

Министерство образования и науки республики Казахстан
Карагандинский государственный университет
имени Е.А. Букетова

К.М. Арынгазин Э.К. Мусенова А.С. Кудусов

**МЕТОДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИДЕЙ
В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ**

Караганда
2018

УДК 530.1

ББК 22.31

А89

А89

**А89 Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Кудусов А.С.
Методы геометрических идей в теоретической физике:
2018. - 340 с.**

ISBN 978-601-204-460-7

В монографии на основе подробного анализа учебного материала теоретической физики, истории ее развития и научных исследований по применению геометрических идей в построении физических теорий, проделанных авторами, рассматриваются научно-методические проблемы изложения теоретической физики. Выясняются дидактические условия, формы и методы развития активности студентов в учебном процессе, показывается как можно построить физические теории, применяя геометрические идеи и демонстрируются примеры построения физических теорий и картин мира, полученные авторами.

Работа рассчитана на преподавателей, докторантов, магистрантов, студентов, и на лиц, занимающихся исследованием проблем вузовской дидактики, теоретической и математической физикой.

Рецензенты:

М.И. Рамазанов, д.ф.-м.н., профессор Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова

А.О. Саулебеков, д.ф.-м.н., профессор Казахстанского филиала МГУ им. М.В. Ломоносова

ISBN 978-601-2014-460-7

©Арынгазин К.М.

©Мусенова Э.К.

© Кудусов А.С., 2018

Введение

Казалось бы, что все основные принципы и законы классической теоретической физики, да и не только классической, но и других разделов теоретической физики давно установлены, она читается во всем мире в тысячах учебных заведений уже много лет, и им пора бы превратиться в стандартную последовательность известных фактов и теорий. Однако даже математики считают, что и их науке надо учить по-другому, а о теоретической физике тем более. Последняя развивается настолько интенсивно и бурно, и ее можно сравнить с развитием физики начала XX века, когда произошли великие открытия теории относительности и квантовой механики. В такой ситуации даже лучшие педагоги все время сталкиваются с непреодолимыми трудностями, когда им надо рассказывать студентам о современной физике. Им приходится ломать привычные представления, старые понятия и многие другие устоявшиеся вещи, приобретенные в школе. Поэтому многим педагогам в вузе приходится убеждать студентов в ложности того, что было ранее внушено им как неприложенная и очевидная истина. В теоретической физике сначала доказываем, что механика Ньютона точная, потом узнаем, что существуют другие механики (Лагранжа, Гамильтона, Эйнштейна, Квантовая механика и др.), которые более точнее ее. Таким путем входят студенты в мир идей и теорий и в теоретическую физику, выдвигая новые идеи.

В предисловии к русскому изданию Фейнмановских лекций Я. Смородинский пишет: «Что бы ни говорили об этих лекциях - восторгались стилем изложения или сокрушались по поводу ломки старых традиций, - одно остается бесспорным: надо начинать педагогические опыты. Наверное, не все согласятся с манерой автора излагать те или иные вопросы, не все согласятся с оценкой целей и перспектив современной физики. Но это послужит стимулом к появлению новых книг, в которых получают отражение другие взгляды. Это и есть эксперимент» [1].

Например, лекция, построенная на высокой научно-

методической основе, никогда не тратит время на объяснение того, что итак известно, наоборот, она, ставя проблемы перед слушателями, возбуждает у них интерес к предмету. Например, Фейнмановские диаграммы, являясь плодами лекций, прочитанных когда-то автором для наглядности, впоследствии стали одними из фундаментальных методов изложения теоретической физики и даже методом ее исследования.

В связи с вышеизложенными, нами сделана попытка применить новые методы построения и изложения теоретической физики, применяя истории диалектической логики и геометрические идеи. Данное исследование в этом плане является пионерской работой в методике преподавания теоретической физики в высшей школе. Кроме того, оно является не только педагогическим, но и теоретическим физическим исследованием.

Удивительно прискорбное пренебрежение к вопросам методики изложения науки и педагогике активизации мыслительной деятельности студентов привело к тому, что фактически на сегодня невозможно отыскать ни одной фундаментальной работы по методике теоретической физики. Наш многолетний опыт и исследование показывают, что можно избавиться от этих недостатков, сделать теоретическую физику наглядной, интересной, понятной и компактно-единой, мощным математическим аппаратом, если предложит методы геометрических идей.

Методы геометрических идей – это только один из возможных приемов и методов построения и изложения теоретической физики. Они выступают как «геометризация физики» (Эйнштейн [3], Фейнман [1], Риман [4], Арнольд [112], Рудой [111] и др.), как один из способов наглядного представления объектов и процесса (Бор [55], Борн [74], Фок [65] и др.), описания природы (Дирак [57,62], Гейзенберг [79], Шредингер [59] и др.), расширения (Калуца [25], Клейн [26], Пенроуз [81] и др.) и т.д. используя эти методы как модель, можно найти ключ для понимания и исследования большого класса явлений, таких, как квантовая теория поля, фундаментальные взаимодействия, супергравитация,

суперструны, черные дыры и т.п. Анализируя геометрии пространств-времени как таблицу Менделеева, можно будет, по-видимому, найти настоящие структуры материи, пространств-времени и новые свойства физического объекта (темная материя, темная энергия).

Понимая всю условленность деления теоретической физики на математику и физику, учитывая их взаимосвязь и взаимопроникновение, мы предлагаем, что необходимо выделение геометрических идей и методов их применения в теоретической физике как особый предмет педагогического исследования и как новое предметное поле науки. Дело не только в том, что все законы и теории физики построены исключительно на геометрических идеях и стали мощным методом развития этих теорий, а в том, что геометрические идеи также становятся методами педагогического и математического мышления, источником развития познавательной активности студентов и демонстрации наглядности сложных процессов в разделах теоретической физики и также могут стать главными анализаторами предмета и катализаторами новых идей в педагогическом мышлении. Это позволяет рассматривать их как особый предмет изучения. В методическом плане весьма актуальной является проблема дифференциации и интеграции разделов теоретической физики. Воспользовавшись этими новыми методами думается можно решить и эту проблему.

Общей теоретико-методологической базой для подготовки данной работы явились труды выдающихся физиков-теоретиков, применявших геометрии и геометрические идеи для решения проблемы теоретической физики. Это прежде всего работы Эйнштейна [3], показавшего присущую человеку способность действием взламывать твердыню классической физики, это работы Римана [4], Дирака [62, 78], Гейзенберга [79], Шредингера [59], Фока [65], Планка [78], Ландау [53], Борна [74], Минковского [21], Янга-Миллса [23] и др. Также работы современных физиков Салама, Вайнберга, Глэшоу, Весса, Зумино, Фаддеева, Попова, Грина, Шварца и др., сделавших выдающиеся открытия в теоретической физике

методами геометрических идей. Благодаря геометрии и ее разделу теории калибровочных полей, были созданы теории электрослабых и великих объединений. Сейчас методом геометрии делается попытка объединить всех четырех фундаментальных взаимодействий.

Влияние на разработку проблемы оказали также работы Гельфанда [90], Огневецкого [29], Славнова [89], Волкова [30] и других, и труды зарубежных авторов Прасада, Феррары, Гримма, Дрэгона, Гэйтса, Ширка, Арнольда, Рудой и др. В своих работах они показали неисчерпаемость геометрических идей, их могущество и универсальность.

Влияние оказали и Фейнмановские лекции по физике своей оригинальностью, стилем, манерой изложения, ломкой старых и добрых традиций. Эта работа является серьезным исследованием в плане построения курсов и наглядности. И, наконец, курс теоретической физики Ландау и Лившица [53], отличающийся от других курсов своей математической строгостью, глубиной содержания и методом изложения. Правда, все эти курсы изложены строго по логическому развитию физических понятий, законов и их применения на практике. Они имеют большую ценность в раскрытии физического смысла каждой величины, каждого уравнения, каждого явления, процессов, законов и практического применения их.

Конкретной же теоретико-методической базой для данной работы явился так же многолетний наш опыт работы на физико-техническом факультете Карагандинского государственного университета. Суть этого научного направления (геометрические идеи и методы в теоретической физике), куда уходят и генетические корни данного исследования, заключается в целенаправленном изучении основ построения и изучения теоретической физики и роли геометрии в этом процессе.

:

1. Геометрические аспекты в построении и развитии теоретической физики

Геометрия определяется как изучение пространственных отношений и форм и их обобщения. И она, когда применяется в физике, предстает как некоторый принцип, в котором изучаются законы распределения и динамики физико-геометрических объектов и действует как метод расчета, вычисления и построения геометрических моделей и образов физического объекта. Под физико-геометрическим объектом понимают линию, поверхность, объем и многомерие, в которых распределяются динамические состояния физической энергии и им можно пользоваться только в случае, когда можно пренебречь для данных явлений и процессов размерами и разбросами неоднородностей.

Что касается геометрических аспектов изучения теоретической физики, то это точка зрения, с которой рассматриваются физические явления и их перспективы изменения и развития, возможности построения и изложения, которые завершаются установлением некоторых принципов (принципов действия, например принципов Ферми, Мопертюи, Даламбера, Якоби, Гамильтона, Планка, Паули, относительности и т.д.). Это есть геометризация физики. Она представляет комплекс исследований по сбору, систематизации, математической обработке, построению и графическому изображению данных о структурах и качественных особенностях физических объектах физические интерпретации.

«Математические задачи часто внушаются природой или, вернее, нашей интерпретацией природы, физическими науками. Решение математической задачи также может внушаться природой; физики обеспечивают нас ключами, которыми, будучи представлены самим себе, мы имели бы очень мало шансов себя обеспечить. Наша картина была бы слишком узкой, если бы мы не рассмотрели математические задачи, подсказанные физическим исследованием и решенные с помощью физической интерпретации» пишет Д. Поля [4]. И сотрудничество физиков и математиков, столь традиционное,

как и трудности взаимного понимания, получили в последние годы новый импульс в лице геометрических идей применяемых физическим теориям.

Это сотрудничество должно стать достоянием и нормой и для студентов-физиков, которые должны осуществляться в преподавательской и научно-исследовательской деятельности ученого педагога в вузе.

Потом, преподавание и исследование – рациональное и нерациональное как в диалектике борьба противоположностей, в физике дуализм предполагает спор, конкуренцию подходов и дополнения. В этом плане, предлагаемая работа является ответом на этот тезис. Мы должны готовить людей не постоянного знания и исполнителей, а людей, готовых к постоянной смене ситуации, не к обоснованию уже известного, а к прорыву в неизвестное, активных людей, способных прокладывать путь в будущее. То есть людей творчества.

Творчество ведь есть пересмотр устаревших образцов, стандартов, привычных способов действий, их замена новыми, прогрессивными, означающими рост возможностей идей и теорий в целом. Следовательно, обучение, преподавание и исследование есть великий труд и творчество преподавателя-ученого, которое должно соответствовать этим требованиям, быть опережающим, революционным и эвристическим. Как мы отметили пора экспериментов давно наступила.

Цель экспериментов – найти наиболее эффективные способы обучения и исследования, которые позволили бы доступно и быстро передать студентам все тот запас знаний, который накоплен наукой и те открытия, которые сделаны и видение и предсказание проблем стоящих перед наукой и предметом.

Поиски новых путей в преподавании и исследовании всегда были важной частью науки и сложной проблемой. Преподавание, следуя развитию науки и в некоторых моментах опережая ее, должно непрерывно менять формы, ломать традиции, искать новые методы. Здесь важную роль играет то обстоятельство, что в науке все время происходит удивительный процесс своеобразного упрощения, который позволяет просто и кратко изложить то, что когда-то

требовало много лет работы. Умение отобрать нужное, необходимое для практики и будущей теории – это есть настоящее творчество педагога-ученого.

Известно, что смысл науки это ускорить процесс, сделать все необходимое за короткое время, меньшими затратами, эффективно и наглядно. Если новыми методами способствуешь прогрессу, экономишь время, ускоряешь процесс усвоения предмета, активизируешь познавательную и творческую деятельность обучаемых, то как можно считать методику преподавания предмета не наукой.

Современное построение лекции должно быть таким, чтобы не тратить время на то что и так известно. Зато надо увлеченно рассказывать о достигнутых успехах и познании мира, о том, какие проблемы наука решает сегодня и будет решать завтра, что способствовало развитию данной науки и раскрыть основу, способствующую этому развитию. Лекцию надо читать с подпиткой новыми идеями. Этим и отличаются предложенные нами новые методы и приемы построения и изложения теоретической физики.

1.1 Исторический обзор становления теоретической физики и обоснование необходимости пересмотра методов ее построения

Известно, что теоретическая физика начала выделяться из физики в конце XIX века. Больцман считал, деление физики на теоретическую и экспериментальную временным явлением. Однако усложнение задач физических исследований, особенно в последнее время, в связи с открытиями множества элементарных частиц, неизвестных в физике явлений, черных дыр, темной материи и энергии и т.д. и рождением новых геометрических пространств, понятий и математических преобразований (симметрии, суперсимметрии, супергравитации, суперструн, супермембран и спонтанных их нарушений и т.д.) и возросшая роль теоретических обобщений их, привели не к свертыванию, а наоборот к развитию теоретической физики на новой основе. Теоретическая физика родилась не в один день. Она берет свое начало с Востока и Египта [5,6,7,8]. Однако родиной рождения теоретической науки является Греция, ее выдающиеся сыны Фалес, Пифагор, Демокрит, Платон, Аристотель, Архимед, Евклид, Птоломей и др. Демокрит говорил: «Найти одно научное доказательство для меня значит больше, чем овладеть всем персидским царством» [9]. «Мир, - утверждал Гераклит, - единый из всего, не создан никем из богов и никем из людей, а был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим...». И на первом этапе возникновения науки были поставлены вопросы о строении и происхождении мира, о причинах движения, о роли количественных отношений в природе, и тем самым отвечая на эти вопросы, они положили начало теоретическому анализу, рождению теоретической физики.

Крестным отцом физической науки был Аристотель. Название его книги, посвященной исследованию природы «физика», стало названием физической науки. Он писал: «... мы тогда уверены в познании всякой вещи, когда узнаем ее первые причины, первые начала и различаем ее вплоть до элементов». Это актуально и сегодня. Аристотель писал: «...для того чтобы вещь стала реальностью, она должна

получить форму, которая превращает возможность в действительность. Всякая вещь есть единство материи и формы, в природе происходят постоянные переходы материи в формы, формы в материи... » [10]. Таким образом естествознанию предстояло пройти длительный путь поисков и борьбы, чтобы прийти к современному миропониманию, раскрытию взаимосвязи материи и формы.

Выдающуюся роль в формировании научной теории сыграла древняя атомистика. Если атомистика Аристотеля была чисто геометрическими образами, она характеризуется только формой и объемом, то у Эпикура, Лукреция атомы обладали весом, плотностью, внутренней способностью к самопроизвольным отклонениям от прямолинейного движения, тем самым и атомы и геометрия становятся объединенным объектом физического исследования. В развитии физики особо важную роль сыграли Евклид и Архимед. Если Евклид заложил основу геометрии, то Архимед является основоположником математической физики и интегрального исчисления.

Математические методы для решения вычислительных задач были предложены выдающимися мыслителями средневекового Востока аль-Фараби, аль-Хорезми, аль-Бируни, Улукбеком и др. и египтянами Алзасеном и др. Анализируя науку того времени, Леонардо да Винчи писал: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук. ...Механика есть рай математических наук, посредством нее достигают математического плода» [11]. Леонардо да Винчи был предшественником Галилея, Декарта, Кеплера, Ньютона и др. основателей современной теоретической физики, который глубоко понимал роль математических наук.

Следующей предпосылкой построения теоретической механики была теория Кеплера, которая стала научной программой для математизации естествознания и теории Бручо, который предполагал о существовании бесконечного поля и непрерывного пространства, которое охватывает все и проникает во все.

Занимаясь идеями числовых соотношений между орбитами планет после Коперника, великий Кеплер пришел к

геометрической схеме, с помощью которой доказал, что легко можно определить расстояние и время обращения планет, форму орбит и скорость вращения (Это было геометрической теорией). Галилей, защищая систему Коперника и продолжая идею Кеплера, устанавливает принцип относительности, как геометрический метод описания физической природы. Декарт писал: «Те длинные цепи выводов, сплошь легких, простых, которыми пользуются геометры, чтобы дойти до своих наиболее трудных доказательств, дали мне повод представить себе, что и все вещи, которые могут стать предметом знания людей, находятся между собой в такой же последовательности...» [12]. Согласно Декарту, применяя метод геометров можно добиться в изучении природы огромных успехов. Для этого метода нет недостижимых истин, «столь сокровенных, чтобы нельзя было их раскрыть». Он особенно ценил Галилея за то, что тот «старается изучить вопросы с помощью математического рассуждения». Декарту принадлежат многие открытия, которые стали предпосылкой к построению теоретической физики. Например, он ввел в математику переменные величины, установил соответствие между геометрическими образами и алгебраическими уравнениями, положил начало аналитической геометрии.

Однако началом создания теоретической физики были знаменитые «Математические начала натуральной философии» Ньютона [13]. Система мира, предложенная Ньютоном, получила динамическое обоснование и стала прочной научной теорией. Законы Ньютона завершили труды Галилея, Декарта, Гюйгенса [14] и других ученых по созданию классической механики и вместе с тем создали прочную основу для ее развития.

Ньютон и Лейбниц заложили основу для создания дифференциального и интегрального исчисления, и в «Началах» Ньютон пользуется геометрическим методом для доказательства своих законов.

Таким образом, теоретическая физика – сугубо математическая дисциплина, построенная на сложном математическом аппарате. Начало было положено Галилеем, Декартом, а завершено Ньютоном и Лейбницем, выдающимися

физиками XVII века.

Выдающимся событием XVII века было также открытие закона всемирного тяготения Ньютона. Обычно говорят, что Ньютон открыл этот закон, наблюдая за падением яблока. Однако думается, что не яблоко было поводом столь выдающегося открытия, а знание Ньютоном картины мира Гука, который писал, что «все небесные тела имеют притяжение, или силу тяготения к своему центру». Ньютон пишет «...освещение, создаваемое точечным источником, убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника, так и действие силового центра, распространяясь на все большую и большую поверхность, ослабляет обратно пропорционально квадрату расстояния от центра». Выходит эту гипотезу первоначально подсказала Ньютону геометрия. Поэтому, размышляя о движении Луны, Ньютон сделал, по-видимому, свое знаменитое предположение, сказав, что «тяготение к отдельным разным частицам тел, обратно пропорционально квадратам расстояний мест до частиц».

В рождении и развитии теоретической физики выдающуюся роль сыграли труды Эйлера, Даламбера и Лагранжа. Заслуга Эйлера в том, что он вводит принцип наименьшего действия и, вместо Ньютоновского графического метода предлагает аналитический метод, то есть метод аналитической и дифференциальной геометрии. Даламбер на своих трех принципах (силы инерции, сложения движений и равновесия) предлагал свою «Динамику», а Лагранж, обогатив механику Ньютона принципами Эйлера и Даламбера, построил законченную систему аналитической механики. Его знаменитые уравнения приобрели огромное значение, далеко выходящее за пределы механики. Они и сейчас применяются во всех разделах теоретической физики. Таким образом, Лагранж создал один из мощных методов теоретической физики, метод лагранжевых функции.

Гамильтон, оценивая вклад, внесенный Лагранжем в развитие механики после Галилея и Ньютона, писал: «Из числа последователей этих блестящих ученых Лагранж, пожалуй, больше, чем какой-либо из других аналитиков, сделал для того,

чтобы решить и придать стойкость подобным дедуктивным исследованиям, доказав, что самые разнообразные следствия, относящиеся к движению системы тел, могут быть выделены из одной основной формулы. При этом красота метода настолько соответствует достоинству результата, что это великая работа превращается в своего рода математическую поэму».

Таким образом, трудами Эйлера, Даламбера, Лагранжа и Гамильтона и других математиков и механиков XVIII века сформировалась та отрасль физики, которая получила название классической теоретической механики, и она выделилась из общей физики, тесно связанная более с математикой, чем физикой. Существенный вклад в ее развитие внесли и русские ученые Остроградский, Чебышев, Ляпунов и др. и европейцы Пуассон, Корнелиус, Гаусс, Якоби и другие.

Следующим этапом развития классической механики было создание механики Гамильтона. Гамильтон вводя функцию действия S , которая определяется интегрированием функции Лагранжа в интервале времени, и, применяя свою знаменитую систему канонических уравнений, построил новую механику частных производных первого порядка, второй степени.

Анализ показывает, что разнообразие механики Ньютона, Лагранжа и Гамильтона обусловлено не только состоянием и свойствами материального объекта, но и формами движения и является заслугой геометрии и геометрических идей, которые описываются их законами. Механика Ньютона – это рассмотрение движения механической системы в евклидовом пространстве, описываемом евклидовой геометрией, механика Лагранжа в конфигурационном, а механика Гамильтона в фазовом пространствах соответствующими геометриями, свойства которых отличаются друг от друга. Богатства этих механик это богатства геометрии и геометрических идей.

Нельзя обойти заслуги создателей теории оптики, колебаний и волновых процессов. Например, Френель, воскрешая забытый принцип Гюйгенса, писал, что: «Наиболее естественная гипотеза состоит в том, что молекулы тела, приведенные в колебания падающим светом, становятся центром испускания новых волн», и, дополняя его принципом

интерференции, превращает этот геометрический принцип в физический и объединяет их в единую теорию волн. Это было крупным событием в теоретической физике, так как она впоследствии стала основой многих современных теорий.

Если открытие Эрстеда объединило электричество и магнетизм, а Ампер со своими ежедневными открытиями заложил начала электродинамики, то Фарадей со своей электромагнитной индукцией, установлением связи между светом и электромагнетизмом и введением понятия поля, предвосхитил теоретическую основу особого раздела теоретической физики, электродинамики. С Фарадеем в физику наряду с частицами вещества, таким образом, вошла новая форма материи – *поле*, излучаемое и поглощаемое частицами и распространяющееся в пространстве с конечной скоростью. Правда, до этих понятий еще было далеко. Математически эта идея была разработана гениальным преемником Фарадея великим Максвеллом [15]. Благодаря ему электромагнитные процессы все глубже проникали в науку, и наступила эпоха электромагнитной картины мира, сменившей механическую.

«Я старался, - писал Максвелл, - представить математические идеи в наглядной форме, пользуясь системами линий и поверхностей, а не употребляя только символы, которые и не особенно пригодны для изложения взглядов Фарадея и не вполне соответствуют природе объясняемых явлений».

«Электромагнитное поле – это та часть пространства, которая содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом или магнитном состоянии» [16], - писал Максвелл.

Однако теория Максвелла не пользовалась полной поддержкой большинства ведущих физиков, особенно его близкое действие. Действительно, теория электромагнитного поля, поднимая наше знание на более высокий уровень, как бы уводил нас дальше от обычных чувственных представлений, от привычных понятий, вводя неясную, не осязаемую непосредственно нами концепцию поля. Аристотелевский тезис, познания идей к «более явному по природе, но менее явному

для нас» подтверждается сполна.. Не было бы поля, не было бы, ни одной современной теории.

В победе теории Максвелла большую роль сыграли опыты и теории Герца, Столетова, Лебедева, Попова и других. И она, то есть, теория Максвелла, выдвинула перед физикой, особенно перед теоретической физикой, ряд острых и сложных задач, решение которых привело к новому революционному этапу развития физики.

Максвелл указал на принципиальную возможность экспериментального определения движения Земли относительно эфира (особой среды распространения электромагнитного поля, он существует). И опыт Майкельсона по определению скорости Земли относительно эфира дал отрицательный результат. Это был конец XIX века, и события разворачивались стремительно. В статье «Относительное движение Земли и эфира» Лоренц [17] для согласования теории с опытом предлагает свою знаменитую формулу сокращения длины, Пуанкаре [18] доказывает, что преобразования Лоренца образуют группу, и находит формулу преобразований напряженностей электрического и магнитного полей, плотности заряда, плотности тока и по существу получает четырехмерную релятивистскую электродинамику. Но, ни Лоренц, ни Лармор, ни Пуанкаре до понимания принципа относительности как всеобщего закона природы, не дошли. Глубокое понимание принципа относительности и выработка в связи с этим представлений о пространстве и времени, о постоянстве и предельности скорости света принадлежит Эйнштейну, который и является подлинным создателем теории относительности.

Теория относительности является чисто геометрической теорией, преобразовавшей коренным образом саму геометрию пространства. В математике и в физике было много моментов, когда наука сомневалась об истинности «вечных» положений и противопоставляла им новые, коренным образом отличающиеся от них положения. Так было и с геометрией в связи с этой и многими другими открытиями.

Кант считал, аксиомы геометрии Евклида врожденными, а гениальный Лобачевский пришел к смелому выводу, что взамен

пятого постулата можно выдвинуть другой, противоположный ему, и, тем не менее, создать логически непротиворечивую геометрию, отличающуюся от евклидовой. Это была новая, неевклидова геометрия, столь же истинная, как и евклидова хотя описывающая совершенно новое, неевклидово пространство.

Вопрос о том, какая же геометрия более соответствует действительности, как полагал Лобачевский, может быть решен только опытом. Это означало, что геометрические истины не являются врожденными, а приобретаются опытом. Это было очень важным шагом в развитии представлений о пространстве, в развитии самого научного мышления. Лобачевский был в этом плане Колумбом в геометрии.

Выдающийся геометр Риман писал: «... предложения геометрии не выводятся из общих свойств, протяженных величин и что, напротив не свойства, которые выделяют пространство из других, мыслимых трижды протяженных величин, могут быть подчеркнуты не иначе как из опыта» [19, 20]. Лучшего опыта для геометрии в природе кроме физики нет. Это прекрасно продемонстрировал великий Эйнштейн. Он далеко выходит за рамки электродинамики и выдвигает новый подход к проблеме пространства и времени и геометрии вообще, свою знаменитую механику, которая получила название теории относительности, хотя это понятие больше относится к геометрии, чем физике. Физика не может быть относительной. Эйнштейн не остановился на этом, он идет дальше.

В заметке к журналу «Annalender Physik» он писал: «Зависит инерция тела от содержания в нем энергии» и приходит к выводу, что при испускании телом энергии его масса уменьшается. Результатом этой мысли стало знаменитое соотношение между массой и энергией $E = mc^2$.

Эйнштейн ставил вопрос о возможности применения принципа относительности на системы, движущиеся друг относительно друга с ускорением. Так впервые появился знаменитый «принцип эквивалентности» Эйнштейна, согласно которому «мы будем предполагать полную физическую равноценность гравитационного поля и соответствующего ускорения системы отсчета». Отсюда появилась знаменитая

Эйнштейновская общая теория относительности.

В это время появилась статья Минковского «Пространство и время» [21], где излагалась геометрическая интерпретация преобразования Лоренца. Он писал, что «Отныне пространство само по себе и время само по себе, низведется до роли теней, и лишь некоторый вид соединения обоих, должен еще сохранить самостоятельность». Таким образом, появился четырехмерный мир, особая геометрия, воображаемая, но глубоко физическая и наглядная. Минковский дальше пишет: «Весь мир представляется разложенным на такие мировые линии, им не хотелось бы сразу отметить, что, по моему мнению, физические законы могли бы найти свое наисовершеннейшее выражение, как взаимоотношения между этими мировыми линиями». Таким образом, пространство Минковского стало фундаментом не только теории относительности, но и всей современной теоретической физики.

В это время происходили крупные открытия. Рентгеном – «X-лучи», Беккерелем – радиоактивность, Д. Томсоном – электрон, Кюри – радий, Резерфордом – модель атома, α -, β -, γ -лучи, Планком – квант, Эйнштейном – фотоэффект, Бором – орбиты атома и т.д. Этот период был настоящим триумфом выдающихся открытий и фантастических идей. Это было концом XIX-го началом XX века, и теоретическая физика благодаря этим идеям стала выделяться как отдельная область физики, а геометрия ее идейным фундаментом и ее неотъемлемой частью.

20-ые годы XX века были еще одним триумфом построения теорий, рождением новой, квантовой механики. Л. де Бройль, перенося дуализм (частицы и волны) в теории света на частицы материи, выдвигает смелую гипотезу о том, что и частица обладает волновыми свойствами. Он указывает, что его новая механика относится к прежней механике, классической к релятивистской так же, как волновая оптика относится к геометрической [22] и тем самым объединяя динамику с оптикой, он геометрический принцип переводит в физический. И эта гипотеза де Бройля стала основой Шредингеровской волновой квантовой картины мира.

Построенная Гейзенбергом механика есть только разнообразие единого геометрического принципа. Далее Дирак, вводя в квантовые картины Шредингера и Гейзенберга внутреннюю структуру геометрического объекта - спинор и обогатив геометрию пространственно-временных многообразий внутренней симметрией, построил релятивистскую квантовую механику. Так рождается новая механика Дирака, которая описывает движения массовых заряженных частиц с полусцелым спином – электронов и позитронов. Геометрические методы построения этих теорий будут рассмотрены в других главах работы.

Рождение квантовой механики и развитие классической электродинамики Максвелла-Лоренца поставили вопрос о необходимости построения квантовой механики электродинамики. Электромагнитное поле представляет собой систему с бесконечным числом степеней свободы. В этом отличие ее от квантовой механики дискретных систем с конечным числом степеней свободы. Следовательно, методы квантования, примененные для последней, не годятся для электромагнитного поля. И здесь найден выход с помощью применения геометрических идей. Для этого были использованы два варианта. Первый, разбиение пространство в периодические ячейки с конечным числом степеней свободы, и второй, в переходе от координатного представления, к импульсному, в котором условие периодичности приводит к дискретизации значений импульса и представляет возможность применять стандартную процедуру квантования для электромагнитного поля. Так была построена квантово-полевая картина мира.

Анализ этих рассмотренных картин показывает, что возможны два варианта описания процесса с применением геометрических идей; это метод Лагранжа и Гамильтона и второй, принципы симметрии. Первый метод, оказавший добрую услугу в построении классической механики, в квантовой теории поля, расцвел новыми гранями и стал аппаратом описания сильных взаимодействий, то есть аппаратом квантовой хромодинамики. Второй метод –

принципы симметрии был положен в основу создания как квантовой хромодинамики, так и единых теорий взаимодействия элементарных частиц. Более того, большинство крупных достижений теоретической физики связаны именно с теорией симметрии. Например, с помощью принципов симметрии объяснили фазовые переходы второго рода, сверхпроводимость, переходы магнетиков в ферромагнитное состояние и т.д.

Последние 35-40 лет второй метод получил еще более бурное развитие в теоретической физике в связи с возникновением острой потребности решения проблемы объединения всех фундаментальных взаимодействий (гравитационное, слабое, электромагнитное и сильное), о котором мечтал Эйнштейн. О неисчерпаемой возможности второго метода говорит то, что суперсимметрии обладают особым свойством при преобразовании перемешивать бозонные и фермионные поля, то есть объединяют пространственно-временные и внутренние степени свободы в одной группе симметрии, которые столь необходимы для решения проблемы великого объединения (последних трех) и не только их.

Идея возможности применения суперсимметрии для объединения всех взаимодействий возникла у теоретиков из-за того, что эти взаимодействия ведут себя как геометрические связности и сечения расслоенных пространств, суть которых есть теории калибровочных полей. Например, если электромагнитное взаимодействие рассматривать как взаимодействие между калибровочными частицами – фотонами и электрически заряженными частицами – электронами; слабое взаимодействие – как взаимодействие между калибровочными частицами – промежуточными бозонами и частицами – нейтрино и т.д. Однако по иронии судьбы гравитация – одна из самых известных и острых проблем в теоретической физике, вне этой теории.

Исследование калибровочных полей показало, что они имеют глубокие корни в физических явлениях, поскольку они совпадают с геометрическим понятием расслоенного пространства, которое было развито математиками совершенно независимо к физической реальности, но имеющие смысл

формы объекта в широком смысле слова. Примером может служить то, что благодаря этому методу, через калибровочную теорию Янга-Миллса [23], Вайнбергу, Глэшоу и Саламу [24] удалось построить объединенную теорию электромагнитного и слабого взаимодействий (электрослабого). На этой же основе недавно произошло объединение электрослабого и сильного взаимодействий, то есть построена теория великих объединений. На подходе находится завершение теории супергравитации (теория объединения всех фундаментальных взаимодействий). Таким образом, появляется еще одна более глубокая, новая картина мира – суперсимметричная супергравитация. Это, нам кажется, всего лишь первый этап более общей теории картины мира. Нас ожидают теории суперструн, супермембраны и др. И они могут совершить очередной поворот в теоретической физике, применением геометрических идей. Это история и некоторая последовательность рождения теоретической физики. Что касается рождения и построения разных разделов методом геометрических идей и принципов, будем рассматривать в следующих главах книги.

1.2 Методические особенности построения теоретической физики и применения геометрических идей

Методика физики, в частности теоретической физики опирается, с одной стороны, на педагогику, с другой, на те научные приемы, которые применяются в физике, то есть методологию физики. Общеизвестно, что перед методикой физики стоят в основном три задачи. Первая – что должно составить содержание теоретической физики как учебного предмета, вторая – в какой последовательности должен быть расположен учебный материал, третья – какие методы и приемы применяются для наиболее полного и глубокого изучения учебного материала теоретической физики.

«Методика физики,- писал крупный физик-методист И.И. Соколов,- должна разрешить три задачи: для чего учить, чему

учить и как учить? Другими словами, методика устанавливает цель обучения физике, содержание обучения, отбор материала, подлежащего изучению, и методы, при помощи которых ведется обучение». В связи с этим в работе детально рассматриваются проблемы связи теоретической физики – науки и теоретической физики – учебного предмета. Дается анализ существующим теориям, картинам мира и методам их построения и изложения. Это осуществляется через призму геометрических идей, так как такой подход содержательно отвечает всем трем вопросам. Во-первых, подход глубоко раскрывает сущность явлений, позволяет развить интерес к предмету и углубляет и расширяет знания. Во-вторых, в результате применения нового метода теоретическая физика становится интересной, понятной и стройной наукой в методологическом плане. В-третьих, подход является новым методом преподавания в теоретической физике.

Теоретическая физика, как показано в первом параграфе, почти является математической дисциплиной и имеет геометрическую основу построения. Отсюда она, как обладающая особым методом физического исследования, имеет свою специфику как учебный предмет и как наука. Кроме того, природа физических явлений настолько сложна и разнообразна, что требует обычно при построении столь длинных цепочек логических умозаключений, что в них вряд ли можно было бы продвинуться сколько-нибудь далеко, не прибегая к некоторым средствам, позволяющим формализовать и в какой-то степени автоматизировать процесс получения логических выводов. Таким средством, мы знаем, служит диалектика, логика и математика и ее особый раздел – геометрия, со своим оригинальным, тонким и наглядным математическим аппаратом.

