодействия не имеет смысла. Дальнодействие реализуется на уровне субстанции. Циклические векторы K -гильбертова пространства задают чистые сепарабельные состояния ω спектра материи, которые также образуют сепарабельные состояния, если их произведения образуют линейную выпуклую комбинацию, в противном случае образуется *несепарабельное* (запутанное) состояние, то есть исходные состояния взаимодействуют. Очевидно, что это взаимодействие не механического (силового) плана.

7. – Возможно, для описания квантового мира вообще не нужно пытаться пользоваться непрерывной математикой. Действительно, тогда нет надобности «соединять несоединимое», однако это значит, что общепризнанный дифференциально-интегральный аппарат квантовой теории поля непригоден. А что же взамен?

– В своей последней статье 1955 года Эйнштейн писал: «Можно убедительно доказать, что реальность вообще не может быть представлена непрерывным полем. Из квантовых явлений, по-видимому, следует, что конечная система с конечной энергией может полностью описываться конечным набором чисел (квантовых чисел). Это, кажется, нельзя совместить с теорией континуума и требует для описания реальности чисто алгебраической теории. Однако сейчас никто не знает, как найти основу для такой теории» [38. С. 873].

Вадим Валентинович, большое Вам спасибо за подробные ответы и интереснейшую беседу!

Вопросы задавала Анна Сидорова-Бирюкова

Литература

1. *Рейхенбах Г.* Философия пространства и времени. М.: Прогресс, 1985.
2. *Борисович Ю. Г., Близняков Н. М., Израилевич Я. А., Фоменко Т. Н.* Введение в топологию. М.: Высшая школа, 1980.
3. *Борхес Х. Л.* Время. Сочинения. Рига: Полярис, 1994. Т. 3. С. 302–310.
4. *Борхес Х. Л.* История вечности // Сочинения. Рига: Полярис, 1994, Т. 1. С. 161–178.
5. *Хайдеггер М.* Время и бытие // Разговор на проселочной дороге. М.: Высшая школа, 1991. С. 80-101.

6. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989.
7. *Синг Дж.* Беседы о теории относительности. М.: Мир, 1973.
8. *Борхес Х. Л.* Время и Дж. У. Данн // Сочинения. Рига: Полярис, 1994. Т. 2. С. 23–26.
9. *Рейхенбах Г.* Направление времени. М.: Мир, 1963.
10. *Cartan E.* Les groupes projectifs qui ne laissent invariante aucune multiplicité plane // Bull. Soc. math. France. 1913. Vol. 41. 53–96.
11. *Ван дер Варден Б.* Принцип запрета и спин // Теоретическая физика 20 века. М.: Изд. ин. лит., 1962. С. 231–284.
12. *Uhlenbeck G. E., Goudsmit S.* Spinning Electrons and the Structure of Spectra // Nature. 1926. Vol. 117. P. 264–265.
13. *Картан Э.* Теория спиноров. М.: Изд. ин. лит., 1947.
14. *Розенфельд Б. А.* Неевклидовы геометрии. М.: ГИТТЛ, 1955.
15. *Паули В.* Труды по квантовой теории. Т. 1. М.: Наука, 1975. С. 634–644.
16. *Румер Ю. Б.* Физика, XX век / авт.-сост. И.А. Крайнева [и др.]; отв. ред. А.Г. Марчук; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем информатики им. А.П. Ершова. Новосибирск: Изд-во «АРТА», 2013.
17. *Фок В. А.* Вмещаются ли химические свойства атомов в рамки чисто пространственных представлений? // Периодический закон и строение атома. М.: Атомиздат, 1971. С. 107–117.
18. *Pauli W.* Zur Quantenmechanik des magnetischen Elektronen // Z. f. Phys. 1927. Vol. 43. P. 601.
19. *Dirac P. A. M.* The Quantum Theory of the Electron // Proc. Roy. Soc. A. 1928. Vol. 117. P. 610–624.
20. *Варламов В. В.* Теоретико-групповое описание периодической системы элементов III.: 10-периодическое расширение // Математические структуры и моделирование. 2019. № 3 (51). С. 5–20.
21. *Varlamov V. V., Pavlova L. D., Babushkina O. S.* Group Theoretical Description of the Periodic System // Symmetry. 2022. Vol. 14. P. 137.
22. *Фет А. И.* Группа симметрии химических элементов. Новосибирск: Наука, 2010.
23. *Thomas L. H.* The Kinematics of an Electron with an Axis // Phil. Mag. 1927. Vol. 17. P. 3.
24. *Паули В.* Принцип запрета, группа Лоренца, отражение пространства, времени и заряда // Нильс Бор и развитие физики. М.: Изд. ин. лит., 1958. С. 46–74.
25. *Varlamov V. V.* CPT Groups of Higher Spin Fields // Int. J. Theor. Phys. 2012. Vol. 51. P. 1453–1481.
26. *Varlamov V. V.* Spinor Structure and Internal Symmetries // Int. J. Theor. Phys. 2015. Vol. 54. P. 3533–3576.
27. *Румер Ю. Б., Фет А. И.* Теория унитарной симметрии. М.: Наука, 1970.
28. *Марков М. А.* О современной форме атомизма // Избранные труды: в 2 т. Т. 1: Квантовая теория поля, физика элементарных частиц, физика нейтрино, философские проблемы физики. М.: Наука, 2000. С. 408–438.
29. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1990.
30. *Варламов В. В.* О квантовании массы // Метафизика. 2023. № 1 (47). С. 115–134.
31. *Сахаров А. Д.* Существует ли элементарная длина? // Академик А.Д. Сахаров. Научные труды: сборник. М.: АОЗТ «Издательство ЦентрКом», 1995. С. 384–397.
32. *Хоссенфельдер С.* Уродливая Вселенная. М.: Эксмо, 2018.
33. *Гейзенберг В.* Философские взгляды Вольфганга Паули // Шаги за горизонт. М.: Прогресс, 1987. С. 283–289.
34. *Линдорф Д.* Юнг и Паули. М.: Клуб Касталия, 2013.

35. Юнг К. Г. Психология и алхимия. М.: Рефл-бук, 2003.
36. Паули В. Влияние архетипических представлений на формирование естественнонаучных теорий у Кеплера // Физические очерки. М.: Наука, 1975. С. 137–175.
37. Пайс А. Гении науки. М.: Институт компьютерных исследований, 2002.
38. Эйнштейн А. Релятивистская теория несимметричного поля // Собрание научных трудов. Т. 2: Работы по теории относительности 1921–1955. М.: Наука, 1966. С. 849–873.

ON THE UNION OF MATTER AND FORM: GROUP THEORETICAL APPROACH

V.V. Varlamov

*Siberian State Industrial University
42 building, Kirov St., Central district, Novokuznetsk,
Kemerovo region – Kuzbass, 654007 Russian Federation*

Abstract. What are space and time? What do elementary particles and elements of the periodic table have in common? These and other equally intriguing questions are discussed in this interview with Professor of Siberian State industrial University Vadim Varlamov.

Keywords: holism, reductionism, hylomorphism, spinors, elementary length, symmetries, long-range action