Учитывая сложность физического объекта, надо отметить, что и геометрия вынуждена вводить искусственно конструируемые модели, которые получаются из природных объектов и, только абстрагировав от всех деталей, не существенных для рассматриваемого явления, сохранив только его, основные, определяющие черты, отвечающие строго

геометрическим аксиомам и принципам, нам кажется, можно построить физическую теорию. Так должны входить в теоретическую физику геометрические абстракции и понятия, так должны внедряться аналитические описания вместо реальных физических моделей, которые требуют конструкционного тождества с объектом.

Краткий анализ существующих учебников по теоретической физике показывает, что все они являются фундаментальными, глубоко научными и содержательными. Мы не собираемся, однако, анализировать каждый курс. Это очень сложный, трудный, а самое главное, не благодарный труд, и каждый учебник по-своему оригинален. В данной работе речь пойдет в основном о структуре построения и изложения предмета теоретической физики, о геометризации ее, как закономерности развития теоретической физики. Мы хотим рассмотреть ее как одну из тенденций в развитии физического знания, тенденцию, приводящую к необходимости структурных изменений в теоретической физике.

Надо было бы построить последовательную математическую теорию, отражающую изменение математического аппарата теоретической физики и показать всю физику в этой модели. Однако это очень трудная и непосильная, в такой работе, задача. Наша задача, как отметили выше, показать роль геометрических идей в теоретической физике.

Таким образом, основным тезисом концептуального обоснования развития теоретической физики, мы считаем, является геометризация ее, исходные понятия и принципы, которые геометризируются. Однако надо отметить, что исходными посылками физических теорий, сформулированных на языке геометрических идей, не заменяют объективную реальность, а только отражают ее. Также мы не предполагаем еще какой-либо антологической картины мира, отличной от той, которая рисуется нам самой физикой. Мы уточняем, расширяем, а самое главное, приводим в единую схему совокупность физических явлений на основе геометрических идей. Таким образом нуждается в самых разнообразных орудиях

исследования. Как и в любой деятельности человека, основным орудием физики является его разум. Далее, он нуждается в специальном языке для того, чтобы уяснить самому и объяснить другим, что он думает, что он сделал и что он еще хочет сделать. Математика, ее раздел геометрия, которые позволяют думать на особом, исключительно ясном и четком международном языке формул и величин, представляют особое, самое наинадежнейшее орудие физики.

Овладев этими двумя главными орудиями, то есть разумом и математикой, физик только затем может привлечь богатейшую совокупность других орудий исследования, приборов, машин и других, и затем только свою изобретательность. Следовательно, источником описания физических явлений является логический анализ тех способов, которыми мы устанавливаем соотношение между математической теорией и существующими в природе физическими объектами и явлениями.

Возникает вопрос, поступаем ли мы в своей научной и педагогической деятельности подобным образом, строим ли теоретическую физику по такой логике и как излагаются ее разделы. Ответ почти однозначен. Нет! Почти все наши добрые учебники и ежегодно читаемые лекции по теоретической физике начинаются с того, чтобы быстрее приступить к изложению самой физики и дать, главным образом, основные понятия, законы и применение их на практике. Это, на первый взгляд, покажется естественным. Однако такой подход является неверным по той причине, что эта «спешка» делает теоретическую физику описательной, эмпирической, сухой, неинтересной и оставляет не до конца раскрытой всю ее красоту.

Если физику можно сравнить с некоторым величественным зданием (по выражению Томсона), с фундаментом, подвальными сооружениями, пристройками, то, образно говоря, мы на лекциях показываем только видимую, надземную часть ее. Нетронутыми остаются фундамент и другие ее части. Эту нераскрытую часть, то есть фундамент здания и другие, составляют геометрия, физико-геометрические соотношения, идеи и мышления, без которых теоретическая физика суха.

Красоту физики можно увидеть только через них. Правда, ее надо чувственно-геометрически созерцать. А это является одним из определяющих моментов в педагогической деятельности человека.

Когда-то Кеплер писал, «Где материя – там геометрия». Перефразируя это и тезисы Эйнштейна о роли искривления пространства в теории относительности, можно утверждать, «где геометрия – там материя». Пространство-время указывает материи, как ей двигаться, а материя указывает пространству-времени, как ему искривляться. Геометрия мира явилась универсальным языком, адекватным универсальности физического взаимодействия. Думается, что со временем все универсальные характеристики физических объектов будут, очевидно, узнаны, как геометрия, и когда-нибудь основу объединения всех фундаментальных взаимодействий в будущем составит именно геометризация материального мира.

Сейчас физике стали присущи крайне широкое разветвление и одновременно с ним – глубокое развитие геометрических методов. Об этом говорит введение таких понятий, как суперпространства, суперсимметрии, супергравитации, калибровочные поля, суперструны, супермембраны, топологии, расслоения и т.д. И в результате появилось фундаментальное понятие – физическая структура. Последнее позволило установить единство в геометрических многообразиях физических явлений и методов, на первый взгляд, весьма отдаленных друг от друга. Созданы теории электрослабых взаимодействий и великих объединений, имеются серьезные попытки по объединению в единую теорию, всех четырех фундаментальных взаимодействий. Все это результаты глубокой перестройки взглядов на физические объекты и на их геометрию.

Предметом исследования теоретической физики стали не только строение ядра и элементарные частицы, но и черные дыры до Вселенной и ее расширение. Разделы теоретической физики стали представляться в виде моделей этих структур, то есть наукой о физических структурах, моделях и сама теоретическая физика стала составлять основу единства всех

разделов физики. Здесь необходимо отметить роль геометрии, которая дает богатый набор абстрактных структур, позволяющих экономно изучать и излагать самые разнообразные явления природы.

Теоретическая физика как предмет подлежит передаче новому поколению и не в той форме и объеме, которые накоплены предыдущим поколением, а в отборе, что требует пересмотра ее основ и содержаний, выделения главных направлений ее развития. Мы видим, как за последние десятилетия как отмирают понятия, законы, теоремы, принципы и даже некоторые разделы, потерявшие свое значение, и возникают новые идеи, методы, понятия, принципы и целые теории. Это естественно, значит, естественным должно быть и ее переосмысления.

Великий Томсон на Европейском конгрессе физиков в Лондоне, встречая новый век, говорил, что после выдающихся работ Ньютона и Максвелла в физике нечего делать, она исчерпала себя. Но правда, на небосклоне величественного здания физики остались два облачка, которые в скором времени рассеются. Однако известно, что из этих двух облачков грянула буря, которая снесла все на своем пути, все старые взгляды на мир и породила две прекрасные картины мира, теорию относительности и квантовую механику. И классическая физика стала всего лишь частным случаем этих теорий. Не будем удивляться, если сегодняшние теории супергравитации и суперструн когда-нибудь станут частными случаями более фундаментальных теорий.

Анализ современных теорий показывает, что в них есть что-то общее, присущее каждой теории, основа, фундамент, которые называются геометрией и геометрическими идеями. А это намекает на мысль о том, почему бы не брать их за каркас и на этой основе построить всю теоретическую физику и изложить ее на идеях геометрических образов, моделей и представлений. Нам кажется, это было бы естественнее, интереснее, и теоретическая физика стала бы более стройной, наглядной, это объединило бы все ее разделы в единое целое

Эйнштейн писал « ...Человек стремится каким-то

адекватным способом создать в себе простую и ясную картину мира, и это не только для того, чтобы преодолеть мир, в котором он живет, но и для того чтобы в известной мере попытаться заменить этот мир созданной им картиной. Этим занимаются художник, поэт, теоретизирующий философ и естествоиспытатель, каждый по-своему. На эту картину и ее оформление человек переносит центр тяжести своей духовной жизни, чтобы в ней обрести покой и уверенность, которые он не может найти в слишком тесном головокружительном круговороте собственной жизни» [3, С. 5-7]. Продолжая дальше, он пишет, «Какое место занимает картина мира физиков-теоретиков среди всех возможных таких картин?» Отвечая на свой же вопрос, он пишет «Благодаря использованию языка математики, эта картина удовлетворяет наиболее высоким требованиям в отношении строгости и точности выражения взаимозависимостей. Но зато физик вынужден сильнее ограничивать свой предмет, довольствуясь изображением наиболее простых, доступных нашему опыту явлений, тогда как все сложные явления не могут быть воссозданы человеческим умом с той точностью и последовательностью, которые необходимы физику-теоретику ...».

Отмечая заслуги старой физика и Ньютона, Эйнштейн говорил, что дифференциальный закон является той единственной формой причинного объяснения, которая может полностью удовлетворить современного физика. Если ясное понимание дифференциальности законов физики стало одним из величайших духовных достижений того времени, то, можно сказать, что сегодня таким выдающимся методом стал метод геометрических идей, без которого, кажется, не было бы современной теоретической физики. Столь категоричное утверждение подтверждаются выдающимися открытиями сегодняшних дней.

В этом плане кратко рассмотрим развитие геометрических теоретических схем и идей, обратив внимание на сотрудничество и соотношение между содержанием теории и практики, роль методов геометрических идей и

экспериментальных данных, то есть двух составляющих нашего познания: мышления и опыта. Из истории развития классической физики известно, что геометрия Евклида – «это чудо мысли», выводы которой с такой точностью вытекают один из другого, что ни один из них не был подвергнут какому-либо сомнению. И это творение мысли дало человеческому разуму великую классическую физику и вселило ту уверенность в себе, которая была необходимо для его последующей деятельности, писал Эйнштейн.

Однако логическое мышление само по себе не может дать никаких знаний о мире, все познание реального мира исходит из опыта и завершается им, подтверждая истину. Но при этом возникает естественный вопрос, а какова же роль человеческого разума в установлении этой истины. Размышляя по этому поводу и о геометрии мира, Эйнштейн писал «Если евклидову геометрию трактовать как учение о возможных взаиморасположениях тел, а следовательно, интерпретировать ее как физическую науку, то логическое сходство между геометрией и теоретической физикой оказывается полным».

Значит, мышление, в том числе геометрическое, позволяет строить систему, картину мира, а опыт является началом и концом всех наших знаний о действительности, и в единстве мышления и опыта рождается физическая теория. Только после этого нам видится, что полученные понятия и принципы, несводимые уже к другим, составляют основу физической теории.

Например, старой физике казалось, что с понятиями пространства и времени нет проблемы. Если в физике что-то происходит, то это связано с понятиями и законами и их взаимоотношениями. Считали, что основные понятия и принципы физики являются не творениями человеческого ума, а получены из опытов с помощью абстракций. Нет, это творение ума. По этому поводу Эйнштейн писал, что «Весь наш предшествующий опыт приводит к убеждению, что природа является осуществлением того, что математически проще всего себе представить. Я убежден, что чисто математическое построение позволяет найти те понятия и те закономерные связи

между ними, которые дают ключ к пониманию явлений природы. Пригодные математические понятия могут быть подсказаны опытом, но, ни в коем случае не могут быть выведены из него. Опыт остается, естественно, единственным критерием пригодности некоторого математического построения для физики. Таким образом, я в известном смысле считаю, оправданной мечту древних об овладении истиной путем чисто логического мышления». Подтверждением этой мысли Эйнштейна может служить вся история создания и развития теоретической физики.

Однако, на наш взгляд, изложение теоретической физики не отвечает этой логике. Математический аппарат, геометрические идеи, методы их применения и их физический смысл остаются нераскрытыми, в тени чистой физики. В результате такого подхода теоретическая физика теряет свою наглядность и теоретическую глубину, каждый раздел становится отдельной, не взаимосвязанной между собой дисциплиной. Вместо того, чтобы активизировать познавательную и мыслительную активность, возбуждать интерес к предмету у слушателей, она давит на них. Кроме того, сейчас в теоретической физике много не нужных понятий, опытов, экспериментальных фактов, которые давно стали историей создания физики. Например, даже такой опыт, как опыт Майкельсона, после введения понятия волнового поля, то есть поля источника и поля взаимодействия, стал мешать пониманию природы электромагнитных явлений и теории относительности. Да, опыт Майкельсона когда-то сыграл выдающуюся роль в отмене эфира, то есть в исправлении ошибки, но не в создании теории. Эйнштейн даже не знал о существовании такого опыта при создании теории относительности. Таких моментов в теоретической физике десятки даже сотни. Что касается структуры теоретической физики, то здесь полный хаос. Между ее отдельными разделами почти нет никакой логической связи, если их объединяет что-то, то это физический объект, больше ничего.

Рассмотрим такой отвлеченный пример. Представим, что мы изучаем каждый палец руки. Отдельно выясняем

назначения каждого пальца, описываем его, строим теорию для каждого пальца и думаем, что мы знаем все о каждом из них. Этого, оказывается не достаточно. О каждом пальце исчерпывающе можно узнать только тогда, когда мы будем знать все пальцы вместе как продолжение ладони, когда мы знаем всю руку в целом как часть человеческого тела. Аналогичная ситуация сложилась и с теоретической физикой. Анализ построения современной теоретической физики показывает, что она имеет следующую схему. Если физические объекты медленные, макроскопические, абсолютные, то для них, при определенных условиях, применимы теории Ньютона или Лагранжа, или Гамильтона. Если физические объекты быстрые, микроскопические, относительные и т.д., то теории относительности Эйнштейна. Таким образом, каждый раздел теоретической физики рассматривается только с точки зрения состояния физического объекта, а не как логическое единство физической реальности и ее геометрии.

Нам кажется, для того чтобы понять всю картину построения и формирования теоретической физики и увидеть их развитие как целое, необходимо ее строить и формировать так, чтобы она базировалась и возвышалась на основе некоторого всеобщего фундаментального подхода, который бы раскрывал сущность теоретической физики как единую систему мира. Таким фундаментом, как мы уже неоднократно отмечали, может служить предложенный нами метод геометрических идей (по обратному тезису Кеплера –«где геометрия - там материя»).

С помощью его можно схематически показать модель построения теоретической физики, следующим образом. Если медленные, макроскопические, абсолютные физические объекты характеризуются в евклидовом пространстве и подчиняются законам евклидовой геометрии, то мы получаем механику Ньютона. Красота и долговечность ньютоновской механики основывается на том, что базируется на красивой евклидовой, самой «простой» геометрии. Однако простота понятие относительное. Нам кажется, самой простой и красивой геометрией является геометрия суперструны. Если

рассматриваемые физические объекты будут двигаться в конфигурационном пространстве с его геометрией, то получим механику Лагранжа, а если в фазовом - механику Гамильтона. Такие объекты и такие движения, характеризуемые соответствующей механикой могут существовать только в соответствующих пространствах соответствующей геометрии. Они в других пространствах, другой геометрией не могут быть описаны.

Как только эти объекты перестанут быть таковыми, тут же изменятся их геометрии, «родятся» новые пространства и новые геометрии. Другой пример. Представим четырехмерный физический мир, для него применим риманову метрику и поставим вопрос о простейших законах, которым может удовлетворять такая метрика, то мы придем релятивистской теории гравитации для пустого пространства, то есть получим механику Эйнштейна. Если брать в этом пространстве поля антисимметричного тензора, выведенного из поля векторов, и опять ставить вопрос о законах, которым удовлетворит такое поле, то придем к уравнениям Максвелла для пустого пространства, то есть к электродинамике. Далее де Бройль и Шредингер предсказали о существовании волнового поля в гильбертовом пространстве и волновых уравнений для него и одновременно на базе атомной модели Бора Гейзенберг предложил идею о существовании матричных уравнений, которые тоже могут быть применены для объяснения дискретных, квантовых свойств микромира. И, в результате применения этих картин, то есть геометрических подходов, была построена квантовая механика для микромира. А Дирак, вводя дополнительно внутреннее свойство геометрическому пространству-времени - спиноры, создал релятивистскую квантовую механику и т.д. Можно было бы продолжать, однако ограничимся этими примерами.

Эйнштейн, рассматривая вопросы применения математического мышления в теоретической физике, писал, что: «Для рассматриваемого нами вопроса существенно, что все эти образы и их закономерные связи можно получить, следуя принципу отыскания математически наиболее простых

понятий и связей между ними. На органичности числа математически существующих простых видов полей и их уравнений основана надежда теоретиков постигнуть всю глубину истины».

Рассмотрим еще один аспект теоретической физики, сыгравший роль в ее построении. Это предложенные Калуцей-Клейном [25, 26] геометрические идеи, в которых объединение электричества и тяготения достигалось за счет того, что фундаментальная теория формировалась как геометрическая теория в пространстве с определенной размерностью, то есть появлением суперсимметрии в арсенале теоретической физики. В результате такого оригинального подхода был преодолен барьер между фермионами и бозонами, то есть материальными частицами и носителями фундаментальных взаимодействий, и установлена связь между локальной суперсимметрией и гравитацией.

Суперсимметрия была открыта в 1976 году Фридманом, Ньювенхайзенем и Феррарой, а также Дезером и Зумино. Она является обобщением глобальной суперсимметрии и представляет собой «корень квадратный из общей теории относительности» в той же мере, в какой уравнение Дирака есть корень квадратный из уравнения Клейн Гордана. Такой подход был возможным только благодаря геометрическим идеям. Появившаяся теория с самого начала развивалась в теоретико-полевым и геометрическом направлениях. Если в первом подходе были построены лагранжианы, обобщающие гравитационные лагранжианы и содержащие все физические частицы, то геометрический подход подобен общей теории относительности Эйнштейна, и он так же прост и красив, как ОТО.

Фундаментальные исследования геометрии супергравитации, выполненные Фаддеевым, Огиевецким, Сокочевым, Волковым, Сороке, Поповым [27,28,29,30], Зумино, Вессо, Шварцом, Маниным [31,32,33] и другими привели к тому, что для дальнейшего развития супергравитации необходимо построение нового математического аппарата геометрической квантовой теории.

Один из создателей теории электрослабого взаимодействия А.Салам пишет: «В техническом отношении стало ясно, что геометризация физики, начавшаяся с революционной Эйнштейновской идеи связать гравитацию с кривизной пространства-времени, не будет полной, пока не удастся построить супергравитационные теории, опираясь на геометрические величины (суперкривизну и суперкручение) в расширенном пространстве-времени – расширенным включением бозонов в случае компактифицированных теорий типа Калуцы-Клейна для целого спина и включением фермионов – в случае искривленного суперпространства. Две эти проблемы – физический смысл теорий супергравитации и геометризация динамики в терминах суперпространства – еще остаются на повестке дня» [33, С.87]. Продолжая эту мысль дальше, он пишет «Основные проблемы, которые стоят сейчас перед теорией, таковы: 1. Построение лагранжиановых расширенных теорий супергравитации немассовой оболочки (в том смысле, что супералгебра должна замыкаться без использования уравнений движения), 2. Объединение динамики и геометрии, которое, как мы надеемся, может быть достигнуто в рамках суперпространственной формулировки,...» [33, С. 101]. То есть на надежде союза геометрии и динамики.

Таким образом, можно констатировать, что реально существуют не только физические объекты, но и пространство вместе с ними, в котором они движутся. Мы знаем, что можем наблюдать только физические объекты, но нам кажется, идеалом физического объяснения, оперирующего понятиями, законами, принципами, сопоставимыми с наблюдаемыми, является картина движения объектов, то есть геометрия пространств. Отсюда полное отражение реальности в физике состоит в том, что мы прослеживаем движение. Любые разумные и неразумные, живые и даже неживые формы материи реагируют и познают мир только в движении, определяемом его геометрией. Поэтому, рассматривая все происходящие в природе явления можно узнать о них только через отношение между геометрией и физическим объектом,

придавая физический смысл даже самому простому числу измерений пространства, не говоря о геометрических аксиомах и правилах, фигурах, схемах, моделях и других количественных определенностях.

Эйнштейн рассказывает, какое впечатление на него произвело знакомство с евклидовой геометрией в детстве. Он писал, «В возрасте 12 лет я пережил еще одно чудо совсем другого рода: источником его была книжечка по евклидовой геометрии на плоскости, которая попала мне в руки в начале учебного года. Там были утверждения, например, о пересечении трех высот треугольника в одной точке, которые хотя и не были сами по себе очевидны, но могли быть доказаны с уверенностью, исключаяющей, как будто, всякие сомнения. Эта ясность и уверенность произвели на меня неопишное впечатление. ...Все же тому, кто испытывает это "чудо" в первый раз, кажется удивительным самый факт, что человек способен достигнуть такой степени надежности и чистоты в отвлеченном мышлении, какую нам впервые показали греки в геометрии» [3, С. 5-9].

Все это показывает, что в человеческом мышлении и научной мысли есть такой метод, как логически совершенная наука геометрия, и не воспользоваться этим даром природы было бы непростительной ошибкой. Часто думал Эйнштейн о том, почему СТО и ОТО не применимы для квантовых явлений. «Эта неудача, - сокрушался Эйнштейн на свою теорию, - связана, очевидно, с тем, что она до сих пор ничем не способствовала пониманию квантовых явлений. Чтобы понять эти явления, физики вынуждены принять совершенно новые методы» [3, С. 21].

Эта «неудача», с точки зрения геометрических идей, легко объяснима. Теория относительности получена для одного геометрического пространства, а микромир живет в другом пространстве, и у них разные геометрии. Вероятностный и дискретный характер микромира – это, нам кажется, не только свойство самого объекта, но и свойство пространства, где существует микромир, даже, может быть, он вытекает из свойств геометрии пространства. Если физический объект

(микромир) живет своим квантовым законом, то это не катастрофа теории относительности, это закономерность. Раз физические объекты требуют разнообразия форм их существования и движения, то есть разнообразия геометрии, то и геометрия требует от объекта ответного поведения. И в этом их единство.

Анализируя явления, происходящие в природе, приходишь к выводу, что физика всегда в определенных условиях выделяет только одну, из множеств геометрически допустимых симметрий, соответствующую ей. И это естественно, так как геометрия не допустит нарушения симметрии. Например, мир стал четырехмерным, благодаря постоянству скорости света. Если скорость света не была бы постоянной, то время не смогло бы стать четвертой координатой геометрии Минковского. А что касается квантовой механики, то благодаря постоянной Планка микромир стал дискретным, поля квантованными и такой объект может существовать только в пространстве векторов состояний. Постоянная скорости света и постоянная Планка являются числами, то есть математическими символами геометрической структуры, одно из которых образует конус, а другое - дискретный ряд множеств, которые делают мир симметричными.

Геометрия творит чудеса, благодаря ее и теории относительности, например, масса стала более геометрическим понятием, чем физическим, она искривляет пространства, сама стала зависимой величиной от скорости и подчиняться лоренцовым сокращениям и др. Следовательно, доступ к более глубоким принципиальным проблемам в теоретической физике требует тончайших геометрических методов. Если когда-то геометрия вошла в физику в качестве служанки, то сейчас она становится госпожой и правит миром физических объектов и явлениями.

Исходя из выше изложенного в последние десятки лет нами практикуется изложение теоретической физики методами геометрических идей на физико-техническом факультете Карагандинского государственного университета.

Предложенный нами метод не является единственным, могут существовать и другие методы, с помощью которых могут быть реализованы и другие приемы описания и изложения теоретической физики. Однако остается истиной и будет справедливым сказать, что развитие, расширение и увеличение числа таких методов, безусловно, будет полезным, каждая фаза их развития будет заключать в себе и традиционные и нетрадиционные, очищать теорию, предмет от неэффективных, ненужных, устаревших терминов, положений, традиций, методов, подходов. Любое новое, даже ошибочное, в какой-то степени дает эффект и приносит пользу в плане развития творческой активности студентов. «Первый опыт редко приносит полный успех. Новые идеи всегда находят в начале лишь немного сторонников и лишь постепенно становятся привычными», - пишет Я.Сморodinский в предисловии к Фейнмановским лекциям [1, С.7]. Описание есть познание его со стороны явления, а объяснение - познание со стороны сущности. «Несовпадение явления и сущности есть наука», - писал Гегель. Поэтому противопоставление новых подходов к старым, традиционным к нетрадиционным будет ненаучным приемом.

О методах и развитии науки в 1930 годы выдающийся генетик Д.И.Вавилов писал: «Глубокие переживания переживает ныне научная мысль. На наших глазах создаются новые дисциплины. Некоторые из научных областей как бы находятся в состоянии мутаций - взрыва научного творчества... Учебники стареют, не успев выйти в свет. В таких ситуациях поиски новых методов анализа были бы великим делом» [34].

Таким образом, размышляя над проблемой развития теоретической физики, приходишь к выводу о том, что математика, особенно ее раздел геометрия, сыграла выдающуюся роль как средство нахождения строго логическим путем новых физических законов, и что она делает не только более строгим ход рассуждений, но указывает направление экспериментальных поисков. Начиная с Максвелла, геометрия имела для физика несравненно более глубокое значение. Из подсобного орудия для количественного расчета и

формулировок она превратилась в эвристический метод, позволяющий теоретику предвосхищать опыт, указывать принципиально новые опытные факты. Ключом к построению системы законов служит движение мысли от явлений к сущности, от сущности менее глубокого порядка к сущности более глубокого порядка. Таким образом, лишенный в мире новых масштабов, конкретных образов и моделей, физик нашел в геометрии безгранично веский метод для создания новой теории. Словами С.И.Вавилова можно резюмировать: «... физика может развиваться непрерывно, опираясь на опыт и математическое мышление».

1.2.1 Классическая механика

Теоретическая физика начинается с механики Ньютона. Нельзя сказать, что она родилась с рождением законов Ньютона, нет. И механика Ньютона имела дело с достаточно развитой структурой теоретической физики, которую, правда, надо было пересмотреть, переосмыслить. В этом выдающаяся заслуга Ньютона. Первый закон Ньютона (первая аксиома движения) формулировался почти по Декарту, утверждавшему, что «всякая вещь пребывает в том состоянии, в каком она находится... и изменяет его не иначе, как от встречи с другими». Второй и третий законы тоже есть результат обобщения законов полученных другими физиками (Декартом, Вреном, Валлисом, Гюйгенсом и др.). Эйнштейн писал, что Ньютон обнаружил, что «наблюдаемые геометрические величины и их изменения во времени в физическом смысле не характеризуют полностью движения...». Следовательно, кроме масс и изменяющихся расстояний между ними существует нечто такое, что определяет происходящие события; это «нечто» он воспринял как отношение к «абсолютному пространству». Ньютон понимал, что его законы могут иметь смысл только в том случае, если пространство обладает физической реальностью в той же мере, как материальные точки и расстояния между ними[35].

Перед физиками были поставлены задачи решать

конкретные физические вопросы, причем не только качественно, но и количественно и наглядно. Это значило, что при рассмотрении этих задач надо было привлекать математику, ее раздел – геометрию. Например, трактат Гюйгенса «О центробежной силе» может служить примером физической задачи, сформулированной и решенной на языке геометрии, но не только этот трактат, таковыми были его трактаты «О математических часах», «О движении тел ...» и др.

Декартовское обоснование физики было, как метко подметил Койре «математическим без математики» [37], то есть геометрическим. Декарт считал, что в основе учения о природе должны лежать геометрические представления, отражающие размеры, очертания, сорасположение и движение частиц протяженной субстанции. Он явно не пользовался строгими геометрическими построениями при получении своей физики, а рассуждал на уровне качественных наглядных представлений, аналогий, метафор, которые в корне были геометрическими образами. Что касается Ньютона, то он начинал изложения законов с математики и заканчивал математикой, то есть начинал с геометрических преобразований и заканчивал ими. Однако это не означает, что исходные принципы формирования законов были неестественно научными, а чисто математическими. Нет, в основе исходного всегда лежала физическая реальность. Иначе, физика превратилась бы в математические символы.

Резюмируя рассмотренное, можно сказать, что Ньютоновская механика стала изучать движение системы материальных точек в трехмерном евклидовом пространстве. В этом пространстве действует шестимерная группа движений пространства. Основные законы инвариантны относительно не только этой, но и более широкой группы галилеевых преобразований пространства-времени. Пространство трехмерно и евклидово, время – одномерно, они абсолютны, то есть не зависят от скорости объекта и инерциальных систем отсчета относительно друг друга. Основу этой системы составляли преобразования Галилея $x = x' + vt'$

$y = g'$, $z = z'$, $t = t'$ и знаменитые уравнения Ньютона

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \vec{F} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2},$$

Так сформулировалась первая, глубоко научная теоретическая механическая система Ньютона на основе геометрических идей. Многие, последующие физики-теоретики, критикуя механическую систему Ньютона за слишком большую геометризацию, однако при построении своих теорий, вольно или невольно тоже пользовались методами геометрических идей.

Следующий этап развития теоретической физики на основе геометрических идей начинается с «механики» Эйлера, где математика стала подлинным языком физики однозначно. Эйлер переводит ньютоновскую механику, изложенную «синтетическо-геометрическим методом» с математическими приемами интегрирования и дифференцирования, на язык алгебраической геометрии. При этом его схема оказывается более широкой и эффективной моделью физических явлений, нежели Ньютона. И она составила основу следующего этапа формирования физической картины мира, то есть механических систем Лагранжа и Гамильтона.

Таким образом, Ньютоновская механика завершила период, занятый преимущественно рассмотрением проблем механики точки, системы точек, твердого тела и т.д. в евклидовом пространстве с евклидовой геометрией.

В конце XVIII века «Аналитической механикой» Лагранжа был начат новый цикл исследований физического объекта, физической картины мира. Однако нельзя сказать, что Лагранжева механика была единственной и правильно угаданной схемой описания механики. Были схемы энергетического (Гельмгольца, Тэн и др), «бессилового» (Герца), чисто математического (методом преобразований и теории групп (Ли, Клейна, Пуанкаре, Минковского и др.) [18,21,26] и других методов построения механики. Однако эти попытки были непродуктивными по той простой причине, что в

их основах не содержались геометрические идеи во взаимосвязи с физической реальностью, понятиями и принципами. Они были или чисто физическими, или чисто математическими, а не их единство. Лагранж шел по-другому, по пути критического обобщения предшествующего опыта теоретической механики, отмечая ее ограниченность в рамках евклидова пространства и критикуя так называемые «принципы облегчения решения механических задач». В основу своей теории он заложил такие геометрические принципы, как законы сохранения движения центра тяжести, площадей, «живых сил» и наименьшего действия. В современной физике они звучат, например, как законы сохранения количества движения, момента количества движения, энергии и вариационный принцип физики.

Лагранж видел цель своего построения в восстановлении единства механики. «Все эти принципы, - писал он, - следует рассматривать скорее как общие выводы из законов динамики, чем как первоначальные принципы этой науки» [38]. Он подчеркнул, что названные принципы могут быть поняты как геометрические соотношения, образующие с другими законами единую математическую концепцию. Дальнейшие исследования показали, что только такой подход мог раскрыть законы природы в этот период.

Таким образом, принципы «сохранения движения центра тяжести» (полученный Гюйгенсом), площадей (полученный Кеплером), энергии (полученный Галилеем, Лейбницем) и наименьшего действия (Мопертюи, Эйлером) были объединены в единый принцип, так называемый принцип Даламбера-Лагранжа, и было получено общее уравнение движения как аксиома, как результат обобщения анализа математических принципов физической структуры. «Развитие этой формулы, если при этом принять во внимание условия, зависящие от природы системы, - писал Лагранж, - дает все уравнения, необходимые для определения движения каждого тела; после этого остается только эти уравнения интегрировать, что является уже задачей анализа». Вводя понятия об обобщенных координатах и обобщенных силах, он получил уравнения, делающие более простым решение задач, чем при прямом

применении этой формулы. Наряду с геометрическими понятиями, принципами и теоремами в механике Лагранжа присутствуют наглядные, сформулированные на естественном языке представления. Изотропность и однородность пространства он вводил через следующий наглядный образ: «Предположим, что не существует никаких неподвижных точек и препятствий, которые стесняли бы движения, тогда ясно, что ... условия системы могут зависеть только от взаимного расположения тел»[39]. Таким образом, Лагранж получил свои знаменитые уравнения в обобщенных координатах в конфигурационном пространстве $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) = \frac{\partial L}{\partial q} = 0$, $L = K - U$ как разность кинетической и потенциальной энергий, где $q = (x, y, z, \varphi, v, \psi \text{ и т. д.})$, $\dot{q} = (\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \dot{\varphi}, \dot{v}, \dot{\psi} \text{ и т. д.})$ независит от t и подчиняется принципу наименьшего действия

$$\delta S = \int_{t_1}^t \delta L(q, \dot{q}, t) dt = 0.$$

Однако Лагранж не достиг полного раскрытия природы теоретической механики и математического ее обоснования. В его механике нет четкой системы математических понятий и принципов. Нематематизированными остаются центральные понятия механики как силы, массы, упускаются эксперименты. Однако главный недостаток не в этом. Механика Лагранжа не смогла решить сложные задачи, например, такие как притяжения и отталкивания между материальными точками, трудно было интегрировать ее уравнения и другие.

Таким образом, Лагранж не пришел к новому, более широкому, чем у Ньютона, обобщению механики. В механике Лагранжа присутствует лишь новая систематизация классической механики и ее принципов. Она стремилась ликвидировать тот логический недостаток, который возник между ньютоновскими основаниями и методами решения конкретных задач, опирающимися на принципы, то есть установить связь между физическим объектом и его описывающим методом геометрических идей. В этом плане она решила многие проблемы. Однако она не могла претендовать на большее, так как развитие математической и физической науки, их методы и мышления не достигло в то время того

уровня, чтобы механика Лагранжа могла стать более полной для объяснения классической теоретической механики.

Поступая почти аналогичным образом, то есть, устанавливая логическую связь между основанием и методами решения конкретных механических задач, в частности «математизации оптики», Гамильтон приходит к построению нелагранжевой механики. Он в письме к В.Уэвеллу пишет, что исследование по обоснованию новой механики есть приложение тех математических принципов, которые были выдвинуты им в оптике [40]. Следовательно, он, занимаясь, казалось бы, формально математическим оформлением механики, не внося в содержание фундаментальных понятий этой теории, приходит к правильной и всеохватывающей формулировке классической механики.

Метод Гамильтона, хотя не открыл каких-либо новых вычислительных возможностей, тем не менее он глубже проник в главную проблему классической механики, установлению законов движения механической системы и стал общим методом изучения движения всех свободных систем тел, суть которого сводилась к отысканию характеристической функции, так называемой функции Гамильтона. Теория характеристической функции, построенная Гамильтоном, впоследствии стала фундаментальной для всех систем, в которых справедлив закон «живых сил». Далее, совместно с Якоби, вводя представление о функции действия, Гамильтон добился фундаментального расширения своего математического аппарата, и механика Гамильтона стала в какой-то степени вершиной классической механики. Об этом говорит тот факт, что если упростим механику Гамильтона, то есть упростим геометрию фазового пространства, применяемой в этой механике, то получим геометрию конфигурационного пространства, и она переходит в механику Лагранжа. А если упростим геометрию конфигурационного пространства, то получим геометрию евклидова пространства, и механика Лагранжа переходит в механику Ньютона.

Таким образом, мы наблюдаем концептуальную разницу, которая существует между Ньютоновской, Лагранжевой и

Гамильтоновской схемами механики, суть которых в изменении геометрии пространств, применяемых для построения их теории.

Резюмируя, можно сказать, что в схеме Ньютона движение описывается на языке шестимерной группы в трехмерном евклидовом пространстве. Здесь используется галилеево преобразование. В схеме Лагранжа движение описывается на языке обобщенных координат скоростей в n -мерном конфигурационном пространстве (n определяется числом степеней свободы механической системы). Здесь используются точечные преобразования, представляющие собой различные способы перехода от одной системы обобщенных координат к другой. Конфигурационное пространство механической системы имеет структуру дифференцируемого многообразия, функция Лагранжа есть касательное расслоение конфигурационному пространству и является разностью кинетической и потенциальной энергии.

В механике же Гамильтона дополнительные обобщенные импульсы становятся координатными переменными фазового пространства и эти канонические переменные подвергаются каноническим преобразованиям в этом пространстве.

Короче говоря «гамильтонова механика – это геометрия в фазовом пространстве» [41], а оно имеет структуру симплектического многообразия, и в этом пространстве действует группа симплектических диффеоморфизмов. Система, описываемая ею, задается четырехмерным многообразием.

Канонические уравнения полученные Гамильтоном

$$q = \frac{\partial H}{\partial p}, p = -\frac{\partial H}{\partial q}, \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial L}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + H = 0$$

, полученное Гамильтоном-Якоби, где H – функция Гамильтона. Является суммой кинетической и потенциальной энергий, которая явно зависит от t . Представляют геометрический образ классической механики.

Возведение Гамильтоном изменение обобщенных

координат со временем, то есть возведение обобщенной скорости в ранг одной из координат фазового пространства стало выдающимся достижением в физике и в геометрии, значение которого трудно переоценить. Благодаря этому одно из центральных понятий физики – импульс стал связующим звеном физики и геометрии и совместного описания ими природы. Физика стала геометрической, а геометрия – физической, импульс P и координаты X – равноправными в пространственно-физическом описании природы. А совместное описание ими физического объекта, стало фундаментом и причиной многих выдающихся открытий в теоретической физике (только в квантовой механике, например, некоммутативность, соотношение неопределенности Гейзенберга, принцип действия, различные представления и т.д.).

Таким образом, основу классической механики составляют механика Ньютона, Лагранжа и Гамильтона. Они являются введением в большую теоретическую физику, и основа последней закладывается именно в этом разделе. Как преподнесешь классическую механику, так и будет складываться мнение и отношение к другим разделам теоретической физики. В этом разделе закладывается фундамент будущих теорий и методов геометрических идей в теоретической физике. Отсюда ее важность и отведение особой роли ей.

В связи с особенностью метода, в предлагаемом подходе по построению и изложению теоретической физики, лекция начинается с подробного разбора геометрических идей. Эти идеи достигли сейчас такого совершенства, что именно по их образцу и подобию строятся сейчас почти все физические теории. Во главу угла ставится не строгость доказательств, а формирование геометрических образов, моделей и форм объектов и установление связи между физикой и геометрией. При этом задачу ставим так, чтобы не превратить физику в геометрию, а в их единстве показать мир таким, какой он есть на самом деле, и придать законам природы фундаментальное (в смысле базиса) содержание, то есть выяснить, на каких

принципах они формируются. Например:

1. Если законам сохранения (импульса, момента импульса и энергии) соответствуют движения пространства, оставляющие потенциальную энергию неизменной, то они образуют Ньютоновскую потенциальную механическую систему. И этот процесс может происходить только в евклидовом пространстве шестимерной группой движений пространства евклидовой геометрии. Такая теория называется классической механикой Ньютона.

2. Если законам сохранения соответствуют движения пространства, составляющие функцию Лагранжа, то есть разность кинетической и потенциальной энергии неизменной, то они образуют Лагранжеву механическую систему. И этот процесс может происходить только в конфигурационном пространстве однопараметрической группы деформаций, эта механическая система называется классической механикой Лагранжа.

3. Если законам сохранения соответствуют движения пространства, составляющие функцию Гамильтона, то есть сумму кинетической и потенциальной энергии неизменной, то они образуют Гамильтонову механическую систему. И этот процесс может происходить только в фазовом пространстве однопараметрической группы симплектической структуры (симплектические многообразия, когда 2-форма замкнута), такая механическая система называется механикой Гамильтона. И все эти механические системы объединяет в единую систему, в основном, абсолютность пространства и времени, простота движения медленность процесса.

Таким образом, в трактатах Ньютона и Лейбница, Даламбера и Лагранжа, Гамильтона и Якоби (это перечисление не означает, что только они создали всю классическую механику, это труд многих поколений выдающихся физиков) были сформулированы три механические схемы в трех пространствах (евклидовом, конфигурационном и фазовом), при определенных условиях переходящие друг в друга. При этом гамильтонова схема является более общей, а фазовое пространство более высокого порядка, чем два других. Отсюда

видно, что различные формулировки, разные формы математизации физики есть суть изменения пространств и их геометрии. А почему данный физический объект, его движения и процессы выбирают ту или иную геометрию – это другой вопрос. Это будет рассмотрено отдельно. Выбор физическими объектами соответствующих пространств и их геометрии – это прерогативы качественно-количественных и количественно-качественных отношений природы.

Анализ этих механических схем показывает, что модели физических явлений оказались более широкими и эффективными, благодаря применению математических схем на основе геометрических идей, полученных Лейбницем, Эйлером, Якоби и другими. Ньютон, Лагранж и Гамильтон верно уловили общую тенденцию физического мышления в поисках абстрактных математических схем с геометрическими идеями, лежащими в основе физических теорий. Все вместе они создали математический аппарат, позволяющий по-новому осмыслить глубинные проблемы классической механики в разных этапах ее развития.

1.2.2 Классическая физика

Будет ошибкой, если подумать, что вслед за такими выдающимися работами в рамках старого представления последуют новые открытия и их математический аппарат автоматически станет аппаратом новых физических явлений. Оказалось, что новые объекты, новые структуры и другие явления, характерные им, требуют разрушения старых схем и представлений и выдвижения новых математических обоснований, идеалов и более высокого теоретико-физического знания. К такому повороту в конце XIX века математика еще не была готова. Причем не, только по причине ряда открытых вопросов, касающихся обоснования и теории, этот поворот нуждался в соединении реального физического объекта с идеей многомерного метрического пространства и с их геометрией. Возможность геометризации физического анализа была только в заготовке. Шла подготовка к ней. Этому способствовало

открытие новых неевклидовых и многомерных геометрий, тензорного анализа и других. Необходимо также отметить, что в плане применения геометрических идей требовалось время для переосмысления физического знания под углом зрения представлений о теории преобразований и теории групп, которые только начали становиться новым математическим идеалом физической теории. В этом смысле надо отметить программу Ф.Клейна, теорию Ли по преобразованию геометрии по теоретико-групповому принципу. Трактровка физической теории как теории инвариантов соответствующей группы преобразований пролила новый свет не только на количественные характеристики, но и на качественные особенности рассматриваемых физических процессов. Эта теория позволила лучше понять пространственно-временную структуру движения. Например, благодаря группе Ли легко можно было освоить геометрию фазового пространства.

Однако старые преобразования не смогли раскрыть геометрические структуры новых пространств. Непроходимыми преградами на их пути стали выделанность временной переменной в формулировках физических законов, отсутствие связей между пространственными и временной координатами и их абсолютность. Все это требовало нового осмысления физико-геометрической реальности.

Новая современная теоретическая физика начинается, нам кажется, с обсуждения пространственно-временной концепции и выяснения отношения телесной природы к пространству и времени. И основоположником такого подхода, по нашему мнению, является Лейбниц. Лейбниц был против абсолютизации пространства и времени. И лишение их привилегированного положения явилось началом «покушения» на них. С ними, как с геометрическими объектами, как зависимыми, переменными и относительными параметрами физических явлений, можно было производить математические преобразования и операции. Этим формально воспользовались Лоренц, Пуанкаре [17,18] и другие, а с появлением теории относительности, то есть с установлением относительности одновременности Эйнштейном связь пространства и времени

перешла от простой зависимости к их единству. Это единство математически было оформлено Минковским [21] в форме четырехмерного псевдоевклидова пространства-времени. А специальная теория относительности стала теорией инвариантов группы преобразования Пуанкаре-Лоренца, определенных на четырехмерном пространственно-временном многообразии, то есть еще одной геометрической теорией. Пословам Ф. Клейна, классическая механика это «та же теория относительности, но с группой преобразований Галилея-Ньютона, в которой группа Пуанкаре-Лоренца переходит при скорости света стремящейся к бесконечности» [26].

После этого, можно сказать, что геометрия стала физической, а геометрические идеи теми началами, без которых невозможно было построение физической теории. «Возрастающее применение теории преобразований, которая сначала была применена в теории относительности, а затем в квантовой теории, - писал Дирак, - представляет сущность нового метода в теоретической физике. Дальнейший прогресс состоит в том, чтобы делать наши уравнения инвариантными относительно более широких классов преобразований» [42].

Тенденция геометрической переформулировки классической теоретической физики возникла еще в прошлом (Риманом, Риччи, Леви-Чивитой, П. Липшицем, Якоби и др.). Они попытались построить механику Лагранжа как геометрическую теорию конфигурационного пространства, смысл которого заключался в применении метода абстрактных математических структур. Однако их попытка успеха не имела по причинам: во-первых, она охватывала только часть всей классической физики (только математическую); во-вторых, существовал стереотип изложения любой физики из законов Ньютона, стереотип визуальной наглядности; в-третьих, еще не была создана математическая основа и не созрели геометрические идеи для построения такой теории, в-четвертых, «чистая» математика пугала физиков, хотя она служила ей верой и правдой.

Например, 1) законы Кеплера, Галилея и др. оставались бы частными законами природы, если не было бы теории

Ньютона, также не свершилась бы классическая механика, если не было бы механики Лагранжа и Гамильтона; 2) на вторую причину можно ответить словами Дж. Л. Синга: «Общая динамическая теория занимает любопытное положение в физике. Исторически она была создана и развивалась в форме ньютоновской динамики частиц и твердых тел. Но мы чувствуем настоятельную необходимость дать ей более широкую область применения, рассматривая ее как последовательную математическую теорию, приложенную к любой физической системе, поведение которой можно выразить в лагранжевой и гамильтоновой форме»; 3) еще не были созданы геометрические основы теоретической физики; 4) механика, сколько бы математизированной она ни была, должна удовлетворять методологическим требованиям, предъявляемым к физическим теориям и должна описывать пространственно-временную структуру формы движения объекта и иметь физическую интерпретацию.

Теперь рассмотрим построения электродинамики, специальной и общей теории относительности методами геометрических идей.

Все эмпирические законы (законы Кулона, Ома, Кирхгофа, Фарадея, Био-Савара-Лапласа и др.) по электромагнетизму показали, что электромагнитные явления становятся математической строгой наукой, получающей верные количественные отношения, если применить к ним геометрические идеи. Значит, для описания сложного электромагнитного процесса нужна была так же, как в классической механике, теория, характеризующая формы движения зарядов и электромагнитного поля. Из философии известно, что субстративистская методология научного познания требует, чтобы формы движения тел были сведены к их пространственным перемещениям. В электродинамике такой подход естественно привел к постулированию некоторой среды – эфира. Максвелл писал: «Изобретали эфир для планет, - в котором они могли бы плавать, эфиры для образования электрических атмосфер и магнитных истечений для передачи ощущений от одной части нашего тела к другой и т.д., пока все

пространство не было наполнено тремя или четырьмя эфирами» [16]. Таких гипотез, по меньшей мере, было предложено пять (Новье, Коши, Пуассоном, Грином, Нейманом и др.). Однако они не были приняты, хотя они были вполне обоснованными с точки зрения математики. Основная причина неприменимости их заключалась в том, что эфир должен был бы иметь огромную жесткость для транспортировки световых и электромагнитных волн, и она должна была быть замечена экспериментально. Кроме того, эфир должен был заполнить пространства, и материальные точки в нем должны были взаимодействовать с самым эфиром по закону Ньютона, также он должен был бы служить в качестве некоторой особой инерциальной системы отсчета. И ни один эксперимент не подтвердил эти предположения.

Все это наталкивало на мысль о связи электромагнитных эффектов с самой структурой пространства и самим процессом.

Размышляя о природе пространства между зарядами, оказавшей влияние на механизмы взаимодействия зарядов, Фарадей предположил о существовании силовых линий как основного элемента электромагнитных эффектов, то есть о возможности геометрического описания процесса. Таким образом, электромагнитные явления снабжались геометрическими понятиями, которые сыграли важную роль в построении электродинамической теории и в определении таких понятий как скорость света c , диэлектрическая постоянная ϵ , магнитная постоянная μ , токи смещения j и т.д.

Не останавливаясь специально на теории Максвелла, запишем основные уравнения:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial t} = \lambda \vec{E} + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \operatorname{rot} \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{r}, \quad \operatorname{div} \vec{H} = 0$$

которая получена с помощью геометрических подходов, отметим, что уравнения Максвелла навели на мысль о

существовании электромагнитного поля, которое требовало близкодействия со скоростью света, распространение которого передается от точки к точке в пространстве с определенной структурой. Борьба между дальнодействием и близкодействием продолжалась бы долго, если не был бы найден феномен тока смещения Максвеллом, который обязан своим существованием структуре пространства между обкладками конденсатора. По поводу теории Максвелла Эйнштейн писал: «Последовательная полевая теория требует непрерывности всех элементов теории, и не только во времени, но также и в пространстве, причем во всех его точках. Следовательно, материальной точке как фундаментальному понятию нет места в полевой теории» [43].

Таким образом, на смену электро- и магнитостатике, основанной на атомистических воззрениях, приходит электромагнитная теория, ориентированная на представлении о непрерывности и о полевом характере электромагнитных явлений. В это время появилась электронная теория Лоренца, которая была основана на дискретности заряда (электрона). Она, правда, создала некоторую растерянность средитеоретиков-физиков. Однако Лоренц находит выход, из этого положения приложив конвенционный ток электронов вместо тока проводимости, смысл которого заключался в движении электронов и полей окружающих это движение. Такой геометрический подход позволил движение электронов описать полевыми уравнениями Максвелла и объединить непрерывность и дискретность электромагнитных явлений в единое целое.

Электронная теория Лоренца намекнула на то, что если движение электрона можно описать уравнениями Максвелла, а он является материальным объектом как материальная точка, которую хорошо описывают законы классической механики, то почему бы не объединить их и создать единую физическую картину мира, основанную на теории Максвелла. Рассуждение было такое: абсолютное пространство Ньютона и эфир влить в их единство, объединить массы и электромагнитное поле в инерциальности и т.д. и описать единой теорией. Правда, оставалось в стороне гравитационное поле. Однако и его можно

было при желании включить в единую теорию мира, если абсолютное пространство свести в особое состояние эфира, включая сюда и тяжелую массу.

Обычно говорят, что этому методу «помешал» отрицательный результат опыта Майкельсона. Это на самом деле не так. Этому «помешала» геометрия со своей непредсказуемостью, не абсолютностью и изобретательностью. Она «подкинула» лоренцево сокращение для размышления физикам-теоретикам. Минковский писал: «Согласно Лоренцу, любое движущееся тело должно сокращаться в направлении своего движения и если скорость тела равна v , это сокращение пропорционально множителю $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$. Эта гипотеза чрезвычайно фантастическая, поскольку сокращение тел нельзя считать следствием сокращения эфира или каких-нибудь подобных явлений, и можно лишь рассматривать как дар свыше или как явление, сопровождающее само движение» [21, С. 63]. Это нечто иное, а дар геометрии, и оно вызвано никакими внешними соображениями и экспериментами и продиктовано исключительно внутренними потребностями связанности теории, то есть единством физического объекта и геометрии пространства-времени. В этот процесс включилось и время, и тоже изменялось в зависимости от скорости. Следовательно, и пространство и время в движущихся системах и в эфире различаются существенно. Таким образом, Лоренц установил свои знаменитые преобразования, которым подчиняются измеряемые величины при переходе от одних систем к другим.

По этому поводу Эйнштейн писал: «Электромагнитное поле является первичной, ни к чему не сводимой реальностью и поэтому совершенно излишне постулировать еще и существование однородного изотропного эфира и представить себе поле как состояние этого эфира» [44]. Таким образом, родилось совершенно другое движение, другие физические объекты в другом пространстве-времени с другой геометрией и другими группами преобразований, не похожими на классическую механику. Так появилась специальная теория относительности, разрешившая многие логические трудности

классической теоретической механики. Она заставила пересмотреть, переосмыслить такие фундаментальные понятия, как пространство и время, масса и энергия, абсолютное и относительное и т.д. Теория относительности Эйнштейна позволила разрешить принципиальные противоречия между предшествующим представлением о пространстве и времени и содержанием электродинамика движущихся сред. Она послужила толчком к переосмыслению не только пространства и времени, но и многих других физических теорий. Суть этой формы материи и движения будут рассмотрены в других главах.

Релятивистскому исследованию подвергались механика тел, механика сплошных сред, термодинамика, то есть вся теоретическая физика. Смысл этого направления был в том, чтобы проанализировать поведения законов классической «медленной» механики при переходе физических объектов к «быстрой» механике, близкой к скорости света. Анализ показал, что в природе нет ничего абсолютного, кроме предположения, в остальном все относительно, даже относительно сама относительность, не говоря уж об относительности геометрии. Однако надо отметить, что и сам принцип относительности родился в муках, не говоря об относительности самой относительности.

По меткому выражению Борна, эфир представлялся «неким видом «материализации» ньютоновского абсолютного пространства...». Это воззрение на пространство и время не давало ходу принципу относительности. Из теории Максвелла-Лоренца выходило, что скорость света в пустоте не зависит от движения источника, а это несовместимо с принципом относительности. Надо было отвергать или теорию Максвелла-Лоренца или отказаться от принципа относительности. И здесь из тупика выводит геометрия, предложив преобразования Лоренца вместе галилеева преобразования пространства-времени.

Если законам сохранения соответствуют движения пространства, оставляющие скорость света неизменной, то они образуют Эйнштейновскую механическую систему. И этот

процесс может происходить только в псевдоевклидовом четырехмерном пространстве Минковского, где действуют преобразования Лоренца, которые оставляют инвариантными законы движения и пространственно-временной интервал. Учет искривления четырехмерных многообразий в результате эквивалентности инертной и гравитационной масс и нелинейность римановской геометрической теории приводят к общей теории относительности.

«Подобно тому, как Гегель, посредством закона единства противоположностей, рассмотрел в единстве то, - пишет Абдильдин, - что до него мыслили раздельным, так и Эйнштейн, признав всеобщность и истинность преобразований Лоренца, рассмотрел в единстве то, что считалось раздельным. Замечательным примером этого является раскрытие внутренней связи пространства и времени, массы и энергии и т.д.»

Заслуга Эйнштейна в том, что он не только рационально разрешил огромные трудности в развитии электродинамики, но сделал это в результате коренного изменения пространственно-временного представления вследствие изменения старого стиля мышления. Поэтому Эйнштейн создал цельную законченную теорию и стал зачинателем нового направления в физическом мышлении. Заслуга Эйнштейна еще и в том, что благодаря ему геометрия, через пространственно-временные представления, вошла в плод и кровь физики, геометрические идеи стали неотъемлемой частью и методом описания физической природы, подарив множество новых геометрических идей, оказавших большое влияние на современный этап развития теории. Пространство-время само стало средой.

Как отмечалось выше, создание специальной теории относительности (СТО) послужило толчком к переосмыслению многих физических теорий. Например, возникла проблема как согласуется Ньютонское тяготение с принципами СТО, как соотносятся инертная масса с массой тяготения. Масса тела, согласно СТО, не является величиной постоянной, а зависит от скорости ее движения, она инертная, пассивная масса. Что касается гравитационной активной массы, то она обладает способностью изменить движения тел, она, аналогично

заряду в электродинамике, обладает свойством притяжения.

Касаясь этого вопроса, Пуанкаре писал: «Масса имеет два аспекта: это и коэффициент инерции, и масса тяготения, входящая в качестве множителя в закон Ньютоновского притяжения. Если коэффициент инерции не постоянен, может ли быть постоянной масса притяжения? Вот в чем вопрос?» [45]. Рассматривая эту несовместимость как принципиальное противоречие двух исходных предпосылок, можно было бы не сравнивать их. Однако, Эйнштейн, в них сопоставляя и сравнивая их, видел глубокий смысл в раскрытии тайн природы, то есть он интуитивно чувствовал, что СТО является частным случаем более общей теории природы. Это привело Эйнштейна к постулированию принципа эквивалентности инерциальной и гравитационной масс, то есть равенству их. Принцип равенства масс неоднократно подвергался экспериментальной проверке и подтвержден в настоящее время с точностью 10^{-12} (Брагинский, Панов, 1971 г.).

Из СТО следует, что существует эквивалентность энергии и массы покоя в виде знаменитого соотношения Эйнштейна $E = mc^2$. Следовательно, пакет электромагнитных волн, распространяющихся в пространстве, на основании этого соотношения, обладает определенным количеством энергии и должен иметь инерциальную массу. Тогда по принципу равенства инерциальной и гравитационной масс, масса пакета электромагнитных волн должна испытывать гравитационное взаимодействие, если на пути распространения встретит гравитационное поле. Это должно привести к искривлению луча света (так как он имеет электромагнитную природу), отклонению прямолинейного распространения. Что было подтверждено экспериментально. Например, лучи света, идущие из далеких звезд проходя мимо Солнца, испытывают искривления.

Известно, что СТО представляет собой в своей основе описание геометрии псевдоевклидового пространства-времени и эта геометрия является плоской. А из принципа эквивалентности Эйнштейна вытекает, что наличие в пространстве-времени создающей гравитационные поля

материи приводит к изменению геометрических свойств пространства-времени. Последнее обладает кривизной, изменяющейся от точки к точке и с течением времени в зависимости от свойств и движения источников тяготения. Учет этого явления приводит к созданию более сложной теории, чем СТО. И эта теория, созданная на основе принципа эквивалентности инерциальной и гравитационной масс, получила название общей теории относительности (ОТО) и после этого СТО стала частной теорией более общей ОТО, а она при отсутствии тяготения переходит в СТО.

К этому времени было известно геометрическая теория римановых пространств, то есть пространств, обладающих кривизной и допускающих элементы евклидова описания лишь в бесконечно малых окрестностях каждой из своих точек. Простейшим геометрическим образом такого рода является сфера; касательные плоскости в каждой из ее точек обладают евклидовой геометрией, однако в каждой своей точке сфера обладает кривизной.

Из этого определения видно, как удивительна геометрия, превосходящая физику, и не воспользоваться этим даром просто было бы непростительной ошибкой. Что и сделал Эйнштейн, создав конкретный аппарат ОТО. Однако надо было догадаться дойти до принципа равенства инерциальных и гравитационных масс.

Академик А. Логунов пишет, что «Изложение теории относительности в современных учебниках и монографиях иногда очень сложное. Не отделено главное, авторы часто останавливаются на второстепенных вещах, и может показаться, что это сложная наука, которую трудно понять. Именно поэтому вначале я остановился на основных постулатах, то есть на некоторых утверждениях, которые нельзя доказать и которые следуют из обобщения эксперимента.... Зарождение и развитие этого принципа (принципа теории относительности) тесно связаны с развитием представлений о пространстве и времени, поскольку пространство и время являются той ареной, на которой протекают всефизические процессы. Поэтому по мере

развития наших физических знаний происходило и развитие представлений о пространстве и времени» [46].

Этим Логунов подчеркивает, что применение геометрических идей в теории относительности должно служить тем методом, с помощью, которого, во-первых, можно показать теорию относительности наглядно, отказываясь от загромождений, во-вторых, подчеркнуть роль и значение геометрии пространства и времени в ее построении. Например, мы придумывали «мировой эфир» для того, чтобы механическими законами объяснить распространение электромагнитных волн, что нельзя было делать, во-первых, электромагнитные волны обладают совершенно другими пространство-временными характеристиками чем вещества, во-вторых, постоянство скорости распространения электромагнитных волн, вытекающее из геометрии Минковского, было не сводимо к механическим, классическим понятиям.

В связи с этим, места реальных механических моделей должны были занять в физике модели геометрические, от которых уже требовалось не конструктивное тождество с объектом, а только геометрическое аналогичное описание. В качестве аппарата для построения таких моделей мы должны были использовать уравнения, чтобы физический мир можно было бы описать геометрическими образами в единстве с физикой. И в этом плане оптика, электродинамика и теория относительности оказались сугубо геометрической теорией.

Действительно, на каком уровне остались бы преобразования и группы Лоренца, открытые в 1904 году, и работы Пуанкаре и Эйнштейна по теории относительности (1905г.), не осознавая идею объединения пространства и времени, определяемой единой геометрией, Минковский в 1908 году. Минковский писал: «Сначала я намерен показать, как можно, исходя из ныне принятой механики, пожалуй, при помощи чисто математического рассуждения, прийти к новым идеям относительно пространства и времени.... Попытку перешагнуть через понятия пространства соответствующим образом, в самом деле, можно было бы расценить, как некоторую дерзость математической мысли. Но после того все-таки неизбежного

шага для истинного понимания группы G_1 -термин "постулат относительности" для требования инвариантности по отношению к группе G_1 кажется мне слишком бледным. Так как смысл постулата сводится к тому, что в явлениях нам дается только нетрехмерный в пространстве-времени мир, но что проекции, этого мира на пространство и время могут быть взяты с некоторым произволом, мне хотелось бы этому утверждению скорее дать название "постулат абсолютного мира» [47].

Минковский понял, что суть специальной теории относительности в том, что все физические процессы протекают в пространстве-времени, геометрия которого псевдоевклидова. Такого понимания сути СТО у Эйнштейна в то время еще не было. Это и естественно. Эйнштейн писал: «С тех пор, как на теорию относительности навалились математики, я сам перестал ее понимать» [3, С.12]. Однако к моменту создания ОТО он уже осознал все величие открытия Минковского, очень высоко отозвался о его работах и сказал, что «... без которых ОТО, может быть, оставалась бы в зачаточном состоянии». Вот этот качественный шаг в объединении пространства и времени в одно целое и введение соответствующей геометрии, по существу, и есть главное содержание теории относительности.

На конференции, посвященной 50-летию теории относительности, Паули отметил: "И Эйнштейн, и Пуанкаре опирались на подготовленные работы Лоренца, весьма близко подошедшего к окончательному результату, но не сумевшему сделать последний решающий шаг. В совпадении результатов, полученных независимо друг от друга Эйнштейном и Пуанкаре, я усматриваю глубокий смысл гармонии математического метода и анализа, проводимого с помощью мысленных экспериментов, опережающих всю совокупность данных физического опыта" [48]. Это говорит о том, какую роль играют геометрические идеи в анализе и построении физической теории.

Лоренц еще до того, как была получена формула для сокращения движущегося отрезка, вводил ее как постулат о

сокращении всех тел по направлению движения, однако этот постулат есть не что иное, как следствие деформации структуры геометрии нетрехмерного пространства-времени. По этому поводу Логунов пишет: "Все физические процессы протекают в пространстве и времени, поэтому изучение геометрии пространства и времени и выяснение всех ее свойств играет важнейшую роль для физики. Наиболее ярко связь геометрии с физикой проявляется при анализе таких вопросов, как определение естественной геометрии для того или иного физического поля, выяснение возможностей для получения законов сохранения в теории, нахождение систем отсчета, неотличаемых от некоторой заданной системы с точки зрения любого физического эксперимента. Решение всех этих вопросов существенно зависит от характера геометрии, позволяя дать однозначный положительный ответ в одних случаях и отрицательный - в других, поэтому возникает необходимость специально остановиться на обсуждении этих вопросов".

Анализируя тензоры и риманову геометрию Логунов приходит к выводу, что любому физическому полю соответствует некоторая геометрия, называемая естественной именно такая, что в отсутствие взаимодействий с другими полями фронт свободной волны этого физического поля движется по геодезическому естественного пространства-времени. Вопрос о выборе естественной геометрии - это вопрос о том, посредством какого эффективного метрического тензора свертываются старшие производные в плотности Лагранжиана. Вполне возможна ситуация, когда различные физические явления будут описываться в терминах естественной геометрии, отмечавшейся еще Лобачевским [49].

Отсюда изучение движения различных форм материи позволяет экспериментально проверить характер геометрии пространства-времени мира, а от него зависит возможность получения законов сохранения для замкнутой системы взаимодействующих полей. Геометрия также предопределяет существование или отсутствие группы преобразований, наличие или отсутствие физически эквивалентных систем отсчета.

Основоположником научного анализа связи геометрии с

физикой можно считать Пуанкаре [45]. С тех пор, благодаря этой связи построено множество физических теорий на основе геометрических идей, так как она дает проверяемые на опыте вещи. Однако выбор геометрии не является предметом соглашения, а определяется физическими принципами, то есть требованием законов сохранения в физике. Так как законы сохранения легко проверяются, то проверяется и геометрия пространства-времени реального мира.

Таким образом, подчеркивая значение геометрических идей (например, геометрической оптики и других) и геометрии Минковского на различных этапах формирования оптики, электродинамики и теории относительности, прежде мы строим их физико-геометрический образ и модель, затем излагаем всю классическую теоретическую физику в едином контексте как один из этапов теории развития физического мира. Теперь рассмотрим эту схему.

В современной классической теоретической физике, нам кажется, оптику, электродинамику и теорию относительности надо рассматривать в контексте единой теории вещества и поля в классическом аспекте (понимания). Это, во-первых, обусловлено тем, что оптические и электромагнитные явления имеют общую единую основу, то есть они являются двумя сторонами одного процесса - электромагнитных волн, источником которых является движущийся электрический заряд, во-вторых теория относительности когда-то оттолкнулась от оптики и электродинамики движущихся сред и от их трудностей и стала их механикой, в-третьих, у них общая единая геометрия - геометрия пространства Минковского, в-четвертых, время, пространство, масса не являются абсолютными, и фотон не имеет массу покоя.

Исходя из этого, мы предлагаем излагать их (оптику, электродинамику и теорию относительности) как механику Эйнштейна (например, подобно механике Ньютона), как один предмет по следующей схеме. После анализа трудностей классической теоретической механики в применении ее к электромагнитным явлениям, надо дать обоснование физико-геометрических принципов этой механики - принципа

относительности и принципа постоянства скорости распространения света как опытные факты и ввести понятие неодинаковости течения времени в различных движущихся относительно друг друга инерциальных системах отсчета, то есть отмену абсолютности времени. Подчеркивая научный подвиг, совершенный в построении этой теории Эйнштейном, и вытекающую из этих двух принципов теорию, называя ее специальной теорией относительности, в дальнейшем даем геометрическую интерпретацию Минковского этой теории. Основным понятием в этой интерпретации является понятие события, И, анализируя его, приходим к формированию соотношения в красивой геометрической форме интервалу между двумя событиями, которые в силу этих двух принципов обращается в нуль, суть которого есть инвариантность.

Итак, эти два принципа позволяют установить в многообразии координат событий квадратную форму в геометрической интерпретации, которая дает возможность ввести в многообразие событий метрику, котором превращает многообразие событий в пространство, точками которого эти события являются. Таким образом, обычное трехмерное пространство и время объединяются в одно четырехмерное пространство, которое называется миром Минковского.

Благодаря индефинитности метрики псевдоевклидова пространства его геометрия на много богаче по содержанию, чем геометрия евклида. Например, расстояние в геометрии Минковского

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 \quad (1.1)$$

может быть как положительным, так и отрицательным, или равным нулю, когда в геометрии евклида оно

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (1.2)$$

может находиться только в одном соотношении. Затем надо продемонстрировать это богатство на примере анализа уравнения (1.1), который дает понятия времени-подобия,

свето-подобия, пространство подобия и светового конуса. Из свето-подобия вытекают понятия светового сигнала (синхронизация часов) и одновременности, которые приводят к определению пространства и пространственных расстояний. Анализируя эту геометрию, также приходим к выводу, что скорость сигнала не может быть больше скорости света, то есть о существовании максимальной скорости распространения взаимодействий.

Затем рассматриваются эффекты замедления времени и преобразования Лоренца и вытекающие из них следствия (специальные и общие преобразования Лоренца, принцип соответствия, Лоренцева сокращения, сложения скоростей и другие). Интерпретация Минковского и эти эффекты позволяют перевести кинематические соотношения на геометрический язык, то есть на язык четырехмерных векторов и тензоров, через них легко можно описать динамику свободной материальной точки. Мощь этого метода хорошо известна.

Теперь в качестве применения этой теории можно рассмотреть электродинамику (и оптику как частный случай электродинамики) на языке механики Эйнштейна. Первым признаком применимости теории относительности к оптике и электродинамике является то, что теория относительности требует, чтобы скорость распространения взаимодействий имела максимальное значение (близкодействия) и введено понятие поля, которым обладает электрический заряд. Формально это можно показать на следующей схеме: например, взаимодействие частиц описывается с помощью понятия потенциальной энергии и по закону Кулона

$$U(r_1, r_2, \dots, r_n) = \frac{1}{2} \sum q_i q_j / r_{i,j} \quad (1.3)$$

зная, что электрический потенциал

$$\varphi(\vec{r}) = \sum q_j / |\vec{r} - \vec{r}_j| \quad (1.4)$$

то из (1.4) получим

$$U = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi(r_i) \quad (1.5)$$

Вводя плотность распределения

$$\rho(\vec{r}) = \sum q_i \delta(\vec{r} - \vec{r}_i) \quad (1.6)$$

можно сумму заменить интегралом

$$U = \frac{1}{2} \int dV \rho(\vec{r}) \varphi(\vec{r}) \quad (1.7)$$

И в силу известного соотношения

$$\nabla 1/r = 4\pi \delta(\vec{r}) \quad (1.8)$$

можно уравнение (1.4) записать в виде уравнения Пуассона

$$\nabla^2 \varphi(\vec{r}) = 4\pi \rho(\vec{r}) \quad (1.9)$$

Тогда уравнение (1.4) переписывается

$$U = -\frac{1}{8\pi} \int dV (\Delta \varphi(\vec{r})) \varphi(\vec{r}) \quad (1.10)$$

и так как

$(\nabla \varphi(\vec{r})) \nabla(\vec{r}) = \text{div}(\text{grad} \varphi) \varphi = \text{div}(\varphi \text{grad} \varphi) - \text{grad} \varphi \text{grad} \varphi$
 (1.11) и для бесконечно удаленной поверхности по теореме Гаусса

$$\oint \vec{ds} (\varphi \text{grad} \varphi) = 0 \quad (1.12)$$

И вводя вектор

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi \quad (1.13)$$

из уравнения (1.10) окончательно получим

$$U = \frac{1}{8\pi} \int E^2 dV \quad (1.14)$$

Таким образом, вводя новый физический объект – поле вектора \vec{E} , который нигде не локализован, а распределен по всему пространству, мы представили потенциальную энергию взаимодействия на расстоянии в виде интеграла от плотности энергии $E^2/8\pi$. Отсюда видно, что перенос взаимодействия из одной точки в другую совершается полем в соответствии с его законами движения. Значит, задача заключается в определении законов движения поля и сохранения.

Вторым признаком является то, что законы движения поля и сохранения общие и базируются на теории относительности. Они могут быть получены с применением Лагранжева или Гамильтонова формализмов действия, и через линейное преобразование группы Лоренца. Например, для Лагранжева формализма действия для поля по четырехмерному объему

$$S = \int dTL(\varphi^\alpha(x), \varphi^{\alpha}_{,i}(x), x) \quad (1.15)$$

$$\delta S = 0 \quad (1.16)$$

от плотности функции Лагранжа L , зависящего от функций поля $\varphi^\alpha(x)$ и их производных

$$\varphi^{\alpha}_{,i}(x) = \partial\varphi^\alpha(x)/\partial x^i,$$

а лоренцева преобразования:

$$x^k \rightarrow x'^k = x^k + \delta x^k \quad (1.17)$$

$$\delta x^k = \Lambda^k_\alpha C^\alpha \quad (1.18)$$

$$\varphi^\alpha(x) \rightarrow \varphi'^\alpha(x') = \varphi^\alpha(x) + \delta\varphi^\alpha(x) \quad (1.19)$$

$$\delta^* \varphi^\alpha(x) = \sum L_{\alpha}^{ij} \varphi^i(x) C^\alpha \quad (1.20)$$

И положив C^α (независимые параметры преобразования) равными нулю и потребовав неизменности действия по отношению к произвольным изменениям C^α , соответственно легко можно получить законы движения поля и сохранения. Например:

$$\partial L / \partial \varphi^\alpha - d/dx^k \partial L / \partial \varphi_k^\alpha = 0 \quad (1.21)$$

$$dN_\alpha^k / dx^k = 0, \quad (1.22)$$

где

$$N_\alpha^k = \left(L \delta_i^k - \sum \frac{\partial L}{\partial \varphi_{\alpha, i}^\alpha} \varphi_{\alpha, i}^\alpha \right) \Lambda_\alpha^i + \sum \frac{\partial L}{\partial \varphi_{\alpha, k}^\alpha} L_{\alpha}^{ij} \varphi^i \quad (1.23)$$

Переносчиком взаимодействия между частицами является электромагнитное поле, которое характеризуется заданием в каждой мировой точке x_i - 4-вектором

$$A_i = A_i(x) = (\vec{A}, i\varphi) \quad (1.24)$$

который называется 4-потенциалом электромагнитного поля, и оно обладает тремя основными свойствами: первое, распространяется со скоростью света c , второе, удовлетворяет принципу суперпозиции, третье, обладает свойством градиентной инвариантности. При этом уравнение (1.24) удовлетворяет условию

$$\partial^2 A_i / \partial x_k^2 = -4\pi J_i / c \quad (1.25)$$

$$\partial A_k / \partial x_k = 0 \quad (1.26)$$

где (1.25) называется волновым уравнением, а (1.26) условием лоренцевой калибровки.

Решая эти уравнения, легко можно объяснить электромагнитные явления. Если J , не зависит от времени, то

получим электростатику и т.д.

Таким образом, из анализа этих уравнений видно, что без применения механики теории относительности трудно объяснить электромагнитные явления. Поэтому мы считаем, что теория относительности составляет основу всех оптических и электромагнитных явлений и является их механикой. Следовательно, Эйнштейновская механика как естественное продолжение классической теоретической механики является теорией *классической физики*, но уже в другом, более богатом пространстве и с другой, более богатой геометрией.

Оптика, электродинамика и теория относительности являются олицетворением геометрических идей и методов, а механика Эйнштейна – картиной мира, поднявшей мир Минковского до такого уровня, до которого возможно его геометрий.

В конце хотелось бы привести еще несколько примеров применения геометрических идей, благодаря которым физические явления становились более нагляднее и компактнее.

При обычном дифференциально-геометрическом подходе геометрия многообразия определяется полностью заданием трех величин; метрического тензора $g_{\mu\nu}$, его ковариантной производной $Q_{\mu\nu} = -q_{\nu r;\mu}$ и тензора кручения $S_{\mu\nu}^\lambda$. Если $Q_{\mu\nu} = 0$, перенесение называется метрическим; $S_{\mu\nu}^\lambda = 0$, вейлевским и т.д., точка с запятой означает ковариантное дифференцирование.

Для электродинамики сплошной среды роль этих трех величин играют: тензор деформации $F_{\mu\nu}$, $G^{\mu\nu}$ (симметричный тензор второго Ранга), его ковариантная производная, $F_{\mu\nu;r}$, $G^{\mu\nu}$, и тензор плотности дислокаций $S_{\nu r}^\lambda$. Здесь тензор кручения заменен антисимметричным тензором Плотности. Такой подход позволяет уравнения Максвелла в среде рассматривать как геометрические, определяющие кручение через источники поля. Тензор кручения играет роль коэффициента пропорциональности между напряженностью электромагнитного поля в среде и током.

Чтобы сделать электродинамику сплошной среды геометрической теорией, необходимо выразить источники поля через геометрические величины так, чтобы уравнения поля стали свободными, неоднородная, неизотропная сплошная среда рассматривалась как модель неевклидова пространства. Например, запишем эти три геометрические величины соответственно:

$$F_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 0 & B^z & -B^y & -iE^x \\ -B^z & 0 & B^x & -iE^y \\ B^y & -B^x & 0 & -iE^z \\ iE^x & iE^y & iE^z & 0 \end{pmatrix} \quad (1.27)$$

$$G^{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 0 & H_z & -H_y & -iD^x \\ -H_z & 0 & H_x & -iD^y \\ H_y & -H_x & 0 & -iD^z \\ iD^x & iD^y & iD^z & 0 \end{pmatrix} \quad (1.28)$$

$$F_{\mu\nu;\tau} = 0 \quad (1.29)$$

$$G_{;\nu}^{\mu\nu} = 0 \quad (1.30)$$

$$2S_{\nu\tau}^{\sigma\tau} \hat{G}^{\nu\lambda} - S_{\nu\tau}^{\sigma\tau} \hat{G}^{\nu\tau} = 2 * S^{\nu\lambda\tau} * G_{\nu\tau} = J_l^{\lambda} \quad (1.31)$$

$$2S_{\nu\tau}^{\sigma\tau} * F^{\nu\tau} - S_{\nu\tau}^{\sigma\tau} * F^{\nu\tau} = 0 = * J_m^{\lambda} \quad (1.32)$$

Уравнение (1.27) составляет тензор электромагнитного поля (здесь $x^4 = ict$). Уравнения (1.30) и (1.31) являются ковалентной производной уравнений (1.29), где точка с запятой означает дифференцирование, квадратные скобки – альтернацию по всем индексам внутри скобок, крышка – тензорную плотность. В уравнении (1.31), первое есть обобщение закона Ома, а второе, в отсутствии и наличии

магнитных источников, соотношения между током и компонентами поля. Эти уравнения позволяют найти поля через характеристики поля, то есть тензоры. Первое соотношение уравнения (1.31) дает:

$$2iS_{ko}^{[i}D^{k]} - \varepsilon^{ikl}S_{[kl}H_n] = J^i \quad (1.33)$$

$$S_{\nu\sigma}^\mu = \frac{1}{4}S_{[\nu}\delta_{\sigma]}^\mu \quad (1.34)$$

Это говорит о том, что электрический ток может возбуждаться как электрическим, так и магнитным полем и плотность тока J' линейно связана с напряженностями этих полей. Если тензоркрочения

$$S_{\nu\sigma}^\mu = \frac{1}{4}S_{[\nu}\delta_{\sigma]}^\mu, \quad (1.35)$$

то есть когда геометрия полусимметричная, то из (1.33) получим

$$iS_0D^i - \varepsilon^{ikl}S_kH_i = J^i \quad (1.26)$$

$$-iS_kD^k = J^0 \quad (1.37)$$

$$S_kB^k = 0 \quad (1.38)$$

$$S_0B^i = i\varepsilon^{ikl}S_kE_l \quad (1.39)$$

или

$$S_\nu G^{\nu\mu} = J^\mu \quad (1.40)$$

$$S_\nu *F^{\nu\mu} = 0 \quad (1.41)$$

Из уравнений (1.37) и (1.41) следует, что

$$\frac{L}{2}S_\lambda = F_{\lambda\mu}J^\mu \quad (1.42)$$

$$\frac{I_1}{2}S_\tau = G_{\tau\mu}J^\mu \quad (1.43)$$

где

$$I_1 = G^{\mu\nu} * G_{\mu\nu} = i(HD)$$

$$I_2 = *F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} = i(BE)$$

$$L = G^{\mu\nu} F_{\mu\nu} = 2(BH - DE)$$

называемые инвариантами. Тогда из уравнения(1.43) получим:

$$\frac{I_1}{4} S_i = -I^0 H_i - i \varepsilon_{ikl} J^k D^i \quad (1.44)$$

Значит I_1 напоминает силу Лоренца, действующую на магнитный заряд.

Свертывая уравнения (1.41) и (1.43) соответственно с S_μ и F^{TV} получим соотношения:

$$S_\mu j^\mu = 0 \quad (1.45)$$

$$(i/S_0) \varepsilon^{ikl} S_i E_k H_l = (i/J_0) \varepsilon^{ikl} J^i D^k B^l = (HB) \quad (1.46)$$

Первое показывает, что вектора кручения и тока ортогональны друг другу.

Анализ этих уравнений показывает, что энергетические процессы, происходящие в среде, определяют ее геометрические свойства. S_0 является проводимостью и определяет джоулевы потери, а S_i , - лоренцевы силы.

Таким образом, мы установили связь между калибровочным полем и структурой пространства-времени. И через нее описали целый электромагнитный процесс в сплошной среде. Подобным образом, рассматривая тензора энергии-импульса, можно выяснить физико-геометрический смысл фотона как искривления пространства, постоянство скорости света в пространстве Минковского и другие характеристики. Принцип постоянства скорости света вытекает, как нам кажется, из геометрических свойств пространства вакуума и его констант ε_0 , μ_0 . Например, с увеличением скорости тела пространство вакуума искривляется

еще больше, и в результате этого искривления, как рождения поля, происходит взаимодействие его с полем движущегося тела. И это взаимодействие приводит к торможению последнего, пропорционально лоренцеву сокращению.

Таким образом, благодаря геометрическим идеям многие физические величины становятся наглядными, понятными и приобретают глубокий физический смысл. Например, электромагнитное поле как физический объект может быть определено лишь с помощью и через явный учет требований принципа относительности. Электромагнитное поле, не зависящее от выбора инерциальной системы отсчета, может быть "расщеплено" на магнитное и электрическое, различных по своим свойствам поля, благодаря данной инерциальной системе отсчета.

Второе, уравнения Максвелла, написанные в виде соотношений между трехмерными векторами по требованию инвариантности по отношению к вращениям координатных осей в трехмерном пространстве, удовлетворяются. Следовательно, уравнения Максвелла не являются тождественными физическим полям, а представляют его геометрический образ.

Третье, физический объект исследования обладает теми свойствами, которые могут быть раскрыты только пространством Минковского или геометрией риманова пространства. Однако все это еще не полная картина мира, описываемая этими геометриями, геометриями без изъянов, на классическом уровне.

Крупный теоретик Оксфордского математического института проф. Пенроуз Р. пишет, что: "Общая теория относительности, представляющая собой в высшей степени стройное описание геометрии мира, приводит к пространственно-временной картине, в которой, по-видимому, неизбежны сингулярности, а этот факт остается для многих источником беспокойства. Сам Эйнштейн боролся против таких кажущихся изъянов своей теории... Тем не менее исследования более позднего времени все настойчивее склоняют нас к тому, чтобы примириться с существованием

сингулярностей и принять их как исконное свойство геометрии Вселенной" [50]. Далее он пишет, что если этот вопрос решен, то это из-за ограниченности геометрии пространства-времени в ее нынешнем понимании. Ключ к пониманию многих загадок физики, нам кажется, пишет дальше он, находится в существовании вероятностной структуре сингулярностей. К этому можно еще добавить, что гравитационное поле надо рассматривать не с точки зрения чисто классического, как принято в общей теории относительности, а как квантованное гравитационное поле, подчиняющееся законам квантовой теории. Только учет этих двух подходов, по-видимому, раскроет тайну Вселенной и будущей, более общей теории относительности.

Подводя итоги данной части развития теоретической физики, можно отметить, что если в классической физике любые механические процессы, протекающие одинаково во всех инерциальных системах отсчета выражались как галилеева инвариантность законов механики, то есть как классический принцип относительности, то он, распространяясь в электродинамические процессы, расширился и превратился в специальный принцип относительности и в инвариантность Лоренца. И эти преобразования и принципы выводились не из классической и электромагнитной динамики, а из общетеоретических представлений и сформулировались внутри нового понимания структуры пространства и времени, то есть их геометрических идей.

Если законам сохранения соответствуют движения пространства, оставляющие неопределенными канонические сопряженные переменные параметры, а скалярные произведения их изменений постоянными и равными к кванту действий, они образуют квантовую механическую систему. И этот процесс может происходить только в линейных пространствах векторов состояния (в гильбертовом пространстве). Учет внутренней структуры механической системы (спина, спинорного пространства) приводит к Дираковской механической системе, то есть релятивистской механике, которая является квадратным корнем уравнения Клейна-Гордона.

В реальности все процессы являются неинерциальными, а движения не свободны от взаимодействий, следовательно, физические процессы, протекающие в природе, должны иметь сложный характер. Возникает вопрос, а как поведут себе процессы относительности, удовлетворяющие инерциональным системам отсчета, если их применить к реальным, то есть неинерциальным процессам? Ответ такой. Новый принцип относительности не может возникнуть в результате простого отражения и обобщения эмпирического материала, а должен быть сформулирован как новое теоретическое понятие, связанное с геометрическими идеями, характеризующими внутренние структуры пространства и времени. Это подсказывается еще и тем, что принципы относительности и преобразования Галилея и Лоренца являются приближенными.

Все это намекает на то, что должны существовать более общие принципы и широкие группы преобразования, которые могли бы описать и неинерциальные процессы, то есть ускоренно движущие материи и предположить, что относительность сама понятие относительное и имеет геометрическую природу. "С моей точки зрения,- писал Эйнштейн,- относительность справедлива не только для ортогональных линейных преобразований, но и для значительно более широкой группы преобразований" [44], то есть переход от инерциальной системы отсчета к неинерциальной может быть описан нелинейными координатными преобразованиями, искомый принцип относительности может быть сформулирован как требование ковариантности законов природы по отношению к более широкой группе преобразований.

Таким образом, принцип относительности в математической форме должен быть выражен как принцип общековариантности законов природы. Этот принцип сам по себе не имеет физического смысла - он выражает лишь возможность непротиворечивого описания явлений в различных системах координат, то есть геометрическую природу. Это естественно, так как геометрия не заменит физику. По этому поводу Паули писал: "Общековариантная формулировка законов природы приобретает физическое

содержание лишь благодаря принципу эквивалентности" [51]. Анализ построения СТО и ОТО показывает, с одной стороны, фундаментальность геометрических идей и пространственно-временного представления для описания физических процессов, с другой, всего лишь относительную самостоятельность геометрических идей и самой геометрии не имеющую смысла без физической природы.

Эта взаимосвязь и взаимообусловленность ставят вопрос, если изменятся физические объекты и явления, то они требуют изменения структуры пространства и времени, следовательно, и их геометрии. Понять же сущность предметов и явлений "... означает раскрыть природу целостности, - пишет Абдильдин, - внутренние движения, делающие данный предмет тем, что он есть" [52]. Например, сущность СТО – четырехмерность пространства и времени, ОТО – ее изменчивость под действием поля тяготения, криволинейность координат, переменность коэффициентов метрического тензора.

С выводом уравнений поля релятивистской теории тяготения почти завершилось построение основ ОТО, которая "является, пожалуй, самой красивой из существующих физических теорий" [53]. Из выше изложенного видно, что принцип относительности стал тем началом, применение которого послужило развитию и построению более сложных теорий. Он, может быть подскажет, как поступит в тех областях теоретической физики, где еще предстоит построение нового, сложного, даже недоступного для человеческого воображения.

"Чисто геометрических величин, - пишет Барашенков, - оказывается недостаточно для однозначного описания всех... полей, для этого приходится вводить дополнительные величины, не выражающиеся на чисто "геометрическом" языке. Здесь, нам кажется, надо говорить не о том, что исчерпала себя геометрия, а надо говорить о том, что исчерпала себя та геометрия и те геометрические идеи, которые хорошо описывали старый объект. Новые объекты, новые процессы и явления требуют вскрытия новых свойств пространства и времени и выдвижения новых геометрических идей (калибровку, расслоение, топологию, суперпространство, суперсимметрию, супергравитацию,

суперструны и т.д), чтобы они соответствовали друг другу. "Великим достижением человеческого гения является то, что человек может понять вещи, которые он уже не может вообразить", - говорил Ландау.

1.2.3 Квантовая механика

Теперь перейдем к рассмотрению квантовой механики. Она является одной из сложных, интересных и оригинальных разделов теоретической физики и, если можно так выразиться, является началом всех начал в современной физике. Об этом говорит то, что все современные физики-теоретики стараются построить свои теории на языке квантов и, если их теория отвечает квантовым условиям, то считают, что она верна.

Фейнман говорил, что "квантовую механику никто не понимает" [54]. Он имел в виду, что она построена совершенно по-другому, классические понятия потеряли прежний смысл и стали ненаглядными. Если в классической и эйнштейновской (СТО, ОТО) механиках "работали" более наглядные представления и геометрические идеи, то здесь появились новые понятия, геометрические образы, модели, структуры, не имевшие ранее в физике формы, если они имелись, то в другом смысле и наглядность заменена наблюдаемостью и др. То есть стала работать другая, незнакомая (в физическом смысле геометрия и появились новые геометрические идеи. Если в классической теории относительности геометрия работала в "открытую" и более наглядно, то в квантовой механике "конспиративно", неявно, скрыта с "псевдой", но очень глубоко и содержательно, раскрывая внутренние структуры самого физического объекта, не говоря о структурах самой геометрии. Об ее математическом языке говорить не приходится, он настолько сложен и оригинален, что сами математики иногда приходят к удивлению.

Для того, чтобы понять квантовую механику, нам кажется, надо ясно представить законы современной геометрии (аналитическую, алгебраическую, тензорную, дифференциальную и другие геометрии) и уметь пользоваться

ее современными методами и языком, например, такими, как дискретность пространств, стационарность состояния и изменчивость их как форма, модельные представления, структурное состояние, спин, четность, странность, аромат, векторность, коммутативность, неопределенность, статистичность и т.д. И их не перечислить. Все они являются физико-геометрическими понятиями и языком современной теоретической физики.

Нам кажется, объективная реальность становится физически наблюдаемой и наглядной в том случае, когда она находится в изменении, в движении, в процессе. Когда эта реальность находится в стационарном состоянии, она больше как геометрический объект. Она себя как физический объект не проявляет. Она становится физическим объектом только в том случае, когда в ее описании принимают участие геометрия и геометрические идеи как метод, то есть когда объект становится физико-геометрической структурой.

Построение современной квантовой механики началось со старой квантовой теории Бора-Зоммерфельда. Она была скорее эмпирической, описательной, интуитивной и полуклассической теорией. Каждая квантовомеханическая задача должна была решаться сначала на основе классической физики, а затем решение надо было перевести на квантовый язык. По этому поводу Борн писал: "Схожесть атомов и планетарных систем ограничена. Только в простейших случаях получается полное совпадение... Становится все более и более вероятным, что требуются не только новые гипотезы, но что придется коренным образом перестроить основные понятия физики" [55]. В 1924 году, анализируя старую квантовую теорию, Гейзенберг писал: "... искал способ сформулировать содержание принципа соответствия в виде уравнений, из которых могли бы быть выведены новые физические результаты". Гейзенберг начал выводить квантовую теорию не путем искусственной и вынужденной подгонки старых привычных понятий, а путем создания новой, действительно приспособленной системы понятий. Он был убежден в том, что в конечном счете должна быть получена замкнутая и математически строго

сформулированная квантовая механика, и что нельзя ей оставаться в состоянии противоречий и компромиссов между классической механикой и квантовыми условиями. В 1925 году Гейзенбергом был преодолен старый стереотип мышления и

построена матричная механика $\frac{du}{dt} = -\frac{i}{\hbar}[U, H]$ Оно

представляет собой общее уравнение движения для динамической переменной в механике Гейзенберга. Он в своей теории применил боровский принцип соответствия, установил некоторую математическую закономерность в расчетах свойств атомов и предположил наличие соответствия форм законов классической и квантовой теорий. Принцип соответствия превратился в принцип, соотносящий спектр и теоретически определяемый внутреннюю структуру атома. Внутренняя структура в сущности была геометрической формой физического объекта.

Таким образом, теория Гейзенберга была не феноменологической схемой, слепо следовавшей за экспериментом, в ней была заложена мощная геометрическая идея, которая после разработки привела к обогащению и обобщению понятия наблюдаемости. Правда, вначале Гейзенберг наблюдаемость трактовал в духе старой квантовой теории. Положение стало меняться в работах Борна и Иордана, затем Гейзенберга, в которых появился новый квантотеоретический подход, то есть геометрический к наблюдаемости. Они сделали координату и импульс фундаментальными квантовыми понятиями теории: относительно их строились новые квантовые уравнения движения. Они рассматривали не наблюдаемость координат и импульса, а ненаблюдаемость этих характеристик. Они ставили задачу так: "движение электрона не может быть описано в терминах обычных понятий пространства и времени", то есть в понятиях "классической геометрии", а должно быть характеризовано в "символической квантовой геометрии" [56]. И в 1927 году Гейзенбергом был сформулирован принцип неопределенности координат и

импульса, и он стал одним из ключевых моментов квантовой механики и всего микромира.

Рассматривая теории Гейзенберга, Дирак дал новую математическую трактовку понятия наблюдаемой. Дирак писал, что "наблюдаемая не должна быть обязательно физической величиной, которую можно непосредственно измерить при одном единственном наблюдении; она представляет собой теоретическое обобщение такой величины" [57]. Наблюдаемая у Дирака - это оператор, геометрический символ, образ, удовлетворяющий ряду математических требований.

В беседе с Гейзенбергом Эйнштейн говорил, что "не думаете же вы всерьез, что физическая теория может содержать только наблюдаемые величины?". "Возможно, что я воспользовался такого рода философией, но она все равно не имеет смысла. Или, говоря осторожно, имея в виду эвристический смысл познания, надо напоминать себе, что же на самом деле наблюдается. Но с принципиальной точки зрения абсолютно неверно, что теория должна основываться на наблюдаемых величинах. В действительности все обстоит как раз наоборот. Только теория решает, что именно можно наблюдать... Только теория, то есть знание законов природы, позволяет нам по чувственным впечатлениям судить о вызвавшем эти впечатления явления" [58].

Таким образом, матричная механика строилась как математическая теория, рассматривалась как истинная теория прерывности, имея в виду целочисленные индексы матричных элементов. Борн, Гейзенберг и Йордан, анализируя классическую и квантовую механику, пришли к выводу, что имеет место аналогия перехода от классической геометрии в квантовую.

Еще одним примером мощности совместной работы физической реальности и геометрии является вторая формулировка квантовой механики (волновой механики Шредингера). Шредингер писал: "Примерно лет двенадцать боровская теория держалась твердо, отмеченная неоднократно столь поразительными и глубочайшими успехами, что нам

можно вполне простить себе то, что мы закрывали глаза на один весьма внушительный дефект этой теории: претендуя на точное описание так называемых "стандартных" состояний, в которых атом пребывает нормально, то есть в сравнительно неинтересные промежутки времени, когда ничего не случается, эта же самая теория хранила полнейшее молчание о переходных периодах, то есть о самых "квантовых скачках" (как их уже тогда начали называть). Поскольку же промежуточные состояния для данной теории - тема запрещенная, то не остается ничего иного, как считать переход мгновенным; однако, с другой стороны, излучение когерентного цуга волн длиной метрполтора, который вполне наблюдаем при помощи интерферометра, подразумевает, что на это понадобится соответствующий интервал времени, приходящийся как раз между двумя состояниями, причем в этом промежутке атому не остается никакого времени для "пребывания" в этих стационарных состояниях - тех единственных, которые теория только и может описывать" [59].

Геометрия стационарных состояний, дополненная физической реальностью, то есть процессом квантовых скачков дала возможность построить стройную, последовательную теорию микромира. Теория Шредингера была построена исходя из геометрических идей "волна-частица" де Бройля, то есть по оптико-механической аналогии. Поэтому по поводу Шредингера писал: "Нахождение общей наблюдаемой картины-модели, в которой "стационарные" состояния теории Бора играли роль собственных колебаний, а боровские дискретные энергетические уровни - роль собственных частот.... Согласно этой модели, излучаемые частоты, наблюдаемые в линейчатых спектрах, равны разностям частот собственных" [59, С. 75].

В матричной механике применялись методы абстрактной алгебраической геометрии, а в волновой теории дифференциальных геометрий, то есть теория дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных, в рамках которого квантомеханические системы описывались с помощью непрерывных функций координат и времени. И скоро доказана эквивалентность этих двух подходов

единой теории. Это доказывает, что у них один корень, это геометрия и геометрические идеи, и Гейзенберг и Шредингер понятие наблюдаемости рассматривали в плане геометрии, причем в геометрии многомерного конфигурационного пространства с неевклидовой метрикой.

Что означает оптико-механическая аналогия в волновой механике? На этот вопрос Шредингер отвечает, что: "Строго говоря, она касается не оптики вообще, а геометрической оптики.... Геометрическая оптика неприменима при малых размерах тел и высокой кривизне траектории. Аналогично классическая механика терпит неудачу в области малых размеров. Здесь она должна быть заменена новой, волновой механикой, которая будет так же относиться к классической, как волновая оптика-к геометрической." [59, С. 95].

Было непонятно, каким образом волна в многомерном пространстве может переносить энергию, импульс, момент импульса и т.д. Эта проблема была решена Борном. Он предложил статистическую трактовку волновой функции Шредингера, выразив квадрат амплитуды волн через плотность вероятности в конфигурационном пространстве. "Процессы переноса энергии, импульса и т.д. осуществляются не этой волной, - писал Борн,- а отдельными частицами. Сами же частицы движутся в соответствии с вероятными законами. Уточнение применяемых понятий возможно только на основе математических методов". И в 1926 году вывел свою знаменитую

формулу $i\hbar \frac{\partial \psi(r,t)}{\partial t} = \hat{H} \psi(r,t)$ для нестационарного

состояния и $\hat{H} \psi_n(r) = E_n \psi_n(r)$ для стационарного, по гипотезе де Бройля введенные волны, связанные с частицами как особая форма

пространства, т.е. волновую функцию $\psi(r,t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$.

Как видно, в обоих случаях формой развития новой теории выступает математическая идея. "В создании физической теории существеннейшую роль играют фундаментальные идеи, - пишут Эйнштейн, Инфельд, - физические книги полны сложных

математических формул. Но началом каждой физической теории являются мысли и идеи, а не формулы. Идеи должны позднее принять математическую форму количественной теории, сделать возможным сравнение с экспериментом".

Из анализа этих двух формулировок квантовой механики видно, что она сочетает черты как полевых теорий, так и теорий частиц. "В истории физики,- пишет в этой связи Джиммер,- трудно найти еще пару теорий, которые, охватывая одну и ту же сферу опыта, так радикально отличались бы, как эти две" [60]. Однако, в скором времени эти две теории уступили место новой, более строгой формулировке, базирующейся на более совершенном математическом аппарате, на квантовой теории преобразований. Как отметил фон Нейман, "Матричная и волновая формулировки оказались сплавленными в единую "теорию преобразований", где они слились, дополняя друг друга, и где стало возможным наиболее простое с математической точки зрения понимание физических вопросов" [61].

Этот процесс, нам кажется должен был бы наступить скоро после открытия Гейзенбергом принципа неопределенности, по причине ненаблюдаемости одновременно координатных и импульсных характеристик. Он действительно наступил. Дирак доказал, что они покоятся на теории унитарных преобразований гильбертова пространства, и матричная механика Гейзенберга является квантовой механикой в импульсном, а волновая механика Шредингера в координатном представлении. "Переход от одного представления к другому и от одной картины движения к другой осуществляется при помощи унитарных преобразований",- писал Дирак [62].

Язык квантовой механики удивителен, оригинален, и главные ее особенности в ее математичности. Дирак писал, что "сущность квантомеханического взгляда на мир не в наглядных образах, а в таком способе рассмотрения основных законов, при котором их взаимная согласованность становится очевидной" [62, С. 33]. Например спин электрона и других частиц, как его представить. "Бор видел во введении таких величин просто математический прием". "При отсутствии ясной механической

модели, - пишет И. Яух, - некоторая математическая структура может по праву рассматриваться как модель" [63].

Р. Карнап пишет, что "... необходимо искать столь сильные правила соответствия, которые бы явным образом определяли электрон. Понятие "электрон" настолько далеко от непосредственных простых наблюдений, что лучше всего сохранить его в виде теоретического термина, допускающего модификации благодаря новым наблюдениям" [64]. Например, в физике существует понятие инверсии времени, но является чисто вычислительным, вспомогательным и геометрическим приемом, лишенным объективного материального статуса. Отказаться от него как от ненужного геометрического образа, было бы равносильно отказу от физики как науки.

Анализ квантовой механики показывает отсутствие в ней ясной механической модели. Следовательно, большую роль в квантовой механике должны играть идеализация и абстрагирование, внутренне присущие математике, ее геометрической структуре. Это обусловлено тем, что геометрия изучает формы и отношения в отвлечении от всякого материального экспериментального содержания. Она исследует: во-первых, формы и пространственные отношения в чистом виде, а не совокупности предметов, во-вторых, геометрические фигуры, а не реальные тела, в-третьих, геометрические пространства, а не просто математические. Если она обнаруживает свою ограниченность при проникновении в новую область, то она, применяя свой богатый математический арсенал, может предложить совершенно новый преобразованный подход к новым явлениям. "Место математики в физической науке трудно определить раз и навсегда, - писал Дейсон. Взаимоотношение математики с наукой столь же богато и многообразно, как и сама наука. При всех изгибах и поворотах теории физики один фактор остается неизменным - решающее значение математического воображения".

Таким образом, отвлекаясь от предметного содержания и обращая внимание на структуру, геометрия тем самым приобретает огромную познавательную-теоретическую мощь,

возможность предвосхищения, что превращает ее в настоящий живительный источник новых понятий и представлений в теоретической физике. Сама геометрия приобретает сложную структуру, расширяясь в результате взаимодействия с физикой и другими разделами математики. Например, рождение теории групп результат синтеза геометрических и алгебраических начал. Преобразование геометрии происходит и сейчас в связи с применением ее в теоретической физике. Об этом пойдет речь в следующих параграфах, в связи с использованием принципов симметрии пространств для других явлений.

Однако и в квантовой механике были использованы принципы симметрии. По этому поводу Визгин писал: "Дирак, Иордан и фон Нейман, формулируя механику, исходили также из симметрии. Они рассмотрели эту теорию как теорию преобразований. Их подход был автоматической экстраполяцией принципа симметрии, руководившего построением классической механики и теории относительности. В исследованиях Дирака, Иордана и фон Неймана получила развитие идея "фазовой симметрии", симметрии пространства состояний физической системы".

Следующим моментом применения геометрических идей в теоретической физике было построение квантовой электродинамики. Разрабатывая эту теорию, Дирак стремился учесть требования теории относительности и квантовой механики, предъявляемые к геометрии пространства. Он, удовлетворяя этим требованиям, вводит в квантовую геометрию, геометрию пространств теории относительности, то есть релятивизм величин и физико-геометрический дуализм микромира. Таким способом полученное Дираком уравнение электрона с математической точностью не только совпало с опытом, оно подсказало о существовании ранее неизвестной частицы - позитрона и антивеществ. Квантовая электродинамика была первой квантовой теорией поля, совпадавшей с экспериментом.

Фундаментальные поля в основных моделях современной квантовой теории поля, например, делятся на два класса: поля материи и поля-переносчики, которые подчиняются,

соответственно, статистике Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Поля материи входят в функцию Лагранжа как сечение векторных расслоений над пространством-временем, а поля-переносчики - как связности на этих расслоениях. Координаты вдоль слоя отвечают поляризации и внутренним степеням свободы. И из этого краткого определения видно, что теория поля есть суть геометрии. Физический смысл этих понятий и других будет рассмотрен и раскрыт в последующих параграфах. Только отметим, что рассматривая геометрию мира, Лобачевский говорил, что она объективна и обусловлена материальными телами природы и не зависит от сознания человека. А вопрос какова она, может быть решен только опытным путем. Развивая идею Лобачевского, Риман говорил, что можно создать бесконечное множество различных геометрий. "Какая из них отвечает действительному миру, должна решать физика" [19, С. 87].

1.2.4 Современная теоретическая физика

Теперь рассмотрим применение геометрии и геометрических идей в современной теоретической физике, то есть в квантовой теории поля и в фундаментальных взаимодействиях. В этих теориях выдающуюся роль сыграло принятие калибровочного поля, имеющее глубокие корни в физических явлениях. Суть калибровочного поля есть геометрическое понятие расслоенного пространства, которое получено математиками безотносительно к физическим реальностям. Однако глубокий смысл калибровочной теории раскрылся в применении ее к теоретической физике. С помощью калибровочной теорий свое объяснение по существу получили все фундаментальные взаимодействия, особенно электромагнитные, слабые и сильные взаимодействия. Например, рассматривал взаимодействие калибровочной частицы фотона с электроном как электромагнитное взаимодействие, было построена теория этого взаимодействия, результаты которой превзошли все ожидания.

Нобелевские лауреаты Вайнберг, Глэшоу и Салам [24]

применяя теорию калибровочных полей, объединили слабое и электромагнитное взаимодействия, где рассматривалось взаимодействие калибровочных частиц промежуточных бозонов и нейтрино. Калибровочная теория позволила объяснить и сильное взаимодействие, описывая его как взаимодействие калибровочных частиц, глюонов и сильно действующих адронов. Все это произошло благодаря тому, что все взаимодействия были представлены в виде геометрических объектов. По этому поводу Феррара писал: "Более того, в действительно единой калибровочной теории все взаимодействия должны иметь чисто геометрическое происхождение, а различие между материальными и калибровочными полями должно быть почти неуловимыми. Вследствие различных спинов и статистик фундаментальных составляющих материи (фермионов и бозонов) это, по-видимому, приводит к требованию, чтобы объединяющая алгебраическая структура преобразовывала бозоны в фермионы и наоборот. Это достигается с помощью супералгебр Ли или суперсимметрии, правило умножения в которых содержит как коммутаторы, так и антикоммутаторы".

Если вершиной классической теоретической физики является механика Гамильтона, то вершиной следующего этапа развития теоретической физики является квантовая теория поля, которая описывает процесс в функциональном пространстве полей (поля материи и поля-переносчика взаимодействия). Здесь надо выяснить структуру полей.

Поля материи входят в лагранжиан как сечения векторных расслоений над пространством-временем, а поля-переносчики - как связности на этих расслоениях. Затем особо подчеркивая то, что в природе пока существуют четыре фундаментальных взаимодействия, показываем, что они могут быть описаны и объединены в единую теорию, если применить геометрические схемы $U(1)_{em}$, $SU(2)_c$, $SU(3)_{cull}$, $SU(5)_{об}$, ..., $SU(n)$ и их прямые произведения. Подчеркивая смысл этих схем и моделей, показываем, что они представляют особую форму внешних и внутренних симметрии, суперсимметрии, перемешивающие бозоны и фермионы, и локализацию

суперсимметрии. Последняя приводит к искривлению пространства-времени и учету гравитации. Если вклад полей-переносчиков в лагранжиан не зависит от выбора тривиализации (не имеет смысла), то эти поля называются калибровочными. Калибровочная теория сыграла выдающуюся роль в современной теории великих объединений фундаментальных взаимодействий.

Постепенно формировалось убеждение в том, что все четыре фундаментальных физических взаимодействия обусловлены калибровочными полями. При этом не только они есть геометрическое понятие, но, оказывается, что топология тоже является важной характеристикой калибровочных полей. Это было доказано крупными открытиями в виде магнитных монополей, инстантонных решений. Таким образом, оказалось, что концепция калибровочных полей обусловлена не только геометрическими, но и чисто физическими соображениями, и работы Янга-Миллса легли краеугольным камнем в основание современной физики элементарных частиц и их взаимодействий.

Однако, зная о том, что неисчерпаемость материи есть главное ее свойство и калибровочный подход в геометрических идеях является всего лишь одним из методов описания реального мира, нельзя было ожидать, что он опишет все формы взаимодействия. Так и оно вышло. Он смог описать только ограниченную область явлений физической реальности. Однако это не говорит о том, что геометрические идеи исчерпали себя, здесь исчерпала себя та форма калибровочного подхода описания природы, которая применялась для исследования только тех свойств, которые были присущи этим взаимодействиям соответствующих объектов. Это было подтверждено последующими исследованиями и новыми геометрическими идеями, выдвинутыми для описания, например, гравитации и объединения всех форм фундаментальных взаимодействий. Таким геометрическим методом оказалась теория суперструн. Многие считают, что это современный вариант единой теории фундаментальных взаимодействий, иногда ее даже называют теорией всего

сущего. Она на первый взгляд выглядит внушительной, поразительно точной по причине того, что с помощью ее можно вычислять размерности пространства-времени, фиксировать определенную калибровочную группу, включать в единую теорию гравитации и отсутствие расходимостей.

В предисловии редакторов перевода оригинальной двухтомной монографии Грина, Шварца и Виттена о "Теории суперструн" [65] отмечено, что "Струна - это кривая в пространстве, поэтому теория струн - это теория кривых, то есть протяженных объектов, в отличие от обычной квантовой теории поля, которая описывает точечные объекты. С течением времени струна заматывает некоторую поверхность, действие для струны вводится очень естественно. Это просто площадь заматываемой поверхности. Взаимодействие струн также вводится очень естественным геометрическим образом - оно связано с процессами разрыва и слияния струн. Для разработки этих простых исходных идей потребовался весьма изощренный математический аппарат, включая теорию римановых поверхностей, теоремы об индексе, некоммутативную геометрию и др. В теории суперструн осуществился синтез разнообразных идей и методов теоретической и математической физики".

Действительно, в этой теории продемонстрировано единство физических и геометрических идей, где поворотным пунктом опять послужили геометрические идеи, например, амплитуды Венециана, смысл которых заключается в релятивизме (замкнутости струны) и бозонно-суперсимметричности струн, имеющих смысл соответственно только в 26- и 10-мерной пространственно-временной структуре.

Серьезным недостатком описания суперструн было возникновение пространственно-временной суперсимметрии, природа, которой была трудно объяснимой. Однако она была преодолена благодаря геометрии, то есть калибровочной симметрии.

Подводя итоги предыдущим тезисным изложениям современного состояния теоретической физики можно

констатировать, что сейчас активно развиваются различные суперсимметричные модели, в которых предполагается существование большого числа новых элементарных частиц (глюонов, кварков и т.д.) с необычными свойствами. Имеются попытки введения дополнительных по отношению к четырем известным измерениям пространства-времени, которые спонтанно компактифицированы на планковских масштабах. Одним из таких методов является выше изложенный метод суперструны, который считается новым, очередным фундаментальным физико-геометрическим объектом и методом описания природы. Данный метод предполагает, что поля и все частицы, включая гравитона, являются возбужденными состояниями суперструны.

В последнее время сильное развитие получила теория вакуумных квантовых эффектов в электромагнитных и гравитационных внешних полях. Если электромагнитные эффекты почти подошли к лабораторному изучению в ускорителях, то естественной лабораторией гравитационных вакуумных квантовых эффектов являются черные дыры. Их объединяет то, что в тех и других случаях происходит рождение частиц. Все это намекает на то, что наша наблюдаемая Вселенная, возможно, была рождена вакуумным квантовым эффектом из "ничего" в сверхсильных полях, то есть в полях так называемых инфлантонных скалярных, которые пока не приводимы ни к каким наблюдаемым полям. Все это говорит о том, что в близких к планковским расстояниям и энергиям в пространстве-времени, возможно, происходят квантовые их изменения, с совершенно другими свойствами, измерениями и геометриями.

Возникает вопрос, какие изменения могут внести в теории известные на сегодняшний день новые результаты теоретической физики, то есть физико-геометрические идеи? Несомненно, что будущая единая теория всех взаимодействий приведет к обнаружению многих новых закономерностей, внесет дополнительные измерения в пространства-времени, следовательно рождаются новые геометрии. Может быть, они давно известны, но мы о них не подозреваем, как когда-то

происходило второе рождение геометрических объектов - спиноров Дирака, матриц Гейзенберга, полей Хиггса, топологии и т.д.

Истинным методом описания реального физического объекта, может быть, станет когда-нибудь детальный учет свойств пространства-времени, их геометрии, связанные с переходом от одной метрики к другой, подобно тому, что когда-то происходило с метриками классической механики, специальной и общей теории относительности. На это указывает, например, то, что многие особенности этих четырех фундаментальных взаимодействий находятся в органической взаимосвязи со свойствами пространства-времени и его преобразованиями, геометрией и геометрическими идеями. Тезис о том, что пространство-время является основной формой бытия и существования материи, их основные свойства определяются законами их движения и взаимодействия, то все это указывает на то, что все законы природы должны выводиться из их геометрии, становиться законом.

Значит, в каждом объекте, процессе сидит своя геометрия, свои геометрические идеи, управляющие в определенных условиях законами, подчиняющимися определенным внешним и внутренним структурам.

Значит, геометрия переводит явления из одного порядка в другой, может быть, даже в некоторый беспорядок, а этот беспорядок есть система порядков. Если порядок имеет свой закон, более простой, то беспорядок, рожденный геометрией, - это совокупность этих законов, но подчиняющихся уже другому порядку, закону. Каждый этап, уровень порядка имеет свой закон, этот закон рождается на более высоком уровне предыдущим беспорядком через геометрию. Отсюда, если сегодняшний закон родился сегодня, то только потому что он не мог родиться раньше той геометрии, которая определяла ход развития физики.

"Каждая всякая теория сразу после своего появления получает слово "нет",- писал Эйнштейн [36, С. 92]. Можно понять человека, что после тысячелетних пониманий и действий физической природы по методу чистой физики, воспринимать

новое физико-математическое мышление и понимание природы по-другому, это процесс трудный. Геометрия мира объективна, она обусловлена материальными объектами, телами природы и не зависит от сознания человека. Какова она, можно решить только опытным путем, говорил Лобачевский. Развивая идеи Лобачевского, Риман писал, что можно создать бесконечное множество различных геометрий. "Какая из них отвечает действительному миру, должна решить физика" [19, С.86].

1.3 Физические интерпретации геометрических пространственно-временных многообразий

Приведем несколько примеров геометрии пространственно-временных многообразий. Они интересны как с геометрической, так и с физической точек зрения. В частности, пространства Евклида, конфигурационного и фазового пространств, пространств-времени Минковского, Римана и Гильберта (пространства векторов состояния), суперпространства и пространств Шварцшильда, Керра, Робертсона-Уокера и других имеют важные физические значения.

Начнем с самого наглядного, известного еще со школьной скамьи евклидова пространства. Оно описывает геометрию классической Ньютоновской механики и является шестимерной группой движений пространства. Основные понятия и законы Ньютоновской механики инвариантны относительно группы галилеевских преобразований пространства и времени. Физический смысл - это движения пространства, оставляющие потенциальную энергию и их неизменность, которая представляет законы сохранения. Это ограничение накладывается принципом Галилея, который обладает двумя следующими свойствами: 1. Все законы природы во все моменты времени одинаковы во всех инерциальных системах координат. 2. Все системы координат, движущиеся относительно инерциальной равномерно и прямолинейно, инвариантны.

Эти два свойства говорят о том, что физические законы и геометрические свойства пространства и времени едины и

взаимообусловлены. Пространство и время, где разыгрываются физические явления и процессы обладают галилеевой структурой и группой преобразования, элементами которых являются мир, время и расстояние между одновременными событиями и галилеева группа преобразований размерностью.

Мир - это четырехмерное аффинное пространство, параллельный перенос которого дает вещественное линейное пространство, точки которого называются событиями или мировыми точками.

Время - это отображение линейного пространства на вещественной "оси времени" и образует промежуток времени.

Рассояние между одновременными событиями превращает каждое пространство этих событий в трехмерное евклидово пространство.

Галилеева группа преобразований состоит из трех составляющих равномерного движения, из четырех сдвигов начала отсчета и трех поворотов осей координат, которые составляют размерность группы Галилея.

Движением называется дифференциальное отображение координат интервала вещественной оси в евклидовом пространстве.

Вектора скорости и ускорения точке начального времени называются, соответственно, производные дифференциальных отображений. Образ дифференциального отображения называется траекторией или кривой в евклидовом пространстве. Вот в чем физические интерпретации геометрии евклидового многообразия трехмерного пространства в Ньютоновской классической механике.

Следующая геометрия конфигурационного многообразия, которая служит основой описания Лагранжевой механики. Если траектория в галилеевом пространстве (это четырехмерное пространство евклида, снабженное галилеевой пространственно-временной структурой), являющаяся в какой-нибудь галилеевой системе координат графиком движения, то эта кривая называется мировой линией. И если движение системы из n точек задается в галилеевом пространстве и мировыми линиями и описывается и отображениями, то прямое произведение

из экземпляров трехмерного пространства называется конфигурационным пространством системы и точек. Оно имеет структуру дифференцируемого многообразия. Лагранжева механическая система задается геометрией конфигурационного пространства и функцией Лагранжа на его касательном расслоении. В этом многообразии действует группа диффеоморфизмов и основные понятия и законы лагранжева механики инвариантны относительно этой группы. Законы сохранения определяются этой группой. Ньютоновская механика является частным случаем Лагранжевой механической системы.

Экстремали вариационного принципа (принципа наименьшего действия Гамильтона) позволяют определить движения потенциальной системы. Значит, задача заключается в отыскании экстремумов функций, область определения которых - бесконечномерное пространство кривых, определяемых числом степеней свободы. И такие функции называются функционалами. Примером его является длина кривой, например, на евклидовой площади.

Голономность системы материальных точек (стесненность системы голономными связями, силами реакции, условиями ограничения движения и др.) задает функцию Лагранжа на касательном расслоении. Например, движение задано некоторой гладкой кривой на плоскости, если в окрестности этой кривой имеется очень сильное силовое поле, направленное к кривой, то движущаяся точка будет всегда находиться вблизи этой кривой. В предельном случае бесконечно сильного поля точка вынуждена оставаться на кривой. В последнем случае говорят, что на систему наложена связь и в результате рождается конфигурационное пространство, описывающее связанное движение. Значит, Лагранжева механика рождена в результате взаимодействия физической реальности и геометрии пространственно-временного многообразия и их дифференцируемости. Размерность определяется числом степеней свободы. Например, при отсутствии внешних сил движущаяся точка не смогла бы находиться на гладкой поверхности, так как по закону Ньютона она имела бы

траекторию прямой. Чтобы материальная точка оставалась на выпуклой или вогнутой поверхности должна действовать некоторая сила. Она и называется силой реакции. В Лагранжевой механике касательные векторы к конфигурационному многообразию называются виртуальными перемещениями и сумма работ сил реакции на любом виртуальном перемещении равна нулю. Этот принцип, называемый принципом Даламбера-Лагранжа и является физической интерпретацией геометрического пространственно-временного многообразия и он эквивалентен вариационному принципу.

Если уравнения Ньютона, построенные на основе евклидового пространства, позволяют исследовать до конца ряд важных задач механики, например задачу о движении в центрально-симметричном поле, то Лагранжева механика, построенная уже на конфигурационном пространстве, позволяет исследовать до конца задачи по теории малых колебаний и динамики твердого тела.

Следующая, завершившая всю классическую механику теория, - это механика Гамильтона и она называется геометрической теорией в фазовом пространстве. Фазовое пространство - это четырехмерное пространство с системой отсчета обобщенных координат q обобщенных импульсов p (соответственно по горизонтали и вертикали). Состояние механической системы в данный момент времени изображается в фазовом пространстве одной фазовой точкой. С течением времени эта точка движется по фазовой траектории и через каждую точку проходит лишь одна фазовая траектория данной механической системы. Этим свойством не обладают, например, предыдущие пространства. Фазовое пространство имеет структуру симплектического многообразия и в нем действует группа симплектических диффеоморфизмов. Основные понятия и законы гамильтоновской механики инвариантны относительно этой группы. Гамильтоновская механическая система задается фазовым пространством симплектической структурой, то есть интегралом Пуанкаре-Картана и функцией Гамильтона, являющейся в первом

интеграле движения пространства. Если евклидова структура в линейном пространстве задается симметрической билинейной формой, то симплектическая - кососимметрической. Геометрия симплектического пространства не похожа на евклидову, хотя и имеет много общих черт.

Основные понятия и теоремы гамильтоновской механики возникали при перенесении на общие вариационные принципы некоторых весьма простых и естественных понятий геометрической оптики, управляемой частным принципом – принципом Ферма. Можно привести следующую оптико-механическую аналогию.

<i>Геометрическая оптика</i>	<i>Гамильтоновская механика</i>
1. Оптико-геометрическая среда	1. Расширенное фазовое пространство
2. Принцип Ферма	2. Принцип Гамильтона
3. Лучи	3. Траектория
4. Индикатриса	4. Лагранжиан
5. Волновой фронт	5. Импульс
6. Вырождение импульса	6. Преобразование Лежандра
7. 1-форма pdq	7. 1-форма $pdq - Hdt$
8. Функция действия	8. Уравнения Гамильтона-Якоби

Лагранжева механика является частным случаем гамильтонова механики, фазовое пространство как касательное расслоение конфигурационного пространства, а функция Гамильтона есть преобразованная функция Лагранжа методом Лежандра. Следовательно, гамильтоновская механика является вершиной классической механики, построенной на этих трех геометриях на абсолютных пространственно-временных многообразиях.

Однако геометрические идеи, в рамках которых были построены основы классической механики, не исчерпали себя. За последние годы в этой, казалась бы, незыблемой классической механике произошли крупные изменения в связи с применением в

классической физике симплектической геометрии. Например, на этой базе произошло развитие теории коротковолновых асимптотик, с их приложения в оптике, теории волн, акустике, спектроскопии и даже в химии. Одновременное развитие получили теории лагранжевых, лежандровых особенностей и многообразий и их топологии. Большие успехи достигнуты в симплектической топологии и диффеоморфизмах, обобщающий геометрическую теорему Пуанкаре. Также надо отметить развитие геометрии систем лучей, геометрической теории эллиптических координат, геометрического квантования и т.д.

Таким образом, классическая механика держится на трех принципах:

1. Все инерциальные системы отсчета равноправны;
2. Состояние системы в какой-либо момент времени определяется полностью координатами и скоростями всех частиц системы в тот же момент времени – то есть принималось представление о мгновенности распространения взаимодействий;
3. Пространство и время в инерциальных системах однородно и изотропно.

Однако классическая механика, построенная по существу на этих трех фундаментальных физических допущениях, и геометрии и геометрические идеи которые удовлетворяли ее требованиям, не смогли объяснить такие явления, как оптика и электродинамика. Они обладали совершенно другими свойствами с точки зрения классической механики, то есть не характерными для механических систем. Нужны были новые физические допущения и новые геометрические идеи. Необходимо было допустить, что взаимодействие передается не мгновенно, а с конечной скоростью. Для согласования принципа относительности с принципом постоянства скорости света, надо было допустить относительность пространства и времени, то есть жертвовать их абсолютностью.

Основным физико-геометрическим принципом, приведшим к согласованию этих противоречий, было введение понятия события (физическая величина), которое характеризуется местом (геометрическая), где и временем (физическая) когда

оно происходит.

В этом самом принципе сразу в глаза бросается одно собственное внутреннее противоречие – это несогласованность между местом и временем, которые характеризуют единство события. Это противоречие блестяще было решено Минковским [28], который время сделал очередной координатой четырехмерного пространства. Из этого вытекало, что каждой инерциальной системе отсчета, соответствуют не только свои координаты, но и свое время. Так и родилась специальная теория относительности. Геометрическая интерпретация была дана Минковским в виде псевдоевклидова пространства.

Пространство-время Минковского описывает одновременно геометрию специальной теории относительности, и геометрию, индуцированную на каждом фиксированном касательном пространстве произвольного Лоренцева многообразия. Этим геометрия Минковского играет для лоренцевых многообразий такую же роль, как геометрия евклида для римановых многообразий, и оно называется иногда плоским, аналогично любым лоренцевым многообразиям, где тензор кривизны тождественно равен нулю. Оно физически удовлетворяет всем условиям причинности. Геодезические в точности совпадают с прямыми линиями евклидова пространства, а аффинная параметризация этих геодезических пропорциональна обычной евклидовой параметризации длиной дуги. Все пространство-время Минковского можно конформно отобразить на малое открытое множество, содержащее начальную точку и можно его представить в виде диаграммы Пенроуза, которая является двумерным представлением сферически-симметрического пространства-времени.

Пространство Минковского отличается тем, что в нем можно ввести глобальную систему координат, в которой метрический тензор имеет диагональный вид, поскольку все его компоненты, кроме тех, что расположены по главной диагонали, равны нулю:

$$\gamma_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Отличие знака у Y_{00} от знаков других диагональных компонент отражает выделенность времени по сравнению с пространственными измерениями. Указанная система называется галилеевой и является обобщением декартовой системы координат в евклидовом пространстве. В галилеевой системе координат квадрат интервала имеет вид:

$$ds^2 = dx_0^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2.$$

Здесь роль координаты x_0 играет величина ct , где c – скорость света, а t – время, i – множитель, простой как геометрический объект.

Известно, что одна декартова система координат может быть преобразована в другую трансляциями и поворотами. При этом сохраняется форма интервала. Соответствующие преобразования координат суть не что иное, как знаменитые преобразования Лоренца. Таким образом, в пространстве Минковского существует десятипараметрическая группа движений: четыре трансляции, три обычных и три лоренцевых поворота.

Если свойства физической системы не меняются при преобразованиях из группы движения пространства, то каждому такому преобразованию соответствует свой закон сохранения. Это утверждение носит характер математической теоремы. Так, временной трансляции соответствует закон сохранения энергии, а пространственным – закон вектора импульса. В СТО эти законы объединяются в единый закон сохранения четырехмерного вектора энергии-импульса. Трех обычным и лоренцевым поворотам соответственно – законы сохранения вектора углового момента и вектора скорости движения, центра инерции системы.

Теперь рассмотрим геометрические пространственно-временные многообразия Лобачевского и Римана. Их основы были заложены в середине XIX века в трудах Лобачевского, Бойаи, Гаусса, Римана, Бильрами, Клейна и других. Главным открытием неевклидовой геометрии является отказ от пятого постулата евклидовой геометрии, заменяя его положением, что через точку вне заданной прямой можно провести, по крайней мере две прямые, ей параллельные (в геометрии Лобачевского) или вообще нельзя провести прямую, ей параллельную (в геометрии Римана). Их обычно называют, соответственно, гиперболической и сферической геометриями в связи с тем, что в первом случае она эквивалентна геометрии на трехмерном гиперboloиде, а во-втором – на трехмерной сфере в четырехмерном евклидовом пространстве. Чтобы наглядно проиллюстрировать их смысл, достаточно изобразить гиперboloид или сферу в нашем трехмерном пространстве. Геометрии на нем эквивалентны соответственно геометрии Лобачевского – аналогу школьной планиметрии Евклида и геометрии Римана – это сферическая геометрия на земном шаре. Роль прямых играют геодезические дуги и сумма углов, соответственно, всегда меньше и всегда больше 180 градусов и являются геометриями пространств постоянной отрицательной и положительной кривизны.

Надо отметить, что Риманова геометрия отличается от других неевклидовых, геометрий тем, что она построена локально. Расстояние между бесконечно близкими точками с координатами определяется квадратичной формой $ds_{ij} = g_{ij} dx_i dx_j$. Где g – метрический тензор риманова пространства. Он определяется матрицей:

$$g_{ij} = \begin{pmatrix} g_{00} & g_{01} & g_{02} & g_{03} \\ g_{10} & g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{20} & g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{30} & g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{pmatrix}$$

Метрический тензор симметричен, для четырехмерного пространства содержит десять независимых компонент. Через метрический тензор можно написать уравнение геодезической длины, выразить кривизну риманова пространства и прочие его свойства, то есть можно узнать о пространстве почти все. Кривизна риманова пространства – довольно сложное понятие, например, она описывается тензором четвертого ранга R_{ijk} (тензором Римана), который строится из компонент метрического тензора g_{ij} и его производных. Равенство нулю тензора Римана во всем пространстве означает, что это пространство "плоское", евклидово. Из тензора Римана по определенным простым правилам строится тензор второго ранга R_{ij} (тензор Риччи) и скаляр R – скалярная кривизна, которые также характеризуют кривизну риманова пространства. Величины R_{ijk} , R_{ij} , R могут меняться от точки к точке, так что гиперболические и сферические пространства постоянной кривизны являются частными случаями риманова пространства.

Эйнштейн отмечал, что "Риман путем чисто математических рассуждений пришел к мысли о неотделимости геометрии от физики...". Об этом ставили вопрос еще Лобачевский, Гаусс и др. Идеи о связи физических свойств материи со свойствами искривленного пространства развивал в дальнейшем Клиффорд. Он предполагал, что физическими причинами появления кривизны пространства может быть теплота, свет, электромагнитное поле. Эти последние две геометрии (геометрии Минковского и Римана) и их пространственно-временные многообразия являются основами СТО и ОТО.

Мы рассмотрели геометрии и геометрические идеи, применяемые в классической теоретической физике. А переход к квантовым явлениям (микромиру) показывает, что они коренным образом отличаются от классических явлений. Следовательно, должны отличаться и геометрии и геометрические идеи. Например, механическое описание какой-либо системы имеет два аспекта: во-первых, надо как-то описать состояния системы в данный фиксированный момент времени и,

во-вторых, описать изменение состояния со временем.

Анализ классической и квантовой механики показывает, что первая занимается вторым аспектом, а вторая – первым аспектом, то есть описанием состояния системы в фиксированный момент времени. И, казалось бы, легче описывать фиксированные состояния, чем когда они изменяются. А анализ построения квантовой механики и последующих теорий показывает, что математический аппарат и геометрические идеи в них намного сложнее, чем у классической физики и отличаются по структуре, свойствам и проявлению.

Возникает вопрос, откуда черпаются те идеи и принципы, которые, во-первых, подсказали бы естественный переход от классического описания к квантовому, во-вторых, стали бы стержнем построения всей квантовой теории микромира. Таким фундаментом оказался принцип действия Планка (то есть постоянная Планка \hbar) и вытекающие из него соотношения неопределенности Гейзенберга. Если первый определяет размерность микромира, то вторые его измеряемости. И оба являются геометрическими идеями, и они внесли серьезные изменения геометрии пространства-времени, где разыгрываются квантовомеханические явления.

Теперь рассмотрим, в чем смысл этих изменений. Для квантовой системы, находящейся в некотором фиксированном состоянии, мы можем однозначно предсказать результаты измерений лишь некоторых динамических переменных; результаты измерения остальных динамических переменных в том же состоянии не могут быть предсказаны однозначно. Это приводит к одному характерному для микромира проявлению, вероятностной интерпретации квантовых явлений, то есть к квантовому принципу суперпозиции состояний микромира. Например, если мы будем проводить одно и то же измерение несколько раз, то будем получать разные результаты. Поэтому приходится говорить о вероятности получения притакого рода измерениях, тот или иной результат.

Если в классической физике состояние определяется однозначно, то в квантовой – нет. Здесь важной

отличительной чертой является то, что система, находящаяся в некотором состоянии, может в то же время частично находиться и в других, и то пространство, где разыгрываются квантовые процессы, расслаивается, образуя множество подпространств, которые подчиняются законам геометрии расслоенных пространственно-временных многообразий. Это приводит к принципу суперпозиции, который гласит, что если измерение некоторой величины в состоянии A всегда дает результат a , а в состоянии B – результат b , то суперпозиции A и B дают состояние, в котором в результате измерения той же величины может быть получено либо a , либо b с некоторыми вероятностями.

Таким образом, мы видим, что при описании квантовомеханической системы приходится оперировать совершенно новыми для классической теории понятиями: состояниями, удовлетворяющими принципу суперпозиции, измерениями динамических величин, не приводящими к одному определенному результату, вероятностями частных результатов измерений.

Такое поведение микромира перед геометрическими пространственно-временными многообразиями ставит жесткие условия и требует, чтобы они строго соответствовали квантовым процессам. Такими геометрическими объектами и моделью, соответствующими состояниям квантовомеханической системы, являются векторы некоторого линейного пространства над полем комплексных чисел. Таким пространством является пространство Гильберта. Оно представляет собой скалярное произведение функций $f(x)$ и $y(x)$, которое дает число и отвечает норме функции класса интегрируемых с квадратом на действительной прямой. Если $(f, g) = 0$, то говорят, что функции f и g ортогональны и являются векторами пространства.

Определенное таким образом скалярное произведение обладает свойствами

$$1. (f + k, g) = (f, g) + (k, g)$$

$$2. (f, af) = a(f, g)$$

$$3. (af, g) = a * (f, g).$$

Если функции f и g являются элементами некоторых линейных множеств A и B , то можно найти такой оператор L , который может преобразовать элементы одного множества в элементы другого множества. Такой оператор называется линейным, если для любых элементов f и g из A и комплексных чисел a и b справедливо

$$L(af + bg) = aLf + bLg.$$

Множество A называется областью определения оператора, а его элементы называются действительными переменными функциями и могут принимать непрерывное и счетное множество значений. В последнем случае в качестве аргумента функции можно рассматривать номера этих значений. Например

$$F(X_n) = F(n) = F_n.$$

Для матричной формы

$$L_{nm} F_n = G_m.$$

Таким образом, можно перечислить все основные свойства вводимого векторного пространства:

1. Складывать и умножать на комплексные числа;
2. Суммировать и составлять ряды;
3. Интегрировать по непрерывному параметру;
4. Суперпозицией;
5. Метрикой, то есть скалярным произведением;
6. Сопряженностью пространств (то есть дуальностью), следовательно, нормой;
7. Коммутативностью;
9. Эрмитовостью и т.д.

Можно было бы перечислить все свойства этого пространства, однако ограничимся этими; основными.

Ход развития математического аппарата квантовой

механики показывает, что операторы в пространствах векторов состояния вводятся, следуя естественному ходу геометрической, а не физической мысли, то естественно, физически трудно найти какой-либо смысл в соответствии одному состоянию – другого, найти какие-либо места операции, которая преобразует состояние системы в некоторое новое состояние.

Теперь постараемся дать физические интерпретации геометрии пространственно-временных многообразий квантовой механики. Когда мы говорим о состояниях, то отмечаем, что всякая квантовомеханическая система может находиться в состоянии, в котором какая-либо динамическая переменная имеет совершенно определенное значение, то есть можно представить, что ее измерение наверняка приведет к одному фиксированному результату. Значит, эта квантовомеханическая переменная ведет себя как классическая. Но классические динамические переменные ничего не делают с состояниями. Следовательно, интересно, можно ли найти такие возможности, когда действие квантовой динамической переменной на какое-то избранное состояние системы состояло в "недействии" на него. Оказывается, можно, если решить проблему собственных значений, то есть когда действие оператора на вектор состояния сводится к умножению этого вектора на число, то есть знаменитое уравнение Шредингера, которое объединяет геометрическую модель с физическим объектом. При этом отличие квантовых динамических переменных от классических – это их некоммутативность, приводящая к принципу неопределенности.

Физически первичным оказывается не понятие самого оператора, а понятие совокупности его собственных векторов, образующих пространства и их собственные значения, которые составляют состояние системы. Оператор, выражаясь геометрическим языком, возникает в обличье своих главных направлений и характеристических чисел, его общая форма проявляется только как вторичное понятие при переходе в описании состояний физической системы к их классификации по значениям какой-либо другой динамической переменной. Все

это приводит к тому, что физически величины не присущи изначально квантовым состояниям, а лишь возникают в процессе измерения. Что касается физического смысла волновой функции, то ее интерпретация общеизвестна.

Теперь вкратце остановимся на геометрии других пространственно-временных многообразий, применяемых в современных физических теориях.

Геометрия расслоенного пространства. Как известно, элементарные частицы характеризуются рядом сохраняющихся величин, таких, как электрический заряд и т.д., не связанных со свойствами пространства-времени. В каждом из таких законов сохранения проявляется некоторая внутренняя симметрия уравнений поля, то есть физические поля могут быть подвергнуты определенным преобразованиям симметрии, оставляющим уравнения инвариантными. Если такие преобразования можно выполнить независимо в каждой точке пространства-времени, то говорят о локальной калибровочной симметрии.

Важность этой симметрии связана с тем, что она почти однозначно предсказывает свойства всех физических полей, переносящих взаимодействия. Эта геометрическая идея оказалась весьма плодотворной при построении теорий почти всех фундаментальных взаимодействий. Применение калибровочной симметрии в этих взаимодействиях стало возможным благодаря механизму Хиггса, то есть теории спонтанного нарушения симметрии, смысл которой заключается в перемешивании бозонов и фермионов (суперсимметрия или Ферма и Бозе симметрия).

Геометризация калибровочных полей показывает, что четырехмерное пространство-время – лишь частный случай возможных динамических геометрий. Калибровочному полю соответствует геометрия расслоенного пространства, получаемого из обычного пространства-времени заменой его точек "внутренними" пространствами, в которых действует калибровочная группа. "... Классическую теорию калибровочного поля можно рассматривать как аспект геометрии и в этом смысле реализуется глубокая физическая и

философская идея Эйнштейна о том, - пишут Коноплева Н.П., Попов В.И., - что геометрия пространства-времени сама по себе не существует, ибо она определяется взаимодействием физических тел. Иными словами, каждый вид взаимодействий создает свою геометрию" [66].

Таким образом, классическая теория калибровочных полей, подобно ОТО, становится чисто геометрической теорией, а возникшая в результате этого единая теория различных взаимодействий оказывается также геометрической. И это позволяет описывать калибровочные поля с помощью простых геометрических понятий: коэффициентов связности и тензора кривизны. Переход от четырехмерного пространства-времени к расслоенному пространству означает, что физическое пространство, определяемое взаимодействиями, может быть многомерным и даже бесконечномерным.

Теперь рассмотрим геометрию этого пространства и постараемся дать физическую интерпретацию этой геометрии. В качестве наглядного представления этого пространства рассмотрим следующий пример. Пусть мы имеем плоское евклидово пространство (плоский лист) и искривленное риманово пространство (сферу). Они несовместимы, то есть евклидовым пространством нельзя "завернуть" пространство Римана. Для этого евклидово пространство надо разрезать на множество маленьких квадратиков и, плотно приложив их друг к другу, этими квадратиками можно покрыть риманова поверхность. Отсюда видно, что они отличаются тем, в первом случае квадратик образует плоскость (плоский лист), а во втором, составляя угол поворота относительно друг друга, образуют искривленное пространство (сферу). В геометрии подобный взаимный поворот называется коэффициентом связности и отсюда искривленное пространство представляет множество плоскостей взаимными поворотами (коэффициентами связности).

Для раскрытия сущности этого пространства рассмотрим следующий простой пример. Пусть мы имеем лист и сферу, составленные из тех же квадратиков. И повернем их на девяносто градусов по оси перпендикулярной к поверхности

листа и по поверхности выбранного квадратика сферы, мы заметим, что оба они переходят, как говорится, в себя. Все точки листа повернутся в одной плоскости, а точки квадратиков сферы в разных плоскостях, правда, кроме точек того квадратика, относительно которого совершен поворот. Из этого видно, что для листа симметрия была целой, а для сферы она локальной.

Если проделать некоторый анализ этому примеру и ОТО, то нетрудно заметить, что принцип эквивалентности Эйнштейна в ОТО очень похож на установленную в приведенном выше примере локальную эквивалентность сферы и плоскости. И будет полным совпадением, если отождествить гравитационное поле (физическое понятие) с коэффициентами связности (геометрическое понятие) и оно станет геометрической интерпретацией гравитации. Таким образом, оказывается, что переход от плоского пространства-времени к искривленному, но обладающему локально теми же свойствами пространства представляет геометрическую интерпретацию гравитационного поля. Такую же интерпретацию можно дать и другим видам взаимодействий, если локализовать внутреннюю симметрию элементарных частиц.

Это можно продемонстрировать на примере летящего футбольного мяча. Свободное движение центра инерции мяча не зависит от того, вращается мяч или нет и т.д. Вращение вокруг собственного центра инерции – это внутренняя степень свободы. И она может изменяться, если на него действует некоторое поле сил, закручивающих его или наоборот тормозящих. Это поле сил – аналог калибровочного поля. Так можно определить калибровочное поле.

Калибровочными преобразованиями называются те преобразования функций, описывающих движения частицы, которые не отражаются на наблюдаемых характеристиках движения, то есть не изменяют ее физического состояния. В этом смысле вращения мяча вокруг своего центра инерции являются аналогом калибровочных преобразований внутренней симметрии, если нас интересует лишь траектория движения мяча.

Для того чтобы наблюдать вращение мяча, его делают пятнистым. Но сделать внутренние вращения наблюдаемыми можно, только нарушив внутреннюю симметрию, поскольку пятнышки делают неэквивалентными разные повороты мяча. Значит, наличие какой бы то ни было симметрии означает наличие неотличимых состояний, тогда как наблюдение предполагает различие состояний, то есть нарушение симметрии, то нарушение всегда связано с воздействием на систему поля сил, о чем мы говорили выше (калибровочных полей). Иначе говоря, для того чтобы сделать симметрию наблюдаемой, нужно ее нарушить.

Значит, для локализации внутренних симметрий, подобно локализации пространственно-временных симметрий, необходимо ввести некоторый физический объект – калибровочное поле. Оно впервые было введено Янгом и Миллсом [23]. Смысл этого понятия заключается в том, чтобы сохранить изотопический спин. А это тождественно требованию инвариантности всех взаимодействий относительно вращений изотопического спина. Это означает, что если мы электромагнитными взаимодействиями пренебрегаем, то ориентация изотопического спина не имеет физического смысла. В этом случае мы говорим, что нейтрон и протон не различимы. Для того чтобы различить, их надо поместить в электромагнитное поле. Но при этом необходимо учесть, что электромагнитное взаимодействие передается с конечной скоростью, то есть со скоростью света.

Расслоенное пространство получается из обычного пространства-времени, если его точки имеют "внутреннюю структуру". Геометрия расслоенного пространства обобщает риманову геометрию и включает ее как свой частный случай.

Внутреннее пространство не может быть отождествлено с обычным пространством-времени. Группы преобразований симметрии относительно точек, лежащих внутри тела и вне его, изоморфны между собой, но не совпадают. Переход от симметрии всего пространства к локальной в окрестности точки напоминает переход от плоского пространства (Минковского) к искривленному (Римана). Риманово пространство можно

представить как многообразие, точками которого являются плоские пространства Минковского, причем присоединены они между собой коэффициентами связности Риччи или Кристоффеля. Если аналогичным образом рассматривается четырехмерное многообразие, точками которого являются пространства представлений группы внутренней симметрии, то получается пример расслоенного пространства.

Важным свойством локальных симметрии является наличие тождественных соотношений между экстремалами и производными от них. Этим тождествам можно придать вид законов сохранения, которые оказываются сильными и выполняются независимо от конкретного вида лагранжиана и уравнений движения.

Физической моделью расслоенного пространства может служить любое множество тождественных, но по-разному ориентированных в различных пространственно-временных точках элементов (спинов, атомов, молекул и т.д.). Исследование геометрии расслоенного пространства позволяет рассматривать не только каждое калибровочное поле отдельно, изменяя лишь структуру слоя в соответствии с калибровочной группой, но и несколько полей одновременно, если над каждой точкой пространства-времени внести несколько слоев.

Таким образом, анализируя геометрию расслоенных пространств Коноплева и Попов пишут, что "... в основе каждой физической теории лежит постулат о геометрических свойствах пространства-времени, причем этот постулат находит свое выражение в принципе относительности теории. В этом смысле геометрия логически предшествует эксперименту. Законы физики не могут быть выражены без помощи геометрии, хотя сама по себе, не соответствует никаким опытам, никакой опытной науке".

Несколько слов о пространствах Шварцшильда, Керра и Робертсона-Уокера. Пространства Шварцшильда представляют собой сферически-симметричные пространственно-временные многообразия, пустые вне невращающихся сферически-симметричных тел. Они исследуются для гравитационных полей вне невращающихся черных дыр. Внешнее

пространство-время Шварцшильда можно рассматривать как Лоренцево искривленное произведение. Внешнее решение Шварцшильдовской метрики физически представляет гравитационное поле вне невращающегося сферически-симметрического массового объекта.

Гравитационные поля вне вращающихся черных дыр соответствуют пространствам Керра. Они представляют собой стационарные асимметричные метрики всех вращающихся объектов. Гравитационное поле вне вращающейся черной дыры определяется решением уравнений Эйнштейна для вращающихся черных дыр и им является решение Керра.

Космологические модели "большого взрыва" строятся на пространствах Робертсона-Уокера. Пространственно-временные многообразия, такого типа рассматриваются на специальном множестве пространственно подобных гиперповерхностей так, что каждая гиперповерхность соответствует одному моменту времени. Также они включают в себя такие космологические модели общей теории относительности, как статическую вселенную Эйнштейна. Пространства Керра и Робертсона-Уокера и их физические интерпретации мы рассматривали совместно в связи с тем, что они оба имеют непосредственное отношение к теории относительности одинаково.

В последнее время родилось еще одно пространство, имеющее богатую возможность – пространство скобок Пуассона. "Теорию скобок Пуассона можно отнести, по-видимому, к области дифференциальной геометрии или дифференциальных уравнений первого порядка.... На этом фоне почти необъяснимым был рывок Ли, осознавшего, что как раз вырожденные скобки заключают в себе богатейшие геометрические и алгебраические структуры, тесно связанные с зарождавшимися уже тогда элементами некоммутативного анализа", - пишут Карасев М.В. и Маслов В.П. в книге "Нелинейные скобки Пуассона. Геометрия и квантование" [67] "Пуассоновская геометрия богаче симплектической геометрии" [67]. Поворотным пунктом применения пространства скобок Пуассона в построении геометрических теорий физики стала

идея Дирака [62] о том, что скобки Пуассона являются геометрическим объектом.

Существует много возможностей применения математики для познания того, что мы называем действительностью. При этом думать, что математика является всего лишь инструментом для описания явлений и процессов было бы грубой ошибкой. Она давно стала методом мышления для познания действительности. Думается, что истинное понимание действительности может иметь место лишь тогда, когда для всей совокупности рассматриваемых явлений и процессов применена строгая и последовательно-логическая математическая модель. Всегда создатели физических теорий обращались либо за помощью к уже достаточно разработанным областям математики, либо стимулировали развитие новых математических структур. Можно привести массу фактов, подтверждающих это. Например, матрицы, спиноры, топология, дифференциальная и алгебраическая геометрия и т.д., родившиеся на свет дважды: первый раз в руках математика, второй раз в руках физика.

Следующим крупным событием взаимодействия математической и физической мысли стало рождение тензорного анализа, введенного кристаллографом Фохтом и развитого Кристоффелем. Благодаря тензорному анализу геометрия Римановых пространств стала более богаче И кто не помнит, как работы Риччи и Леви-Чивиты [68] по тензорному анализу приводившие Эйнштейна к открытию основ общей теории относительности. С другой стороны, теория относительности стала подлинным источником развития современной дифференциальной геометрии.

В силу очевидных причин теоретическая физика не смогла вмешаться, если можно так выразиться, в рамки старых геометрий пространств, представлений и структур. Для решения новых физических задач надо было предложить множество новых геометрических пространств, представлений и структур (идей). Кроме известных, надо было ввести пространство Вейля, основанное на конформной группе, Эдингтона с линейной связностью, Пенроуза, Янга-Миллса,

Хокинга, Фаддеева, суперпространств, суперсимметрии, супергравитации, суперструн, супермембраны и т.д. И этот процесс продолжается. "Процесс развития и эволюции физических теорий будет, конечно, продолжаться и в будущем, но каждая новая фаза развития науки включает в себе в очищенном виде все достижения предыдущих этапов. Природа неисчерпаема, и наука не знает и не будет знать вечных и абсолютных истин ... казавшиеся ранее весьма существенными, сплошь и рядом оказываются лишенными всякого содержания и сама постановка их смысла не имеющей", - писал Тамм И.Е. [69].

В связи с физической интерпретацией геометрии пространственно-временных многообразий, хотелось бы остановиться еще на одном моменте, имеющем очень важное значение в физике, например размеров тел и частиц. Когда мы переходим от привычных нам размеров к очень малым, мы знаем, что гравитационные эффекты теряют свое значение, поверхность перестает быть гладкой и становится настолько непонятной, что нам уже трудно определить, что же считать поверхностью. Здесь надо применить уже какие-то другие приемы описания, основанные на новых идеях и представлениях. Во всяком случае, мы не должны будем удивляться, когда окажется, что в атоме, то есть при очень малых размерах тел, решающую роль будет играть особое поле, которое в условиях обычных опытов ничем себе не проявляет и т.д.

Подобные соображения часто применяются во всех областях физики. Когда мы приступаем к изучению любой физической системы, такие соображения имеют исключительно важное значение наравне с оценкой порядка тех или иных величин. Поэтому часто наилучшим методом анализа поведения системы является изучение того, как меняется ее состояние при изменении ее размеров, скорости движения, и главное, как реагирует на это геометрия того пространства, в котором "живет" рассматриваемый объект.

Более того, иногда изучение различных систем в весьма необычных масштабах позволяет установить совершенно новые и неожиданные физические законы. При изменении масштаба

какие-то свойства физического объекта могут быть выдвинуты на первый план, а какие-то другие, наоборот, подавлены. Это подобно рождению или уничтожению геометрии пространств. Такой подход позволяет нам, если не сделать открытие новой геометрии, то по меньшей мере лучше понять многие явления и процессы, не столь заметные в мире обычных масштабов. Вот, например, высокие или низкие температуры (это тоже один из примеров изменения размера), скорости и ускорения объекта, изменения геометрии. Мы строим физику в масштабе наших размеров, наших обычных условий, в соответствии с окружающим нас миром, то есть в мире восприятия, а интересы физики куда шире, они простираются от размеров постоянной Планка до Вселенной. Например, уравнения, вытекающие из геометрии Евклида, точно описывающие движения тел обычных масштабов, возможно, неприменимы для расстояний космических масштабов, уже не говоря о размерах микромира, где действуют другие пространства и другие законы геометрии.

Из этого несложного анализа можно сделать очень важный вывод. Размеры, масштабы и внутренние структуры объекта, описанные геометрией пространственно-временных многообразий, определяют, какими должны быть они. То есть музыку заказывают размеры, масштабы и внутренние структуры объекта, а исполнителями являются геометрии пространств. Из всего изложения геометрии пространственно-временных многообразий и их интерпретации видно, что они отличаются друг от друга не только по содержанию, но и по форме изложения. Это естественно, разные геометрии и разные задачи требуют различного подхода, даже трудно привести их в систему. И мы такую цель не ставили. Наша задача была раскрыть роль и природу геометрических пространственно-временных многообразий в единстве с физикой.

Мы преследовали еще одну цель. Понимая проблему развития будущей физической науки и зная, что эту проблему решать новому поколению физиков, ставили задачу, чтобы готовить студентов не к готовому, точному, наглядному,

элементарному в классическом смысле слов, представлению физической природы, а сложному процессу освоения теоретической физики. Иначе они остаются в рамках классического (в физическом понимании) мышления, поверхностном восприятии. Мы должны готовить студентов к научно-теоретическому восприятию, а это требует глубоких знаний математики и ее сложных разделов, таких, как аналитической, алгебраической, дифференциальной и других геометрий и т.д.

Мыслить и воображать на уровне старых, элементарных понятий и образов это значит отстать навсегда. Когда мы пользуемся новыми терминами, понятиями, образами и моделями и вводим новые определения, принципы, категории и другие, мы этим самым не запутываем студентов, а, наоборот, заставляем их думать, напрягаться, искать и работать самостоятельно. Например, когда мы переходим из классической физики в квантовую и другим разделам, мы замечаем испуганные глаза студентов. Это результат нашей ошибки. Мы не готовим их к таким сложностям. Мы должны вводить сложные вещи с первых дней, и физику не надо отделять от сложной математики. Физика без математики – сырой материал, а нам нужно стройное сооружение. А это должно делаться только через математику и ее раздел геометрию. Мысль можно, нам кажется, закончить словами авторов двухтомника "Симметрия в физике" Эллиота и Добера, которые пишут: "Дело в том, что математики излагают теорию групп для физиков слишком абстрактно, а в физике приложения теории групп оказываются расчлененными по разным разделам, из-за чего исчезает ощущение единства физической науки, общность идей и методов" [70].

2. Место геометрии и геометрических идей в физической науке и в теории познания

Современное естествознание характеризуется интенсивной теоретизацией, формализацией и математизацией научного знания, широкими теоретическими обобщениями, крутой ломкой понятийного и изменением концептуального аппарата, возрастанием роли формальных и теоретических методов исследования. Усиливаются процессы взаимодействия и интеграции естественных, технических и общественных наук на основе диалектико-материалистической методологии. В этих условиях растет необходимость творческого применения диалектического метода и его основополагающих принципов в практике научного исследования и решения сложных методологических и мировоззренческих проблем естествознания с позиций диалектики как логики и теории познания.

"...Материалистическая диалектика, как логика, служит всеобщей методологией современного научного познания и практического преобразования действительности. Сказанное нисколько не снижает роли логико-математического формализма в формировании научной теории. Дело заключается не в отрицании формально-логического способа построения научно-теоретического знания, а в выявлении области применения на основе законов и принципов диалектической логики. Кроме того, не следует противопоставлять логику формальную диалектической логике в контексте развивающегося естественнонаучного познания..." [52, С. 132].

В этой и в других главах данной работы в полной мере были использованы материалы и философские идеи, изложенные в книге "Диалектическая логика" под руководством и общей редакцией акад. Ж.М. Абдильдина, авторами которой являются Абдильдин Ж.М., Орынбеков М.С., Абдильдин М.М., Чечин Л.М., Сабитов М.С., Балгимбаев А.С, Косиченко А.Г., Нысанбаев А.Н., Кадыржанов Р.К., Шляхин Г.Г. и Ивакин А.А.

2.1 Геометрические идеи как начало в теоретическом познании физической природы

Диалектический подход необходим при исследовании не только социальных явлений, но и естественно-научных теорий и процессов. Это относится к таким сложным явлениям, как теоретическая физика. Нам кажется, главным недостатком существующих до сих пор всех подходов в понимании теоретической физики является то, что эти подходы рассуждали о теоретической физике вообще, как о чисто физической теории, не вникая в основы ее построения и противоречия. Нам видится, что, не выяснив отношений математики, особенно ее раздела геометрии и геометрических идей к физической теории, невозможно понять ее, а главное, дальнейшее ее развитие. Например, диалектический подход был успешно применен при создании теории относительности. При рассмотрении таких фундаментальных понятий, как пространство и время, классическая физика, отвлекаясь от системы отсчета, как основы геометрии и геометрических преобразований, трактовала эти понятия как абсолютные, не связанные друг с другом. Теория же относительности Эйнштейна доказала, что понятие одновременности не абсолютно, а имеет смысл лишь относительно той или иной инерциальной системы. Геометрический анализ показал, что одновременность во всех системах - фикция, что мировые точки, то есть события, одновременные в одной системе, не одновременны в другой. А это привело к тому, что понятия времени и пространства являются относительными, абсолютным характером обладает только их единство - пространственно-временной интервал.

Эйнштейн, проанализировав понятие одновременности и через него понятия пространства и времени, вышел не только за пределы прежних физических представлений о пространстве и времени, но и изменил метод, стиль физического мышления. Кроме того, он внес вклад в физическую логику построения теории, доказав, что при образовании научного понятия

необходимо учитывать ту систему, относительно которой существует данный предмет. То есть возвел геометрию и геометрические идеи как начало, как источник познания теории природы, самой природы и как метод изменения мира физики.

"При таком методе теоретического познания тут же возникает вопрос о начале, об исходном пункте научной теории. В выявлении в обосновании начала теории во всем объеме проявляется превосходство материалистической диалектики. Вопрос о начале необходим в любой теории", - пишет Ж.М.Абдильдин [71]. Далее он пишет, что "до выявления начала трудно говорить о систематическом теоретическом исследовании. Ведь в отличие от эмпирического рассмотрения теоретическое понимание реально осуществляется в том случае, когда многообразие единичностей (фактов) сводится ко всеобщему и постигается как форма проявления этой основы. Понятие начала является также сложнейшим вопросом всякой теории, ибо вопрос о систематическом познании почти неразрешим, пока не выявлено начало развивающейся системы. В самом деле, идет ли речь о ... теории относительности, о квантовой механике, о теории элементарных частиц, - всюду возникает неизбежная для теоретика проблема начала, исходного пункта построения теоретического знания, критериев и способов его нахождения" [52, С.171].

Однако может создаться впечатление, что, не решив проблему начала, нельзя построить любую теорию, как тогда развивалась теоретическая физика? На этот вопрос Ж.М. Абдильдин отвечает так: "Важнейшей предпосылкой марксистского понимания начала и логики научно-теоретического познания является признание историчности системы. Каждое конкретное целое берется Марксом как продукт предшествующего исторического движения, в процессе которого постоянно происходит изменение начала, превращение всеобщего в особенное и особенного во всеобщее" [52, С. 183].

Изложение теоретической физики в той форме, которая практикуется в учебном процессе, нам кажется, не диалектично. Об этом говорят следующие факты. Во-первых, преобладает

рационализм и эмпиризм, дедукция и индукция строения знания, во-вторых, абстрактность и односторонность подходов к формированию понятий. Если в построении знания исходит из всеобщего (то есть введения понятий, законов и их обобщения), что и практически делается во всех учебниках, то трудно объяснить синтетическую природу теоретической физики и человеческого познания. Наоборот, если исходить из единичного чувственного опыта, то есть только из констатации опытных фактов, то трудно обосновать всеобщность и необходимость последнего. Изложение предмета по существу есть теоретический анализ (теоретическая физика является именно таковой), следовательно, предметом анализа должны быть не понятия, законы, а определенные взаимоотношения и взаимосвязь физических явлений геометрии объекта. Нам кажется, что все ценности физической реальности содержатся не в понятии, не в саморазвитии физической идеи, а в реальных отношениях, объективно являющихся всеобщими отношениями физического объекта, из которых вытекают геометрические идеи и которыми объясняется природа реального и конкретного. Надо подвергать анализу не геометрические и физические понятия и величины, а физико-геометрические отношения величин. Например, анализируя геометрию пространственно-временных отношений и их связи с физическими объектами, можно раскрыть противоречия физической теории. В геометрии и геометрических идеях, нам кажется, схвачено то элементарное в физической теории, которое является той конкретностью в физическом процессе.

В построении теоретического знания большое значение имеют, кроме анализа геометрических идей, анализ и обоснование принципа теории, то есть всеобщей связи - геометрических и физических принципов. Например, инвариантность, ковариантность, принципы действия, тождественность, относительность и т.д. - вот что придает математическим преобразованиям физическую реальность, действительность. Само выделение такого метода исследования, как метод геометрических идей, имеет то же значение, что ставит исследователя в совершенно иное отношение к предмету,

в другое измерение по сравнению с эмпирическим способом и, наконец, позволяет исследователю напасть на след всеобщих условий формирования предмета. Поэтому вопрос о выявлении исходного начала сводится к обнаружению реального единства, всеобщей взаимосвязи, на которой основывается многообразие форм его существования, физического и геометрического.

В диалектической логике речь идет о сущности как о способе формирования предмета, естественно, встает вопрос о тождестве противоположностей (этот вопрос будет рассмотрен в следующем параграфе). Тем не менее, здесь отметим, что в процессе действительного формирования геометрии, геометрические идеи, имея свои особые определения, начинают включаться в состав физической реальности, движутся по данным этой реальности, обнаруживая себя как форма проявления этой сущности. Прежние определенности, как раздел математической науки выступают только как форма проявления, как момент другой реальности, которая теперь является для них подменной сущностью, а для реального мира главной, то есть неотъемлемой частью, например, для теоретической физики.

Теперь рассматривая "чистые" физические понятия, которыми мы пользуемся в теоретической физике, через призму геометрии и геометрических идей, мы хотим проанализировать подлинный, всеобщий и конкретный их смысл. Для этого мы сначала должны выяснить место геометрических идей в теории познания.

Мы знаем, что любой материальный объект обладает количественной определенностью и всякая теория по своей природе есть отражение объекта, значит, она должна исходить из того, что любой материальный объект обладает количественной определенностью. Это означает, что природа физического объекта обуславливает природу соответствующих видов знания, а знания, в свою очередь, требуют определенных познавательных процедур, с помощью которых эти виды знания создаются. Если объектом исследования становится взаимоотношение знания и реальности, то это будет отражением третьего порядка, и оно синтезирует их. И эту

роль играют геометрические идеи.

После такого определения цели и задачи метода рассмотрим теперь философские и физические категории и понятия, которые имеют важные значения в геометрических идеях и их определениях.

Сначала о формах материи. "Лишь абстрагирующий рассудок... фиксирует материю в ее изолированности и как бесформенную в себе, на деле же, например, мысль о материи, безусловно, заключает в себе принцип формы, и поэтому мы нигде в опыте и не встречаем существование бесформенной материи",- писал Гегель [72]. Что касается качества, то его исходным моментом служит определенность. Определенность есть в свою очередь качество и количество, пространство и время и т.д., благодаря ей какая-то вещь есть эта вещь и заключается исключительно в ее границах и свойствах. Если у объекта нет границ, то они неотделимы друг от друга, они не могут быть взаимосвязаны. Поэтому нам кажется совершенно естественным, что геометрические идеи являются тем началом, с чего начинается физическая теория. Например, не определив систему отсчета, нельзя начать любую физическую теорию. А система отсчета - это чисто геометрическая идея.

"Присматриваясь ближе к границе,- писал Гегель,- мы находим, что она заключает в себе противоречие исследовательно, оказывается диалектической, а именно: граница составляет, с одной стороны, реальность наличного бытия, а с другой стороны, она есть его отрицание" [72, С.35]. Значит, граница одновременно отделяет друг от друга объекты и связывает их друг с другом. Объект как нечто определенное, конечное имеет две противоположные стороны: существует как нечто самостоятельное; не существует вне отношения к другим объектам. Это позволяет определить свойства объекта, нет границы - нет свойства.

Свойство - это присущая объекту способность порождать в другом объекте то или иное изменение и изменяться под воздействием другого объекта. Физике надо знать и носителя свойств, так же как и надо изучать объект как систему, анализируя его состояния. Состояние в физике рассматривается

как свойство системы, и система является носителем свойств. Система имеет содержание и форму, то есть состоит из структуры, которую образуют элементы (Элементы - это обобщение фактов). Системность оказывается "внутренней" стороной качественной определенности. Структура отражает существующий в материальных объектах способ связи элементов, отношения элементов в рамках данного целого.

Основным моментом содержания категории количества являются число и величина, говорил Гегель. Гегель подчеркнул, что количество может быть непрерывными и дискретными и они могут взаимнопроникать друг в друга. Количество определяется величиной, числом, объемом, темпом протекания процесса, степенью развития свойств и т.д. Количество есть такая определенность вещи, благодаря которой ее можно разделить на однородные части и собрать эти части воедино. Что касается величин, то о ней Гегель писал "Обычно определяют величину как нечто, могущее увеличиваться или уменьшаться". Если количественное отношение определяется тождеством и различием, то количество равенством и неравенством.

Гегель указывал, что величина может быть больше или меньше, что она безразлична для бытия. Но в этом безразличии имеется определенная граница. "Все вещи имеют свою меру, то есть количественную определенность, и для них безразлично, будут ли они более или менее велики; но вместе с тем это безразличие имеет также свой предел, при нарушении которого (при дальнейшем увеличении или уменьшении) вещи перестают быть тем, чем они были" [72, С. 188]. Мера - это единство количества и качества, заключающееся в существовании некоторых границ изменения количества, за которыми изменится качество.

Как понятие функции, так и ее обобщения являются средством отображения реально существующих функциональных зависимостей в объектах. А функционал - это выражение (функция), значение которого зависит от переменной функции. Структуры раскрывают внутреннюю "упорядоченность" системы функциональных отношений,

присущих реальному объекту. Оператор - это выражение, преобразующее одну функцию в другую. А материальный объект представляет собой систему функциональных отношений. Нет материи без движения, а движение - как способ существования, как изменение вообще, единство изменения и сохранения. Нет абсолютного изменения и абсолютного постоянства. Реально существует лишь некоторое их единство. Например $E=mc^2$ - энергия - это изменчивость, масса - это устойчивость, а уравнение - это их единство. Относительность пространства и времени означает зависимость существования и свойств пространства и времени от существования и свойств движущейся материи.

Пространство и время не могут существовать независимо как от материи, так и друг от друга. В современной физике это выражается в понятии пространство-временного континуума. Этот континуум есть не что иное, как концептуальная модель для множества всевозможных движений. И физический объект в движении выбирает себе пространство и времени и геометрию. Отсюда геометрические пространственно-временные многообразия выступают как основы всего происходящего в мире физики. И тем звеном, через которое стыкуются мир физики с миром пространства и времени.

Анализ геометрических идей показывает, что любые конкретные метрические и топологические свойства пространства и времени при определенных условиях могут изменяться и образовывать множество концептуальных пространств, то есть привести к реализации многих из этих пространств в виде различных объективных пространственно-временных форм. И эти пространственно-временные формы могут быть связаны с тем обширным классом материальных объектов, который в ней существует. Например, можно выделить следующие физические пространственно-временные формы: макропространство и макровремя, мегопространство и меговремя, микропространство и микровремя, суперпространство и супервремя и т.д. В них могут сосуществовать только соответствующие процессы

соответствующих объектов. Раскрытие специфических особенностей этих пространств и времен, явлений и объектов был, есть и будет всегда одним из важнейших проблем, еще ждущих своего решения. Между пространственно-временными формами и реальными физическими объектами и явлениями существовала, существует и будет всегда существовать связь. Задача исследователя - установить эту связь, найти закон, по которому осуществляется устойчивая, необходимая, существенная и повторяющаяся связь.

Взаимосвязь явлений и явлений с пространственно-временными формами существования материального объекта является универсальной характеристикой единства материального мира и его движения, так как материальные объекты находятся в многообразных количественных и качественных, пространственных и временных отношениях. И из этих коротких определений неполного перечня физических понятий и философских категорий видно, что во всех этих определениях явно или неявно красной нитью проходят геометрические идеи. Над вводом в академию Платона было начерчено: "Да не войдет сюда тот, кто не знает геометрию" [73]. Кто не знает геометрию, тот не знает физику!

Продолжая мысль, хотелось бы остановиться еще на одном моменте. Каждый закон становится законом только тогда, когда мы его идеализируем, на самом деле нет в природе, в физике тем более, точных законов. В этом плане геометрия имеет некоторое преимущество. Ее законы более точны, реальны и очень логичны, что касается физических законов, как сложна физическая природа, сложны и приближенные ее законы. Следовательно, когда физический процесс, явление удастся описать математической логикой на основе геометрических идей, то мы приближаемся к истине, реальному процессу. Здесь необходимо и интересно учесть то обстоятельство, что все великолепие геометрии в том и состоит, что в ней мы не знаем, о чем толкуем. Ее законы, ее доказательства, ее логика не зависят от того, чего она касается, это реальный объект, образ, модель или процесс, - и в этом своя, особая красота. Например, когда мы имеем некоторую совокупность объектов, подчиняющихся

какой-то системе аксиом, то мы можем выдвинуть новые определения какой-то величине и делать выводы, сообразуясь о правильной логикой, - все следствия окажутся правильными, и совершенно неважно, чего они касаются.

Дальше, конечно, с экспериментальной, а не математической точки зрения нам нужно знать, применимы ли законы математики к тому роду геометрии, которую мы используем, измеряя физическую величину, мы предполагаем, что да, применимы. И, действительно, они прекрасно работают; прекрасно, но и оно тоже не точно, потому что наши измерения - это не настоящие геометрические линии, объемы и т.д., а всего лишь их образ, модель и они не могут быть точными. Это было прекрасно доказано в квантовой механике.

Отсюда наш подход не заключается в том, чтобы законы физики сделать геометрическими и превратить теоретическую физику в математику. Теоретическая физика - это описание природы. Следовательно, выдвигая подходящие постулаты, всегда можно создать геометрическую систему, но нельзя создать математику мира. Геометризация - это всего лишь способ приближения к истине, и главное в ней показать физический мир наглядно, как один из принципов соответствия и дополнительности, как начало в теоретическом познании и его построении и изложении.

2.2 Физические и геометрические идеи как закон единства противоположностей

Новые научные идеи не сразу воспринимаются во всей их полноте и сущности. Рожденные обычно в сложной математической форме, они лишь постепенно раскрывают нам свое общее физическое и мировоззренческое значение. Даже специалисты, владеющие математическим аппаратом, не всегда сразу и не всегда правильно улавливают глубокий смысл, скрытый за математическими формулами и идеями сущности, хотя эти идеи и формулы полученных законов используются в повседневной работе. Кроме того, всегда в этих идеях, законах присутствуют противоречащие сложившемуся стереотипу

моменты, которые мешают мышлению. Для правильного понимания, описания и объяснения нужен мыслящий разум. По этому, поводу Гегель писал: "Мыслящий разум заостряет, так сказать притупившееся различие разного, простое многообразие представления, до существенного различия, до противоречивости".

Отсюда следует, что требуется философский анализ логики предложенного метода для лучшего раскрытия смысла. Необходимость философского, логико-методологического анализа проблемы теоретической физики также выдвигается развитием самой теоретической физики как науки о сложных процессах природы, картины мира. Ее развитие носит сложный, неоднозначный и противоречивый характер. Это обусловлено, во-первых, процессом дифференциации и интеграции теоретической физики; во-вторых, изменением математического аппарата с развитием теории; в-третьих, расширением области ее исследования. Например, если раньше старались рассматривать теоретическую физику в различных аспектах, дифференцированно, то сейчас идет объединение разделов, имеется тенденция скорейшего единого описания всех форм взаимодействий. В связи с этим выдвигаются новые математические методы описания природы. Расширилась ее область исследования. Если раньше она рассматривала движение макроскопических тел, электромагнитные явления, молекулярные процессы и элементарную квантовую механику, то сейчас объектами ее исследования стала область от микромира до Вселенной и сильные, слабые и гравитационные взаимодействия (здесь имеется в виду предмет общего курса теоретической физики).

Думая о математике и ее проблемах. Гильберт писал: "Перед нами встает вопрос, предстоит ли математике когда-нибудь то, что с другими науками происходит с давних пор, не распадется ли она на отдельные частные науки, представители которых будут едва понимать друг друга и связь, между которыми будет, поэтому становиться все меньше". Такое опасение существует сейчас и с теоретической физикой. Настолько широк сейчас диапазон теоретической физики и ее

методов, что мы стали не понимать друг друга.

Можно понять состояние педагогов, ученых теоретиков, все более теряющих ориентировку в теоретической физике, которую они сами же преподают. Более того, ни один теоретик-физик не в состоянии проследить развитие теоретической физики во всех подробностях, даже если он посвятит этому всю свою деятельность. Кроме того, сам физический объект и положения теории очень часто не корректируются с предметно-чувственной реальностью, и педагог-теоретик, поэтому не видит объективной действительности, которую этот объект отражает.

Сейчас происходит превращение теоретической физики в скопление автономных дисциплин, не взаимосвязанных между собой. Чтобы этого не произошло, чтобы теоретическая физика стала единым организмом, всеобщей для всех разделов теорией, нужен, нам кажется, некоторый принцип, создающий единый механизм. Таким принципом может служить единство физико-геометрического взаимодействия как закон единства противоположностей. В пользу такого подхода говорит тот факт, что физическая теория рождается только тогда, когда физическая реальность, снабжаясь геометрическими идеями, описывается законами геометрических преобразований.

Перед физиками-теоретиками постоянно встает вопрос, почему эмпирическая физическая действительность всегда совпадает с математической операцией, а что их объединяет и делает единым? Ответ нам кажется один - это физико-математическое проявление - проявление диалектического закона единства противоположностей.

Крупнейший физик современности Фейнман в своей знаменитой лекции пишет, что: "Языком физики является математика, физику нельзя перевести ни на какой другой язык. И если вы хотите узнать природу, оценить ее красоту, то нужно понимать язык, на котором она разговаривает" [1, С. 22]. Здесь ясно подмечена связь физики и математики. Особенность физики заключается в том, что она всегда пользуется математическими величинами и символами, а не механизмами, поэтому физика должна быть математической. Эти величины приходят в движение, изменение в результате физических

отношений. При этом математика должна выбрать то отношение и взаимодействие, где быстрее происходят изменения этих величин и символов, и там устанавливать созвучные с природой законы физики. Математика обладает таким "даром", что она объясняет, как материальные объекты движутся, а не почему. Она подсказывает и другие явления. Математика не только язык, но и логика, орудие для размышления, организатор рассуждения. Она применяется все больше там, где происходит самый сложный физический процесс.

Галилей писал: "Философия написана в той величественной книге, которая постоянно открыта у нас перед глазами (я имею в виду Вселенную), но которую не возможно понять, если не научиться предварительно ее языку и не узнать те письмена, которыми она начертана. Ее язык - язык математики, а письмена эти суть треугольники и другие геометрические фигуры, без которых невозможно понять в ней ни единого слова"

Анализируя теоретическую физику, приходим к выводу, что нет ни одного раздела, ни одной имеющей достаточного значения теории и закона, где ни применялся бы язык математики, геометрии и геометрические идеи. Возникает естественный вопрос, что это - случайность или закономерность? Нам кажется ответ надо искать в единстве физико-геометрической природы, то есть в их противоположенностях. Первое, их единство в том, что обе они обладают структурой, теоретико-множественностью, расчлененностью, количественностью, пространственностью, функциональностью и другими свойствами. Второе, сама математика не способна осознать, выделить свой собственный предмет, объект как срез объективной действительности. Для этого необходимо выйти за пределы математического познания и рассмотреть саму математику в составе другого объекта. Аналогично можно говорить и о физике, которая, только выходя из себя за пределы и воспользовавшись взаимодействием с математическим объектом, может познать себя. Третье, математика является человеческой деятельностью, а наука является мерой, показателем вовлечения природы в

человеческую деятельность, значит, физическая теория рождена в результате соединения природного, физического бытия с человеческим бытием, то есть соединением физической реальности и геометрических идей.

Далее, математика отражает вполне определенную сторону объективной реальности, рассматривая ее методом упрощений, абстракций и отображений количественные отношения и пространственные формы. Специфика математики состоит в том, что для нее безразлично, какое отношение имеют эти количественные и пространственные формы к их содержанию. Математику более ближе делает к физической реальности еще и то, что она действует через геометрию. Математика и геометрия отличаются тем, что если математика исследует всевозможные количественные отношения и пространственные вещи, то геометрия в отличие от нее исследует определенные количественные отношения и пространственные формы вещей. А это имеет существенное значение для физики.

Второй существенный момент. Физика действует там, где идет процесс, движение и когда объект имеет физический смысл. Например, атом имеет физический смысл в том случае, когда происходит излучение и поглощение энергии атомом, а в стационарном состоянии он превращается в геометрический объект. Значит, объект приобретает физический смысл в том случае, когда физические и геометрические идеи составляют единую целостность, описывают объект и явление совместно как процесс.

Многие считают, что классическая механика и теория относительности являются чисто геометрическими теориями. Это неверно. Геометрия, как форма существования материи, формирует физику и природа без геометрии не описуема. Одностороннее описание природы, то есть чисто геометрически или чисто физически, всегда приводит к выдвиганию несуществующих в природе предположений. Например, эфира, теплорода и других.

Согласно диалектико-материалистической концепции математика представляет собой теоретическое, систематическое, дедуктивно организованное выражение определенного рода

предметной деятельности. Реальное содержание предметной деятельности математики в теоретической физике состоит в том, что она есть деятельность измерения и отождествления, то есть геометризация физического процесса. Простейшими примерами могут служить измерения пространственных размерностей вещей математического мира с помощью какого-то предмета, который принят за единицу длины. Через измерение, отождествление можно сопоставить количественные отношения и пространственные формы одного физического объекта с другим, основные свойства которого представляют в этом процессе как эталон и мера измеряемого, отождествляемого физического объекта.

"Предмет математики, - пишет Л.К.Науменко, - количественные образы, обращающиеся не в природной, а в человеческой, прежде всего производственной, а затем и научной среде. Отсюда становится понятным, что радиус круга, как линейный образ, и его площадь, как двумерный образ, оказываются сопоставимыми и взаимовыразимыми лишь при условии, что они выражены в форме третьего предмета, обезличивающего их собственную природу, - в форме единицы измерения, в процессе применения которой они уже не радиус и не площадь, но просто число. Это третья среда и представляет собой логическое пространство, в котором движется монистическая математическая мысль".

Можно привести еще такой пример: $\nabla^2, \nabla, d\mu, d$ и т.д. есть математические символы, их суть в математике - операторы и дифференциалы, преобразующие одну функцию в другую, а физические - это измерение, как измерение приборами, но они отличаются от приборов тем, что они могут быть бесконечно малыми, точными, независимыми от обстоятельств и интегрируемыми, то есть определяемыми. Таким образом, математические символы, величины - это математический инструмент (прибор). Математические уравнения и формулы - это метод, способ измерения, а решение их - это результат измерения.

В физике довольно часто встречаются случаи, когда построение теории начинается не с обобщения большого круга

экспериментальных данных и явлений, а с идеей, с объединения отдельных блоков локальных теорий, полученных частными геометрическими или физическими подходами.

Локальные теории, полученные чисто геометрическими или физическими методами, не могут дать полную и замкнутую картину мира. Они только в единстве могут описать мир. Так были построены механики Ньютона, Максвелла, Эйнштейна, Дирака и теория великих объединений.

Например, построенные методами чисто геометрических идей, теории Декарта, Кеплера, Галилея и других не смогли стать механической картиной мира. Они стали единой теорией после динамического подхода Ньютона. Аналитическая картина получилась и с механикой Лагранжа и Гамильтона. Не было бы теории Гейзенберга и Шредингера - не было бы и теории Дирака. Следовательно, для замыкания теории необходимо выдвижение идеи взаимодействия физики и геометрии, то есть взаимообогащение и взаимоусиление их друг друга.

Чисто геометрическая трактовка объекта приводит к тому, что физические понятия лишаются реального физического смысла, содержательной интерпретации, превращаются в формальные понятия системы. Другой пример. В общей теории относительности принцип относительности в геометрической форме выражен требованием общековариантности законов природы. Само по себе требование общей ковариантности лишено какого бы то ни было физического смысла. Оно выражает лишь возможность непротиворечивого описания явлений в различных системах координат. Заслуга Эйнштейна в том, что он форму наполняет физическим содержанием и получает физическую теорию, то есть ковариантность наполняется принципом относительности и благодаря их единству получает принцип эквивалентности.

В отношении физической теории физическая реальность и геометрические идеи выступают как дуализм, как всеобщее свойство физической теории, которое обладает внутренними противоречиями, не сводимыми друг в друга. Диалектическое понимание этого дуализма, этого исходного отношения физической теории (картины мира) состоит в том, что он

рассматривается как проявление внутренней противоречивой природы теории, обусловленное несовместимыми условиями. Противоположности их не разрываются, не сглаживаются, не примеряются, а ставится вопрос о взаимодействии, связи и взаимообусловленности двух противоположных сторон. Каждая из этих сторон в отдельности, в их абстрактной данности не представляет в себе ничего загадочного. Отсюда возникает вопрос, что представляет собой физика: геометрическую форму существования материи, которая описывается законами преобразования или некоторый физический объект, обладающий определенной формой движения, изменения и т.д. Так поставить вопрос нельзя. Физика и то, и другое, они являются двумя сторонами одного предмета - физики.

Физико-геометрическая природа реального объекта и законы, выражающие ее сущности, являются тем интегрирующим фактором, который объединяет единичные результаты во всеобщие, а всеобщие в единичные. Физико-геометрическое взаимодействие, нам кажется, действует как принцип дополнительности и вытекает из внутреннего свойства объекта и представляет собой непреходящую черту физической теории. Также нам кажется, что оно вытекает из принципа причинности. Но здесь надо рассматривать идею причинно-следственного отношения в ее собственном смысле, как вполне определенную часть связей между физикой и геометрией.

Отсюда вытекает, что необходим анализ возможности геометрии и геометрических идей в описании физической действительности и выяснение того, что геометрические идеи - это необходимость или случайность.

Действительность по Гейзенбергу - это выяснение в результате измерения, а измерение в смысле исследования реального физического объекта - это идеализация, представление и математическое описание (в простом схематическом представлении). А это возможно только при геометрическом подходе. Возможность понимается как чистая потенция связи с действительностью. Следовательно, геометрические идеи есть объективность характеристика действительности, а понятие потенциальной возможности

является выражением фундаментального различия между измерением и изучаемыми объектами. А все эти процедуры есть не что иное как необходимость.

Физическая реальность и геометрические идеи дополняют друг друга, и целостность концепции дополнительности обеспечивается ее центральным моментом - требованием единства противоположностей. Надо рассматривать их единство не в смысле внешнего соединения, а в смысле внутреннего соответствия их. Принцип дополнительности (единство физической реальности и геометрии) - это форма теоретического мышления, выросшая и окрепшая в ходе активной познавательной деятельности, направленной на осмысление определенной предметной области. Это есть метод целостного понимания в данном случае теоретической физики во всем многообразии ее проявлений. Нам кажется, единство физической реальности и геометрических идей действует как закон, но не как частный закон, а как метод, сопровождающий каждый шаг физической теории в приближении к объективной истине, к целостному пониманию теоретической физики, как способ взаимодействия всех ее разделов.

Идеализация, как метод геометрических идей, является результатом творческой, конструктивной деятельности мышления и выступает как элемент развивающейся логической системы и вне теоретической системы теряет свой смысл в отношении теоретической физики. Главное значение ее достижения объективной действительности-через систему идеализированных объектов, образующих абстрактную схему и, погружаясь, она приблизится к реальному физическому объекту. Без такого подхода невозможно было бы понять современную теоретическую физику. Только так можно достичь более глубокого отражения физической реальности.

Ход истории развития теоретической физики показывает, что теории, сформулированные на основе ряда идеализации и идеализирующих допущений, успешно объясняя один круг явлений, обнаруживают свою ограниченность при проникновении в новую область. Возникает противоречие между

теоретической системой и новыми экспериментами, практикой, которая обостряясь, принимает форму парадокса. Например, евклидова геометрия и ее идеализация не смогла объяснить электромагнитные, релятивистские явления и явления микромира. Это говорит не о том, что плоха данная геометрия, а о наступлении предела применимости понятий, выработанных на основе данной идеализации геометрии. Значит, дальнейшее теоретическое движение зависит от пересмотра ранее сложившихся понятий, перехода к качественно новым понятиям, новым геометрическим идеям.

Например, разрабатывая основы волновой механики, Шредингер исходил из идеи де Бройля о том, что каждой частице соответствует некоторое волновое поле, то есть некоторый геометрический образ. Он нашел связь между этой идеей. И идеями Гамильтона по динамике и геометрической оптике и затем написал волновое уравнение. Шредингер, не меняя общего вида уравнения Гамильтона-Якоби, изменил смысл входящих в него величин. При этом он использовал уравнение де Бройля, связывающее волновые и корпускулярные свойства микромира. Физический смысл волновой функции, входящей в уравнение Шредингера, был интерпретирован после создания математического аппарата волновой механики. Это только один из примеров. Таких примеров можно было бы привести множество.

Можно сказать без преувеличения, что без такого формализма, как геометрические идеи, не было бы и физических теорий. Но, с другой стороны, без содержательной физической интерпретации нет физической теории. Физическая теория есть результат единства математического формализма и его содержательной эмпирической интерпретации. Без этого она в лучшем случае голая, логически допустимая математическая схема, скелет теории. Этим отличается теоретическая физика от математики. "Математический формализм,- писал Борн,- оказывает совершенно удивительную услугу в деле описания вещей. Но он настолько не помогает в понимании реальных процессов" [74].

Таким образом, физическая теория - это своеобразный

сплав, синтез геометрических идей и их содержательной интерпретации. "Физическая теория в своем логическом развитии, или замкнутой форме, охватывает объект сразу и в плане представления, и в плане мышления. Экспериментальные средства дают чувственно воспринимаемые данные об исследуемых явлениях, а с помощью математического аппарата этой теории эти данные поднимаются на уровень теоретических обобщений. С этой точки зрения физические понятия представляют как результат синтеза чувственного и абстрактного познания" - писал М. Омельяновский [75].

Надо отметить, что в построении физической теории наблюдаются два противоположных направления, что было отмечено нами. Это, во-первых, заключается в том, что исходные понятия формируются в определенном смысле независимо от опыта, чисто логическим способом, реализующимся в поисках, построением геометрических структур. Во-вторых, в установлении связи исходных понятий с опытом в процессе эмпирической интерпретации, то есть выяснения физического смысла геометрических абстракций. Правильная интерпретация теории требует учета обоих направлений, выяснения их взаимопроникновения. Преимущество одного из них недопустимо и ведет к извращению связи между теорией и опытом, либо к игнорированию его.

При этом надо учесть, что только исходные положения и понятия классической теоретической физики связаны непосредственно с опытом и могут быть интерпретированы наглядно и наблюдаемы непосредственно. Что касается других разделов теоретической физики, то там могут работать образы, наблюдение, наглядность только через опосредственность. Здесь ничто не может заменить геометрию. Карнап писал, что "необдуманно искать столь сильные правила соответствия, которые бы явным образом определили электрон. Понятие "электрон" настолько далеко от непосредственных простых наблюдений, что лучше всего сохранить его в виде теоретического термина, допускающего модификации благодаря новым наблюдениям" [76]. Эйнштейн говорил, что теория не выводится из опыта, а "навеяна" - им.

Теория и ее исходные понятия по мере эволюции теоретической физики все более удаляются от породившей их основы, но не всегда связь между ними при этом не утрачивается, а становится сложнее и опосредственнее. Эту связывающую роль все более явно будет выполнять геометрия и геометрические идеи. Этому подтверждением являются современные теории суперпространств, суперсимметрии и др.

Теперь остановимся на физико-геометрических соотношениях, то есть на взаимодействии физики с геометрическими идеями. В методологическом отношении это может быть охарактеризовано диалектической логикой познания.

Нам кажется, что через физико-геометрические взаимодействия можно раскрыть содержание природных явлений и предметно-чувственного отношения к ним человека, а через системы понятий познать диалектику физической теории. Эти две тенденции внутренне взаимосвязаны и обусловлены. Например, общенаучный характер понятий позволяет вскрыть на фактическом материале соотношение субъективного (геометрические идеи) и объективного (физическая реальность), тем самым содержание и структуры физико-геометрического взаимодействия. А рационально понятый характер последнего определяет степень научной общности тех или иных понятий. Их единство является следствием важнейшего требования диалектико-содержательного (физического) и методологического (геометрического) единства теоретического познания.

В теоретической физике это требование смогло реализоваться лишь тогда, когда объектами исследования стали явления, знание о которых невозможно без учета средств, способов и методов их познания. То есть, когда на место непосредственного субъектно-объектного отношения пришло опосредственное отношение типа субъект-средство познания (геометрические идеи) - объект (физическая реальность). Таким образом, средство познания (геометрические идеи) стало связующим звеном, механизмом, приводящим в диалектическое движение систему опосредственного отношения. Например, теоретическая физика, изучая пространственно-временной аспект реального многообразия взаимодействий, делает мир таким,

каким он есть, что "в мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе как в пространстве и во времени и они неотделимы друг от друга".

Раскрытие сущностной природы физико-геометрического взаимодействия помогает познать смысл таких понятий, как сохранения, симметрия, инвариантность, эквивалентность и другие структурно-содержательные элементы теории. Они обуславливают геометрические и динамические свойства внутреннего содержания физических процессов, дают основания для иного теоретического описания, рассматривающего уже не динамику физических процессов, то есть законов изменения параметров состояния под действием сил различной природы, а определенные типы пространственной и временной симметрии, связанной с сохранением той или иной динамической характеристики.

Например, постоянство скорости света есть не что иное, нам кажется, как свойство того пространства, которое правильно описывает релятивизм явлений, той геометрии, с помощью которой описываются физические процессы, которые обладают свойством инвариантности относительно этой геометрии (геометрии Минковского). Эйнштейн отмечал, что "... распространение скорости света в пустоте, благодаря исследованиям Максвелла, Лоренца, подходит для этой цели в гораздо большей степени, чем любой другой процесс, который мог бы стать объектом рассмотрения" [43, С.85-86]. Поэтому свойства света играют главную роль в установлении геометрии реального физического пространства для данной области явления, то есть для электромагнитного процесса (релятивизма).

Таким образом, будучи включенными в систему теоретического знания, геометрические идеи утрачивают непосредственную информативную содержательность и превращаются в логические компоненты системы, объективным аналогом которой выступает взаимодействие субъекта и объекта как некая целостность. Иначе говоря, чем более опосредствован геометрическими идеями объект познания, тем шире совокупность теоретических средств, раскрывающих

существо явлений. Геометрические идеи, являясь объективно - содержательным знанием, по мере расширения и усложнения системы их совокупного применения все более превращаются в те или иные методологические регуляторы теоретического описания, определяя тем самым природу общенаучных знаний.

Таким образом, главная методологическая особенность современной теоретической физики состоит в том, что в ее конкретно-содержательной структуре находит свое выражение не только объективная природа физических явлений, но и способ, которым осуществляется это выражение. При этом опосредованный характер субъектно-объектного взаимодействия приводит к тому, что это выражение выступает как антиномия в логико-познавательном содержании теории. Раскрыть это противоречие можно в процессе методологического анализа с широким привлечением, конечно, философских категорий. Правда, это в тему данной работы не входит, тем не менее, кратко остановимся и на этой проблеме, так как геометрические идеи как опосредственность в субъектно-объектном отношении играют содержательную роль и отвечают закону борьбы единства противоположностей.

В качестве примера, иллюстрирующего единство противоположностей геометрических идей и физической реальности, рассмотрим исходные положения теории относительности и квантовой механики принцип относительности и принцип постоянства скорости света на первый взгляд несовместимы, противоположны и неразрешимы. Однако преобразования Лоренца автоматически разрешили это противоречие. Аналогично противоречия между инерциальной и гравитационной массами были сняты с помощью принципа эквивалентности (через принципа ковариантности). Например, принцип эквивалентности выступает как единство гравитации и метрики. Этот геометрический подход предполагает построение целостной картины взаимодействия тел, связанной с отказом от евклидовой геометрии пространственной метрик и устанавливает более общую метрику римановой геометрии. Здесь следует отметить, что поле сил инерции приобретает определенный смысл некоторого геометрического

представления только при условии задания системы отсчета, относительно которой рассматривается ускорение движущегося тела. Вне системы отсчета оно утрачивает физическую содержательность. Гравитационное поле же, как физическая реальность существует независимо от системы отсчета.

Теоретико-групповое (куда относятся преобразования Галилея, Лоренца, принцип ковалентности) описание явилось не только объединяющим фактором, но и позволило выявить глубокую связь геометрической инвариантности и законов сохранения, а тем самым и обнаружить связи динамических характеристик движения со свойствами симметрии пространства и времени. Например, геометрическая инвариантность относительно переноса начала координат приводит к закону сохранения энергии-импульса. Геометрическая инвариантность относительно вращений в пространственных плоскостях связана с сохранением момента импульса и т.д.

Однако главным достоинством теоретико-группового описания взаимодействия является то, что оно дает возможность определить динамические параметры по эквивалентным геометрическим характеристикам. Тем не менее, не надо преувеличивать роль геометрии в содержательном плане, она остается формальным моментом. Это обусловлено тем, что движение как сущность и свойство пространства и времени вытекает из видов взаимодействия. Поэтому построение геометрического аналога посредством абстракций является только необходимым, но недостаточным условием раскрытия качественной определенности физических процессов. Оно позволяет раскрыть только связи законов сохранения и свойств симметрии. Здесь речь идет о теоретико-групповом описании взаимодействия. Для раскрытия качественной определенности физических процессов необходимо решить проблему причинности.

Таким образом, физико-геометрическое описание в теории относительности оказывается противоречивым. Во-первых, оно выступает посредственным выражением свойств объекта познания, во-вторых, определенной формой знания.

Нам известно, что абсолютизация механической формы движения привела к кризисной ситуации именно потому, что в действительности существуют и другие формы движения. И надо было их открыть – выразить полученные результаты с помощью системы как новых, так и старых научных понятий. Аналогичная ситуация сложилась и с геометрией, которая прекрасно описывала механическое движение.

Одним из таких новых форм движения является движение микромира. В настоящее время мы можем лишь утверждать, что поведение его характеризуется статистическими закономерностями, причем статистичность эта носит иной характер по сравнению с классической статистикой, это обусловлено тем, что квантовая статистика связана с внутренними свойствами микромира (спином), то есть, заключена в самой природе вещей. Центральной проблемой квантовой механики является анализ проблемы отражения объективной реальности микроявлений, как в процессе, так и при абстрактно-геометрическом расчете опытных данных, то есть на необходимости учета способа измерения не только пространственно-временных (геометрические) параметров, но и динамических (дифференциальные геометрии) – импульса и энергии (физико-геометрические).

Физическая определенность измерения показывает, что невозможно одновременно измерить пространственно-временные и динамические параметры одним и тем же устройством. Например, для точного определения координат необходим прибор с неподвижным устройством, а для измерения динамических переменных – прибор с подвижным устройством, что такие измерения не осуществимы на практике одним и тем же прибором. Отсюда вытекает, что корпускулярно-волновой дуализм выражает не только качественное своеобразие микрообъекта, но и специфику квантовых измерений, то есть противоположность наблюдения и измерения, которые обладают посредственным характером субъектно-объектного взаимодействия, то есть физико-геометрического отношения. Таким образом, антиномичность корпускулярно-волнового дуализма находит свою конкретизацию в соотношениях

неопределенности Гейзенберга, выступающих краеугольным камнем всего формально-математического аппарата квантовой теории. В них выражено и единство, и противоположность физико-геометрического взаимодействия.

Следующей, последовательной и замкнутой физической теорией мира, стала квантовая электродинамика. В ней слились в единое органическое целое, классическая электродинамика, теория относительности и квантовая механика. И мощь ее математических методов привело к представлению о квантовой электродинамике как образце современной физической теории. Благодаря им было сделано множество замечательных открытий (открытие позитрона, античастиц, установление связи между спином и статистикой частиц, возникновение диаграмм Фейнмана, взаимопревращаемости частиц и т.д.).

Были попытки построения по ее образцу теории элементарных частиц, гравитации и др. Для этого необходимо было решить проблему граничного импульса, очень большого и конечного, который был намного больше изменения импульсов взаимодействия электронов и фотонов. Кроме того, этому импульсу соответствуют малые расстояния, это равносильно стремлению физического электрона к нулю при большом, стремящемся к бесконечности граничном импульсе. Это означает, что граничный импульс должен иметь другое физическое содержание, чем импульс в принципе неопределенности Гейзенберга, также должно иметь место существенное изменение свойств пространства-времени и характера взаимодействий, то есть должны быть выдвинуты другие геометрические идеи, отвечающие другим принципам, подобно принципу неопределенности Гейзенберга или принципу эквивалентности Эйнштейна. Об этом позже.

Геометрия все в большей степени становится для теоретической физики источником идей, приемов и методов теоретического освоения опытных данных. Хотя, оставаясь лишь логико-структурным отражением свойств физической реальности, она оказывается тем средством операционального описания, с помощью которого можно объяснить и предсказать те или иные особенности объектов исследования. "Искусство

физика, - пишет Дайсон, - заключается в подборе математического материала и в построении из него картины мира". Например, в классической электродинамике исчез эфир, на его место пришли поля и описывающие их уравнения Максвелла, отражающие свойства электромагнитного поля и являющиеся его математической моделью. "Такая модель с определенной точностью отражает реальные процессы природы, ибо им, как писал Дирак, присуща та фундаментальная особенность, что самые основные физические законы описываются математической теорией, аппарат которой обладает необыкновенной силой и красотой" [76].

Так математический аппарат геометрических идей становится неотъемлемой частью физической теории, а физическая теория становится неотъемлемой частью своей геометрической формы. Теория - это отражение объективных закономерностей природы, снятие с нее "слепок", и это не есть простой, непосредственный, зеркально-мертвый акт, а сложный, опосредственный, раздвоенный факт. Эйнштейн писал, что "наши представления о физической реальности не могут быть окончательными, и вера в существование внешнего мира, независимого от воспринимающего субъекта, есть основа всего естествознания" [3, С. 75].

На первый взгляд несовместимые физические объекты и геометрические образы, модели и другие, и операции над ними, в единстве создали такой аппарат, которому под силу любые сложности реального мира. В этом их единство и противоположность.

2.3 Структурно-геометрические и проблемы физической теории

Известно, что душой диалектики является конкретный анализ конкретной действительности. Первым исходным пунктом является единство теории и практики, вторым - взаимная обусловленность и взаимовыводимость законов и категорий диалектики. Это и понятно: внутренняя взаимовыводимость законов и категорий вытекает из

взаимообусловленности законов и свойств материального мира. Как известно при построении любой теории главную трудность представляет вопрос "с чего начать?", то есть проблемы начала в теоретическом познании. Этой проблеме был посвящен специальный параграф. Согласно этому принципу, начальный пункт исследования в теории должен совпадать с начальным пунктом исследования на практике.

Объектом нашего исследования являются геометрические идеи в теоретической физике, поскольку вся теоретическая физика свое построение начинает с применения геометрического понятия пространства и времени. И если происходит кризис физической теории, то это результат конфликта между старой геометрией пространства и времени и изменившимся физическим объектом, а не теории их. Второе - это следствие первого. Следовательно, необходимо начинать исследования с анализа соответствия геометрии и геометрических идей с состоянием и развитием материального объекта. Здесь речь пойдет не о самой геометрии, а об отношениях геометрии и геометрических идей к реальному физическому объекту, явлениям и процессам.

Таким образом, для теоретического воспроизведения физической теории, для выяснения глубоких закономерностей системы физических явлений надо анализировать не систему теоретических представлений, а ту конкретность, изменение которой составляет основу физической теории. В нашем подходе в качестве этой элементарной конкретности берутся геометрические идеи, которые являются всеобщей, непосредственной определенностью построения физической теории, картины мира. В этих идеях схвачено, как отмечалось, главное звено, начало построения теории, то есть пространственно-временная конкретность, которая с одной стороны, являясь формой существования материи, становится фундаментом функционирования и дальнейшего изменения и развития материального объекта.

"Важнейшее значение целостного рассмотрения предмета в обосновании исходного принципа в том и состоит,- пишет акад. Ж.М. Абдильдин, - что с самого начала внимание исследователя

концентрируется на конкретности, на том факте, что предмет есть единство многообразного. Поэтому вопрос о выяснении исходного начала предмета здесь сводятся к обнаружению реального единства, субстанции, всеобщей взаимосвязи, на которой основывается многообразие форм его существования.... В ходе познания глубоких связей предметов и явлений теоретическое мышление проходит следующие ступени: выявление отношений твердо установленных фактов к первоначальному обобщению и нахождение закономерностей явлений, а в дальнейшем - сведение этих закономерностей к истинной причине явлений, субстанции, коренным законам" [71].

На практике вместе того, чтобы исследовать дальше возможности геометрических идей и через них раскрыть глубинные процессы физики, мы ударяемся в чисто физическую трактовку теории. Отбрасываем, прочь всю геометрию. Доходим до крайностей, отрицая роль геометрии и геометрических идей. Забываем, что геометрия как раздел математики, в котором изучаются пространственные отношения и формы и их обобщения, имеет непосредственное отношение к физическим объектам, к их формам, структуре, строению и т.д.

Если объектом исследования становится взаимоотношение реальности и знания, то это будет отражением третьего порядка. "Отражение третьего порядка есть возвращение к содержательному методу мышления, но с учетом особенностей и закономерностей формального метода. Диалектика вещей создает диалектику идей, а не наоборот". Это означает, что природа физических объектов обуславливает природу соответствующих видов знания, а знания в свою очередь требуют определенных познавательных процедур, с помощью которых эти виды знания создаются.

Взаимосвязь между явлениями и явлений с пространственно-временными формами существования материального объекта является универсальной характеристикой единства материального мира и его движения, то станет ясно, настолько сложна взаимосвязь законов функционирования и развития физического объекта с его

строениями, структурой, законами их динамики. Кроме того, и сами структура, строение выступают как закон, а закон имеет свою внутреннюю структуру, то есть имеет свою геометрию. Следовательно, геометрические сами выступают как закон и имеют связь с законами движения и развития физического объекта.

Значит, закон есть выражение устойчивости связей и отношений не только между предметами(вещами) и явлениями (процессами), но и структурой предметов и явлений, то есть геометрическими понятиями и идеями. Гегель писал, что "форма" предмета тождественна его "видом" только в известном и притом поверхностном смысле: в смысле внешней формы. Более же глубокий анализ приводит нас к пониманию формы как "закона" предмета или, лучше сказать, его строения".

Анализ взаимоотношения форм объекта с его движением показывает, что между геометрическими и физическими законами нельзя поставить абсолютной грани, их различие надо рассматривать как относительное. Поэтому структуру, строение, форму надо рассматривать как закон явления, как выражение существенной и необходимой связи элементов, составляющих физический объект. Если сохранение структуры, строения в процессе функционирования объекта обуславливает относительную неизменность, качественную определенность системы для данного состояния, то изменения структуры и строения в зависимости от их характера и глубины могут перевести их в новое состояние функционирования и развития самой структуры и строения на новой основе.

Познание состава и законов строения физического объекта является важной предпосылкой изучения закономерности его функционирования и развития. Не случайно, что в построении физических теорий теоретики продвигаются от изучения состава и закономерностей строения физических объектов к познанию законов их функционирования и развития.

Структура и строение объекта - не мертвый след, портрет застывшего физического объекта, а характеристика его действительной динамики, она выступает как структурно-

функциональное проявление действительности. Взаимосвязь структур и функций, их взаимопроникновение и, в определенном смысле, тождество нам кажется естественным, так как структура выступает как бы в качестве моментального снимка функции, а функция - как обратимость деятельности структуры, это взаимодополняющий процесс. В физике, в основном, рассматриваются только законы функционирования и развития объектов. В некоторых учебниках происходит полное игнорирование законов структурно-функционального проявления свойств объекта. Нам кажется, что в физике прежде должны формироваться представления о структуре и строении, только потом о функционировании (находиться в определенном состоянии) и развитии (движение, изменение, перестройка и т.д.) и как о трех, а не как о двух связях, с одной стороны различных, с другой как взаимосвязанных, взаимообусловленных и единых свойств физических систем. Если процесс функционирования (то есть находиться в каком-то состоянии) можно охарактеризовать как таковой, где изменения носят преимущественно обратимый характер и структура, и строение системы остаются относительно постоянными, то процесс развития и изменения характеризуется глубокими преобразованиями физического объекта. Если процесс характеризуется относительно необратимыми изменениями его структур, строений, то одним из путей познания функционирования и развития является сравнительный структурно-функциональный метод, позволяющий выявить основные тенденции и направленность развития того или иного состояния физического объекта.

Следовательно, определение роли категории структуры, функционирования и развития, то есть структурно-функциональных и структурно-развивающихся процессов системы и раскрытие их связей и взаимоотношений между собой представляют важные значения в теоретической физике. Ограничиваться рассмотрением только функционирования и развития и пренебрегать структурой и строением было бы неверно, это бы обеднило теоретическую физику, сделало бы ее односторонней и замкнуло бы ее в себе. Включение в эти

диалектические категории категорию структуры и строения, то есть - геометрию, геометрические идеи и методы геометрических идей в теоретическую физику, обогатило бы теорию. Нам видится, что только в совокупности они могут раскрыть всю полноту природы теории саморазвивающихся систем.

Каждая категория выражает сущность не полностью, а частично, в каком-то одном ее отношении. Например, если структурные законы характеризуют сущность в аспекте физического объекта сиюминутной организации в плане устойчивости, то законы функционирования раскрывают сущность его в плане динамичности, внутренней подвижности, а законы развития и изменения выражают основные тенденции преобразования, превращения физической системы в качественно отличную, но генетически связанную с ней. При этом структурно-геометрические идеи как один из элементов построения теории постоянно присутствуют и принимают активнейшее участие в их формировании и развитии.

Каждая из отмеченных групп законов, в разный момент, применяясь к различным направлениям науки, становится методом их исследования. В природе, например, доминирующими являются последние два, то есть законы функционирования и развития, хотя, как отмечалось, первоначально должны привлекаться для построения теории структурно-геометрические методы, а затем только остальные. А на практике структурно-геометрические методы остаются в тени. На наш взгляд это несправедливо, это приводит к односторонности и к абсолютизации одной из них.

Дело здесь не в том, чтобы любая физическая система подчинялась всем трем группам и их законам одновременно, а в том, чтобы каждый из этих законов выступал как необходимый элемент построения теории, имеющий определенное отношение к разным уровням развития материи.

В сложных физических системах, включающих ряд иерархических соподчиненных уровней, имеется весьма сложная зависимость между строением, функционированием и

развитием, что доказано развитием современной теоретической физики. Например, в теории относительности главная роль принадлежит законам структуры и строения, то есть структурно-геометрическим идеям, поэтому теория относительности называется геометрической теорией. Так было и с механикой Дирака. Например, не было бы структурно-геометрического анализа электрона, не было бы и она. Аналогичная ситуация сложилась и с теорией великих объединений. Например, в статфизике большую роль сыграли функция, числа и их распределения, а в термодинамике - изменение, движение и развитие и т.д. Значит, в различных разделах физики могут доминировать то один, то другой законы, но при этом основу должна составлять их связь, взаимоотношение и взаимообусловленность.

Среди философов бытует мнение, что самостоятельным функционированием и развитием обладают лишь объекты живой природы и общества, являющиеся самовоспроизводящимися и саморазвивающимися системами. На наш взгляд это метафизично. Этими свойствами, по-видимому, обладают и объекты неживой природы. Если бы они не обладали самофункционированием и саморазвитием, то не было бы и объектов живой природы. Рождение живой природы есть продукт самостоятельного функционирования и развития неживой природы. Они могут отличаться только разнообразием форм функционирования, развития и строения. Теоретической физикой доказано, что природа саморождает себя и себе подобных, создает структуру, заставляет функционировать и развиваться [77].

Законы развития, естественно, играют ведущую роль в противоречивых процессах преобразования физических объектов. Они отличаются устойчивостью, инвариантностью и действием на длительный период. Однако они также способны меняться и испытывать изменения под влиянием результатов собственного действия, собственной перестройки, то есть структурной перестройкой самого объекта, которая характеризуется геометрией. В связи с этим возникает задача изучения сущности преобразования законов. Необходимо

выяснить, какие свойства, стороны и характеристики законов наиболее подвержены изменениям и под действием каких процессов, каких изменений и какого подхода они могут изменяться. Об этом свидетельствует синергетика самоорганизации.

В отличие от законов диалектики, законы физики являются историческими, то есть они рождались для конкретного физического объекта, физического пространства и времени и т.д. и исчезли, вернее, стали неприменимыми для другого объекта, пространства и времени, явлений и процессов, условий и форм и т.д., потому, что они не соответствовали друг другу. Значит, будучи законами развития, они сами представляют собой результаты развития. Более того, изменение законов особенно ярко проявляется при изменении геометрической структуры и строения объекта.

Законом развития является существенное, устойчивое и противоречивое взаимодействие факторов, с необходимостью вызывающее сам процесс развития. Таким законом в теоретической физике является структурно-геометрическое изменение объекта. Сущность этого изменения заключается в избирательном отборе физикой пространств из всех возможных математических пространственных множеств ив дифференцированном подходе к объекту, в результате которого сохраняются и остаются те особенности объекта, свойственные данному процессу и явлению.

Значит, законы изменяются не потому, что изменился просто объект, их заставляет изменяться изменение структурно-геометрических форм физического объекта. Примером может служить вытеснение эфира из теории электромагнитным полем, преобразования Галилея преобразованием Лоренца, уравнения Рэлея-Джинса и Вина уравнением Планка, уравнения Шредингера и Гейзенберг уравнением Дирака для релятивистской теории и т.д.

Большую роль в физике играют качественные и количественные определенности (о них мы уже упоминали в предыдущих параграфах), так как их соотношение изменяет структурно-геометрическую форму объекта. Характеризуя

качественные и количественные отношения можно сказать, что эти отношения есть отношения движения к развитию, рода к виду. Возникнув как нечто единое, качество начинает дифференцироваться внутри себя как структура, усложняться, формируясь как количественно-геометрическая определенность. Таким образом, имеет место превращение качества в количество, которое представляет собой процесс движения и развития материального объекта, то есть движение от качества к количеству.

В теоретической физике этот процесс может происходить по следующей схеме. Первое - обособление совокупности свойств физического объекта (дискретность, дуализм и др. в квантовой механике, постоянство скорости света, относительность пространств - времени и др. в теории относительности и т.д.), второе - дифференциация единого объекта, единой качественной определенности на множество независимых качеств (внешние и внутренние структуры, спектры и др. в квантовой механике, пространство-временной интервал, связь массы с энергией т.д.) и третье - набор свойств становится всеобщим для многих явлений, процессов (квантованность, преобразования Лоренца, симметрия т.д.).

Все эти процессы формирования количественной определенности на базе движения и развития качества взаимосвязаны и взаимообусловлены. Материальный объект, как структура, имеющая определенное строение, обладает вначале лишь качеством в том смысле, что его количественная определенность, которой он обладает, обусловлена его предысторией. То есть спецификой той совокупности строений, которая привела к возникновению данного физического объекта.

Таким образом, формирование количества на базе данного качества в развитии новой теории приводит к выводу, что новая теория, возникая на базе существующего старого научного уровня, то есть качества предъявляет свои требования к количественным характеристикам тех законов, при помощи которых оно создается, и в силу этого приводится к созданию строений с новыми количественными характеристиками. Например, если классическая механика была создана на базе

евклидовой геометрии, то изменившиеся условия движения и развития физического объекта требуют нового подхода в изменившихся условиях и порождают новые пространства, новые геометрии, которые создают новые условия для построения новой физической теории.

Новое качество порождает новое количество, а новое количество новое качество, и всякий процесс предполагает, с одной стороны, порождение новой геометрической формы, а следовательно, и новых качеств. А с другой стороны, имеет место отбора, уничтожающий одни геометрические формы и сохраняющий или порождающий другие. При этом происходит сравнение качественно различных геометрических форм на основе их количественных характеристик. Для того, чтобы сравнивать физические объекты, геометрические формы необходимо найти нечто в них, то есть выяснить их количественную характеристику. Без такого объективного сравнения и, следовательно, выделения количественной определенности, не может осуществляться отбор тех геометрических форм, которые лучше функционируют. Отбор должно осуществляться на основе внешнего и внутреннего взаимодействия, функционирования и в рамках качественной определенности. Такой количественной определенностью в теоретической физике являются геометрические идеи. Геометрические идеи являются механизмом отбора, а механизмом развития является отбор. Этот фактор сыграл выдающуюся роль не только в биологии, но и в физике научно-техническом прогрессе, как ключ к построению моделей. Таким образом, количество и качество, как простейшие свойства физического объекта, позволяют с достаточной полнотой раскрыть механизм отбора, объяснить его в основных чертах через геометрию.

Если уровень развития теоретической физики раньше не позволял исследовать количественную определенность (то есть теорию геометрических идей), то современное ее состояние мощным математическим аппаратом дает полную возможность исследовать до конца вопрос о становлении геометрических идей вслед за образованием нового качества (микромира,

элементарных частиц, кварков, черных дыр, вакуума и т.д.) и на его основе рассмотреть теории лишь для тех геометрических форм движения физического объекта, для которых построены частнонаучные модели строения и развития объекта. Такие исследования позволяют вскрыть новые качества, не известные ранее. И на основе такого механизма отбора можно осуществить долгосрочный прогноз развития теоретической физики с высокой степенью вероятности.

Таким образом, новые объекты порождают новые геометрические формы, новые геометрические формы порождают новые геометрические идеи, а новые геометрические идеи порождают новые качества, раскрывают новые свойства и неизвестные ранее стороны нового объекта. Например, спиноры породили спин частиц, раскрыли их, а теории, построенные на этой основе, подсказали о существовании античастиц, а античастицы об антимире и т.д.

Теперь рассмотрим вопрос, почему геометрические идеи являются механизмом отбора, а механизмом развития является отбор. Существование физического объекта с определенными свойствами, строениями, формами, структурой, то есть качественной определенностью предполагает наличие закономерной связи между количественными и качественными изменениями, которая отражается в мере. Категория меры характеризует единство количественной и качественной определенности объекта и позволяет уточнить одно из основных понятий физики - состояние. Более подробно рассмотрим его. Состоянием обычно называют сечение совокупности его переменных, которые сопоставляются одним из существенных свойств физического объекта. Понятие состояния может служить самым эффективным методом отображения физического объекта, если число существенных свойств конечно. Следовательно, переменные, как отражение свойств объекта, тоже должны быть конечными. На математическом языке эта совокупность переменных называется пространством состояний и в отличие от математического n -мерного пространства, она не может быть бесконечным. Конечность определяется природой объекта, то есть является результатом

эксперимента. При этом переменные, характеризующие состояния системы, могут принимать только те значения, которые заданы свойством объекта. Например, для атома водорода первое состояние имеет одно значение, с учетом спина электрона - два, а второе состояние имеет один плюс три значения, с учетом спина электрона - восемь, третье состояние имеет один плюс три плюс пять, и опять с учетом спина - восемнадцать значений и т.д.. Отсюда видно, что для описания физических объектов с точки зрения меры приходится вводить пространство, существенноотличающееся по своему объему от пространства состояний. Это пространство называется пространством меры.

Следовательно, соответствующие значения переменных образуют верхние и нижние границы в пространстве меры, и любое состояние физического объекта может быть сопоставлено с определенной точкой этого пространства. Анализ методов построения физических теорий показывает, что математический аппарат пространства состояний и пространства меры получен методом геометрических преобразований пространств и динамических переменных идей, то есть применением аналитической, алгебраической, калибровочной и дифференциальной геометрий, топологии и т.д. Отсюда вытекает, что геометрические идеи служат механизмом отбора тех пространств из множества всех математически возможных n -мерных пространств, которые составляют диалектическое единство с состоянием физического объекта. Таким образом, геометрические идеи выделяют среди множества математических значений чисел, величин и пространств только физически наблюдаемые. То есть те числа, величины и пространства, которыми определяются состояния системы. Геометрические идеи в мере присутствуют как качественное количество и выражают зависимость качества от определенного количества, то есть несут в себе специфическое качество. Этим самым способствуют развитию теории физического объекта.

В качестве примера можно рассмотреть вопрос о конечности пространства состояний и пространства меры и

вытекающие из этого некоторые следствия. В самом деле, то или иное свойство объекта не может уменьшаться или увеличиваться до бесконечности. Бесконечное приближение к нулю или бесконечности означало бы нарушение закона перехода количества в качество. Но если свойство не может иметь как угодно малые количественные значения, то оно распадается на дискретный и притом конечный ряд допустимых значений. И эта дискретность является следствием закона перехода количества в качество.

Отсутствие бесконечно малых количественных различий одного и того же свойства объекта приводит нас к тому, что для пространства состояний нельзя уже говорить об абстрактной точке, а надо иметь в виду некоторый конечный объем, который является отображением в определенный момент времени. Здесь надо вспомнить слова Шредингера о том, что пространство между состояниями атома Бора имеет большое физическое значение. Например, в атоме водорода, пребывая во всех энергетических состояниях, скажем второго уровня, где $n = 2$, дальнейшее изменение количества выводит энергетическое состояние на другой уровень другого свойства, переходя границы данной меры, то есть переводит от одного качества к другому качеству, порождает другое состояние системы.

Если это приводит, с одной стороны, к дискретности состояний, то с другой доказывает принципиальную невозможность получения сколь угодно точных значений изменяемых свойств, то есть приводит к рождению принципа неопределенности в микромире и придает состоянию системы вероятностный, статистический характер, где, как мы уже отметили, точка теряет физический смысл. Рожденная поверхность или объем (это зависит от характера явлений и процессов) имеющий протяженность, дает свойствам свободу, "вольность" находится в тех или иных точках этой протяженности, которые будут подчиняться статистическому распределению. Обычно принято утверждать, что точность математики определяется бесконечностью, а физики определенностью и ограниченностью и считают, что в этом их различие. Однако анализ количественных и качественных

определенностей в современной физике показывает, что глубокий смысл имеет и обратное, то есть точность математики в определенности и ограниченности, а физики в бесконечности и неопределенности. Прекрасным подтверждением этого тезиса стал принцип неопределенности Гейзенберга и вероятностный характер микромира. И они стали фундаментальными в микромире и благодаря им микромир стал наглядным, определенным и объяснимым.

Принцип неопределенности Гейзенберга продемонстрировал, каким образом происходят количественно-качественные изменения. Например, качество, исчерпав количественные изменения в нижних и в верхних пределах, переходит в новое качество с новым количеством. Внутреннее количество этого качества зависит от внутренней структуры системы, то есть геометрии подпространства (внутренняя симметрия, расслоение, кривизна, кручение и т.д.).

Для Эйнштейна было характерно, что он всегда стремился получить точное геометрическое объяснение сущности явления, он в нем видел познавательную мощь теории. Например, масса тел. Она не является заданной характеристикой тел, а ее роль выдвигается на первый план тогда, когда она становится эквивалентной величиной с энергией. Эйнштейн показал, что в некоторых процессах тела теряют часть своей массы и за счет этого порождается энергия. Это было подтверждено на опыте, и процесс полностью обратим.

Выдающимся открытием Эйнштейна является объяснение тяготения, то есть ОТО. Эйнштейновское объяснение происхождения силы тяготения отражает его потребность объяснить ее с точки зрения и физики, и оно хорошо известно и надежно установлено. Например, согласно Эйнштейну, вещество обладает неизвестным ранее свойством изменять структуру окружающего его пространства-времени и движения материальных тел, которые мы наблюдаем, когда они находятся в поле тяготения, они должны быть такими же, как и в присутствии вещества, так как именно присутствие вещества изменяет структуру пространства-времени. Таким образом, присутствие гравитационной массы заставляет каждое тело

описывать вполне определенную кривую в новой геометрии пространства, искривленную веществом. Эта кривая обладает тем свойством, что она соединяет точки пространства кратчайшей линией, так называемой геодезической, она необязательно должна быть прямой линией.

Из эквивалентности гравитационной и инертной масс можно получить геометрическую формулировку гравитационных явлений. Это блестяще удалось сделать Эйнштейну. Он, обобщая работы, относящиеся к геометрии искривленных пространств, как следствие присутствия материи, получил свою знаменитую формулу. Таким образом, нет гравитона, также и фотона, а есть возмущение, которое передается, как электромагнитная волна определенной длины. Для описания микромира мы предлагаем струнную структуру, чтобы организовать передачу возмущения. Передача это искривление пространства-времени, это геометрия пространства, оно может быть 1,2,... N-мерное, особых свойств от меры и метрики.

Геометрическая теория гравитации Эйнштейна подсказала вопреки всем ожиданиям, столь фантастическое явление, как расширение Вселенной. Она подсказала коллапс в черную дыру достаточно массового образования из холодной материи. Геометрия творит чудеса, особенно в последнее время, своей суперсимметрией. Великое объединение фундаментальных взаимодействий в своей структуре использует теорему алгебраической геометрии, известную как "граница границы равна нулю". Замечательным свойством этой теоремы является то, что она справедлива для любой конкретной размерности и тем самым как бы побуждает нас к размышлениям о возможности формулировки самых основных законов физики в безразмерной форме.

Еще один пример. В чем смысл того, что сотни закономерностей химии, например не требуют для своего объяснения сотней законов физики. Все это объясняет одна простая картинка, например, таблица Менделеева. Простая, элементарная дает намного больше иногда, чем целая сложность. Но при этом в физике обязательно надо знать, какое

отношение имеет эта элементарность к пространству и времени, геометрии, являются ли они изначально концепциями, или вторичными, или производными, или приближенными понятиями. Все эти пространства являются точными или приближенными, если приближенными и точными, то до какого-то предела. Так построена вся физика.

Подводя итоги можно сказать, что из законов и категорий качества и количества, состояния и меры следует, что количественное изменение того или иного качества имеет вполне определенную границу и скачок как переход от одной области пространства состояний к другой области того же пространства, образует некоторую область пространства состояний. Общее пространство состояний образует множество пространств меры, которое образует физическое пространство, описываемое методом геометрических идей. Форма движущихся физических объектов, характеризуемая геометрией пространств и геометрическими идеями, является источником развития физической теории. По Аристотелю, она может выступать в роли стимулятора, ускорителя, мотива, цели - словом, в роли движущей силы, "делающей" причины.

2.4 Некоторые методологические и мировоззренческие проблемы квантовой теории

14 декабря 1900 года впервые прозвучало слово "квант". Профессор Берлинского университета 42-летний Макс Планк, докладывая на семинаре, ни в малейшей степени не сознавал, что открывает в естествознании новую эру, эру квантовой теории, и с этого дня начался не только новый век, но и новый этап физики. Становление квантовой механики не было спокойно триумфальным. Здесь, как никогда прежде, драма идей тесно сплеталась с драмой проблем, драмой людей, создававших новую физику. Нам известно:

1895 год - открытие рентгеновского излучения.

1896 год - открытие радиоактивности.

1897 год - открытие электрона.

Первые два поразили воображение современников, а третья

открытие выглядело гораздо скромнее и темой газетных сенсаций не стало. В то время этому была причина: мысль о реальности тел, меньших, чем атомы, смущала всех. Знаменитый Рентген даже запретил ученикам и сотрудникам говорить об электронах. Однако, реальность электрона была признана под неопровержимыми экспериментальными доказательствами. По этому поводу в 1904 году на банкете в Лондонском Королевском обществе знаменитый Резерфорд говорил так: "...Я вижу его так ясно, как эту ложку". И он в 1909 году, благодаря этому электрону и α -частицам построил свою знаменитую атомную модель, которая стала поворотным пунктом всей современной физики. Если до 1910 года постоянная Планка и теория излучения и поглощения Эйнштейна была сформулирована формально, то начиная с этого года, стала содержательной основой квантовой механики. По этому поводу в 1910 году сам Планк говорил так: "Теперь я знаю, что квант действия (т.е. hw) играет в физике выдающуюся роль, чем я вначале думал"[78]. Позже Гейзенберг про эти теории и про Эйнштейна говорил: "...революционный гений среди физиков придал квантовой теории Планка новое звучание, вдохнул в нее новое содержание. Он показал, что квантовая гипотеза не ограничена только проблемой теплового излучения, а имеет фундаментальный универсальный характер"[79].

В 1911 году двадцатилетний доктор философии из Копенгагена Нильс Бор томился бесплодной стажировкой в Кевендишской лаборатории у Томсона и совсем нечаянно услышал, что, оказывается, существует другая, нетомсоновская модель атома - резерфордовская. И в 1912 году уехал в Манчестер от Томсона к Резерфорду. Отпуская его легко, Томсон не думал, кого он теряет.

Бор тут же приступил к решению труднейшей из этих загадок задачи, почему устойчивы атомы, если они устроены, как Солнечная система. Если классические законы запрещают планитарному атому существовать, то какие же законы выручают атомы из беды? И в том же году приходит к убеждению, что строение электронного роя управляется

квантом действия. А как? Вот в чем был вопрос.

Во время отпуска в 1913 году, беседуя со своим университетским другом Хансеном, спектрокопистом, Бор поделился мыслями о своей работе, то есть о системе электронов в атоме, о строении вещества. Тут же Хансен задал вопрос, "а как спектры и спектральные формулы?". Через 50 лет Бор признался, что: "как только я увидел формулу Бальмера, все немедленно прояснилось передо мною!". И так в 1913 году была построена теория Бора. Это было началом ответа на вопрос Лоренца: "Нам необходимо построить, создать новую механику", который он поставил на знаменитом Сольвеевском конгрессе (1911). А как?

Первая мировая война помешала бурным этим работам, открытиям. Тем не менее, накапливалась внутренняя энергия, сжималась пружина идей, накапливался опыт для новых скачков в построении новой механики.

И этот скачок произошел в 1923 году (это только один из моментов квантовой драмы). Бакалавр гуманитарных наук, принц французских королей Луи де Бройль, услышав от брата Мориса о квантовых скачках (Морис был секретарем Сольвеевского конгресса) модели атома, теории Бора и других открытиях, сделал фантастическое предположения о том, что электрон это - "волна-частица". Он сделал это, полагая, что электрон вращается вокруг ядра, обладая определенной частотой, то есть дискретной, кратной частотой. Другие состояния не устойчивы, так как частота не укладывается в это состояние. Квантовые скачки это есть переустройства электронов по частоте в атоме. Следовательно, электрон обладает волновыми свойствами. По этому поводу научный руководитель де Бройля, знаменитый Ланжевен говорил Резерфорду, что: "Идеи диссертанта, конечно, вздорны, но развиты с таким изяществом, что я принял диссертацию к защите". При этом он имел в виду, как просто и красиво удалось де Бройлю получить для длины предполагаемой волны электрона, то есть

$$\psi = Ae^{i(\omega t - kr)} = Ae^{i(Et - pk)/\hbar},$$

где $E = \hbar\omega$, $p = \hbar k$ указал на возможность экспериментальной

проверки. Для среднего электрона по энергии она оказалась порядка 1А° , то есть как рентгеновские лучи. И сын Томсона в 1927 году вторично открывает электрон-волну. Это открытие было кульминационным моментом в истории создания квантовой механики.

Отмечая открытие электрона, гипотезу Планка, квантовую теорию света Эйнштейна, гипотезу де Бройля, модель атома Резерфорда, теорию Бора и других, мы видим в этой последовательности как бы ряд сменяющих друг друга (становящихся все более богатыми содержанием) иерархических систем знаний. Каждая последующая система опирается на предыдущую, генетически исходит из нее, и в то же время наблюдается, что между ними нет пока отношения полного соответствия и включения. Возникает вопрос, как их соединить воедино, построить целое единое, то есть общую теорию.

Становится ясным, что для описания и объяснения атомных процессов классические понятия не пригодны. Чем больше от своего исходного пункта отходили квантовые представления, тем более квантовая теория наполнялась содержанием, которое трудно было представить наглядно. Никакие классические понятия, образы, модели и представления не могли дать адекватного выражения содержания квантовой теории. И квантовая теория постепенно обретала собственно квантово теоретическими представлениями. Но полной теории не было.

Неизбежно встал вопрос, каким образом далее развивать теоретические основы атомной физики, как решить проблему интенсивности и поляризации излучения, которая оказалась неразрешимой в рамках квантовой теории, не говоря о классической.

В 1924 году Бор находит весьма тонкий способ, указавший путь к расширению границ и построению этой теории. Этот способ известен под названием принципа соответствия Бора. Он пришел к этому принципу в ее особой квантово теоретической форме, предложив идею о преемственной связи предмета, в том числе и знания.

Согласно этому принципу, существует своеобразное соответствие классическим представлениям движения электрона в виде рядов Фурье и спектром его излучения. Например, излучение это скачок, то есть результат квантовых переходов, это не наблюдаемо, а спектр - это ряд Фурье на пластинке, наблюдаем. Формально их можно, оказывается, соединить с помощью формулы, то есть описать математически и представить как геометрический образ. Значит, смысл этого принципа состоял в том, что это соответствие, как, оказалось, может быть использовано в качестве направляющего фактора в ходе дальнейшего расширения и построения теории в виде математической модели и геометрического образа.

На этом пути действительно были достигнуты выдающиеся результаты. Принцип соответствия выделил предметную область, например, атомные явления, их закономерность, математические расчеты и выкладки, геометрические идеи и интерпретации, и показал, что через них можно ненаблюдаемые процессы выразить через наблюдаемые. И значит, необходимо было еще одно усилие, еще один шаг, чтобы достичь цели, построить теорию. Выход из этого драматического по своему накалу положения пришел из двух, как показалась, противоположных сторон. Это теории Гейзенберга и Шредингера. Здесь можно показать схему, как с помощью принципа соответствия Гейзенберг построил свою теорию. Гейзенберг, набивший руку в расчетах сложных атомов по принципу соответствия Бора, заметил, что величины, относящиеся к атомным системам, можно представить в виде таблиц чисел, матрицы.

Предположив, что квантовые величины подчиняются каноническим уравнениям Гамильтона, то есть, воспользовавшись принципом соответствия, Гейзенберг естественным образом получил теорию Бора, раскрыл многие тонкости атомных явлений. Так была создана теория Гейзенберга. Значит, к созданию матричной механики Гейзенберга привел принцип соответствия и алгебраическая геометрия пространства. Поэтому обычно не без основания говорят, что она является точной формулировкой принципа

соответствия. Аналогичное можно сказать и о волновой механике Шредингера.

Осмысливая роль принципа соответствия в ходе развития квантовой идеи, можно сказать, что отношение соответствия преемственности было возведено в ранг методологического регулятива, направлявшего мысль от известного к неизвестному.

В процессе создания квантовой механики происходит синтез двух идей - соответствия и квантов через идеи алгебраических геометрий. Эти идеи определяют канву теоретической мысли, общий принцип их движения к цели, тогда как идея квантов придает им специфическое, квантотеоретическое содержание, друг без друга они лишены направленного движения и абстрактны. Таким образом, принцип соответствия является мостом над пропастью классической и квантовой механик, и через математические идеи он прочно соединил их.

Создание непротиворечивого математического формализма означало, что математический каркас искомой теории атомных явлений найден. Но математический формализм сам по себе еще не представляет теории. Необходимо встает вопрос о соотношении математического формализма с объективной реальностью, о характере отражения законов и закономерностей, то есть возникает проблема интерпретации.

Если в процессе формирования квантовой механики развитие идеи квантов и геометрии направлялось принципом соответствия, то в интерпретации квантовой механики роль ведущего принципа принадлежит идее дополненности, предложенная также Бором, и она как бы является продолжением предыдущего. Только на основе системного и целостного использования принципов соответствия и дополненности можно дать формально непротиворечивое истолкование математического аппарата и всего многообразия данных, осмыслить возникший у истоков квантовой механики корпускулярно-волновой дуализм, объяснить присущие микроявлениям специфические черты статистичности и неопределенности и т.д.

Внутренним содержанием этого принципа является то, что он анализирует отношение противоположностей (частица-волна) и единство. По этому поводу известный философ М.Омельяновский писал, что: "... согласно этому принципу, не просто возможно, но и при определенных условиях даже необходимо применять противоположные понятия к одному и тому же исследуемому предмету. Такое применение как показал Бор, не ведет ни к каким противоречиям в физической теории, но позволяет истолковать математический аппарат квантовой механики в соответствии с экспериментальными данными и дать цельную картину атомных явлений, с которыми не справились классические теории".

Таким образом, концепция дополнительности в целом, в совокупности всех ее моментов выполняет в данной области познания функцию принципа "конкретного анализа конкретной ситуации", регулирующего движения мысли по предмету, обеспечивающего ему точность, определенность конкретность. Например, без этого принципа невозможно было бы уравнение $E = h\nu$, $P = \hbar k$. Это результат соединений волны частицы. Главное этот принцип раскрывает смысл постоянной Планка – кванта действия. Она имеет значение как мера связи корпускулярного и волнового. Поэтому понятие корпускулярно-волнового дуализма имеет важнейшее значение для раскрытия физического содержания теории, для понимания природы микрочастиц. Она также раскрыла геометрическую структуру пространства, где разыгрываются квантовомеханические процессы.

Микрообъект представляет корпускулу (но не в классическом смысле) с определенной массой покоя m , заряда e , спина σ и т.д. и в, то же время по характеру своего движения он есть волна (так же не в классическом смысле), он позволяет эти свои противоположные свойства в рамках несовместимых (дополнительных) отношений. Из этого принципа вытекает один из главных моментов в квантовой механике – соотношения неопределенностей. Поэтому их называют иногда математическим выражением принципа дополнительности. В построении квантовой теории электрон сыграл такую же роль, как атом.

Нам известно, какую роль сыграли мировые константы c и h : благодаря постоянной скорости света c , построена теория относительности, а благодаря постоянной Планка h , квантовая теория. И эти постоянные органически связаны с состоянием электрона, h и с являются числами, то есть математическими выражениями, следовательно, электрон— это геометрическая модель физической реальности. Конечно, квантовая физика уводящая воображение человека вглубь материи, иногда не может опереться на дно, она тем, и занята, что сама его шлет. Придет время, когда и квантовая механика, как и в недавнем прошлом, классическая механика, дойдет до границ своей применимости. Тогда встанет новый вопрос "а как дальше?"

Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней. Дальше нам кое-что должны подсказать элементарные частицы. Многие ученые считают, что проблема элементарных частиц - это передний край современной физики. Здесь необходимо отметить, что дело, однако, заключается не столько в том, чтобы открыть новые частицы, хотя и они играют не последнюю роль, сколько в том, чтобы глубже изучить уже открытые частицы, в частности, их структуру, и ответить на вопрос, являются ли эти элементарные частицы последними кирпичиками материи. И этот вопрос получил ответ. Да, многие частицы оказались сложными и состоящими из составных частиц, например, кварков (протоны). И появились теории суперсимметрий, супергравитаций, суперструн и т.д.

Таким образом, мы рассмотрели строение и структуру материи в некотором интервале ограниченные принципом постоянства скорости света, если можно так выразиться, сверху и постоянной Планка – снизу. При этом известно, что теория относительности создает резкую границу между областью одновременности, в которой не может быть передано никакого воздействия с другими областями, в которых непосредственное воздействие одного процесса на другой может иметь место.

Исходя из этого основания, можно вести анализ строения

материи в двух направлениях: первое, изучение взаимодействия атомов, их отношение к более крупным "единицам", таким, как молекулы, кристаллы, тела, космические объекты и Вселенная; второе, исследование атомного ядра, его составных частей и других элементарных объектов и их структур вглубь. Возникает вопрос, нельзя ли создать такую теорию, которая выполняла бы одновременно требования теории относительности и квантовой теории? Да, имеются такие теории, о чем мы уже говорили – это супертеории.

Дальнейший этап познания должен идти, по-видимому, за пределы постоянных h и c . Но прежде чем сделать это, необходимо исследовать свойства, образующие границы, то есть изменения пространств и их геометрии, подобно переходам от евклидовой к минковской, от нее к римановой, а от нее к геометрии расслоенных пространств и т.д. Нам кажется, что геометрия вакуума чертится частицами в силу свойств вакуума, оставляя электрон одинаковым для всего мира. Следовательно, разнообразие геометрии есть свойства вакуума, и природа говорит с человеком на языке математики и геометрии, а они являются мысленными экспериментами человека. Все это показывает, что материя и движение неразрывны, что одни виды материи превращаются в другие, что в природе господствуют законы диалектики.

Таковы в основном схемы современных представлений о строении и структуре материи. Как видно, ученые далеко продвинулись вперед в изучении материи. Однако эти знания представляют собой всего лишь один из этапов в бесконечном процессе познания природы.

Резюмируя, можно сказать, что данные современных наук свидетельствуют о бесконечности материи, о сложнейшей структуре материи и ее части находиться в неразрывной связи друг с другом, и в бесконечном процессе изменения (развития, взаимного превращения). Все это говорит об их материальном единстве, неисчерпаемости. Две основные формы материи - вещество и поле - не оторваны одна от другой, они взаимосвязаны, переходят из одного качественно-количественного состояния материи в другое. И все эти

явления познаваемы во всех своих свойствах, и нет предела познанию внешнего мира.

2.5 Наглядность геометрии

Верно ли, что евклидова геометрия является той единственной геометрией, которая может быть наглядной? Могут ли быть наглядными другие геометрии? Что означает наглядность геометрии и до какой степени? К каким проблемам относится наглядность, психологическим, философским или другим? Постараемся вкратце ответить на эти вопросы.

Проблема, какая геометрия наглядна, а какая нет, возникла, естественно, с открытием неевклидовых геометрий, и оно породило двойственность геометрии, физической и всевозможной. Если математика предлагает множество возможных геометрий, то физика выбирает из них соответствующую реальному миру геометрию, которая определяется эмпирическим путем, то есть координативной дефиницией, то есть координативным определением. Кроме того в математике доказано, что любая геометрия риманова вида может быть отображена в другую геометрию того же вида. Это на математическом языке означает, что:

$$g'_{\mu\nu} + F_{\mu\nu} = g_{\mu\nu}, \quad (\mu\nu = 1.2 \dots),$$

где $g'_{\mu\nu}$ и $g_{\mu\nu}$ являются метрическими коэффициентами геометрии G' и G , а $F_{\mu\nu}$ - "корректирующими факторами". На физическом языке это можно сформулировать следующим образом: "Дана геометрия G , которой соответствуют определенные измерительные инструменты; мы можем вообразить универсальную силу F , действующую на эти инструменты таким образом, что реальной геометрией оказывается произвольно избранная геометрия G' , тогда как наблюдаемые отклонения от G обязаны своим существованием универсальной деформации этих измерительных инструментов".

Отсюда, следует, что неевклидова геометрия может быть получена при координативном определении твердого тела

(жесткое тело) в виде очень маленьких количественных отклонений от евклидовой геометрии, для малых областей пространства. Это было доказано общей теорией относительности.

Из этих определений вытекает, что мы всегда можем построить такую геометрию для физического пространства, которая будет иметь преимущества в смысле наглядности (чувственного созерцания), и евклидова геометрия не будет иметь никаких эпистемических (познавательных) преимуществ. И существующее мнение о том, что евклидова геометрия является наиболее простой, и следовательно, физика должна выбрать именно ее, является неверным. Физика не занимается выбором геометрии, а включается в нее. И она пользуется более простой координативной дефиницией и только через нее устанавливает связь с геометрией. Следовательно, истинна и проста та геометрия, которая более умно объясняет явления, совпадает с экспериментом и лучше использует координативную дефиницию. Последнее обусловлено тем, что она снабжает пространство и физические тела геометрической формой. Отсюда наглядна та геометрия, которая применяется для того объекта, движение которого описывается верно данной геометрией. Безусловно, существуют пределы наглядности, точно так же, как пределы явлений, процессов, применяемости и т.д. Этот вопрос будет рассмотрен позже.

Из вышеизложенного вытекает равноправность всех геометрий, и формулируется принцип относительности геометрии. Начало этому принципу было положено Эйнштейном, который применил принцип относительности геометрии в физике и даже назвал его теорией относительности, хотя этот принцип имеет прямое отношение к геометрии, нежели к физике.

Если Риман со своей математической формулировкой понятия пространства подготовил путь к применению геометрии для описания физической реальности, то Гельмгольц, закладывая основу проблемы наглядного изображения пространств, дал возможность физике сделать ее чувственно созерцательной геометрией, а геометрию доказательной, образцом научной

строгости и точности. В результате их союз стал основой многих выдающихся открытий и в физике, и в геометрии. Продолжая обсуждение о проблеме наглядности, надо отметить, что она является отражением человеческой психологии, а также его мировоззрением. Наглядность есть чувственное созерцание субъекта, и является отражением мышления. Заслуга чувственно-геометрического созерцания заключается в том, что, во-первых, оно дает возможность представить физическую реальность в форме некоего образа, во-вторых, формирует геометрические отношения к этому образу. Если считать, что первое выполняет образно-продуктивную функцию, второе - функцию нормы, которая является больше логической, чем образной.

Нравственное созерцание, то есть наглядность рассматриваемого объекта играет ведущую роль в физике, особенно в теоретической. Теперь рассмотрим эти две функции геометрического созерцания. Исследуя их, постараемся раскрыть физический смысл геометрических отношений и роли самого геометрического созерцания.

Начнем с известной модели образа атома, построенного место, дом геометрических идей. Эта геометрическая модель, по предложенной классификации чувственного созерцания, выполняет функцию образно-продуктивного представления и составляет некоторую основу данного метода как достоверная функция. Например, как в евклидовой геометрии сумма углов треугольника равна 180° . Так, если к образу атома исключим принцип Паули (пространственную ориентацию электрона), то он по нашему предположению, должен выполнять роль нормативной функции. Последнее играет ведущую роль в наглядности физики.

Каково происхождение нормативной функции и ее принудительный характер? Видимо, ее источником и необходимым условием является образно-продуктивная функция. Только после того, как мы вообразим, что если к образу атома применим принцип Паули, мы сразу можем получить одно из фундаментальных законов природы - таблицу Менделеева.

При этом пространственная ориентация электрона будет иметь только два значения и не больше. По-другому невозможно ориентировать, и в физическом отношении нормативная функция созерцания становится более важным компонентом наглядности. Рассматривая аналогию с треугольником, можно доказать, что квантование тоже является понятием геометрическим. Известно, что треугольник выполняет роль образно-продуктивной функции, а пересекающая прямая - нормативную. Например, если эта прямая пересекает одну сторону треугольника, то она обязательно пересекает одну из оставшихся сторон треугольника. Но это выполняется только в том случае, если геометрия является евклидовой, а треугольник и прямая лежат на одной и той же плоскости. Это является обязательным условием для пересечений (аксиомой) Так же для получения таблицы Менделеева необходимо, чтобы при геометрическом созерцании выполнялись квантовые условия.

Может возникнуть сомнение в том, что как можно провести параллели между треугольником и атомом. Треугольник - это простая геометрическая фигура, а атом это совершенно другой физический объект, участвующий в сложном процессе, его модель - это человеческое воображение. Однако доказательством этого, будет то, что и треугольник, и модель атома являются геометрическим воображением, чувственным созерцанием человека, и оба они могут быть описаны математическими уравнениями и определяются аксиоматично. При этом анализ уравнений треугольника показывает, что они не менее сложны, чем уравнения модели атома

Отсюда следует, если для треугольника обязательным условием является то, чтобы треугольник и прямая лежали на одной плоскости в евклидовом пространстве, то для модели атома обязательным является квантованность объекта в гильбертовом пространстве. Потом принцип Паули куда проще, чем прямая линия, так как по принципу Паули мы имеем всего два состояния электрона, когда прямая образуется бесконечной последовательностью точек и обязательно выполнено условие, чтобы она лежала с треугольником на одной плоскости. Для

первого электрона атома орбита представляет собой окружность. А окружность самая простая фигура в геометрии. Между прочем, мир квантовой механики с точки зрения физики куда проще, чем наш макромир. Можно было бы привести множество примеров, прекрасно демонстрирующих как наглядно можно представить геометрию геометрические отношения предложенным методом и доказать, что векторы, векторы состояний, спектры, запреты, вырождения, статистики, спиноры, великие постоянные и даже принцип неопределенности Гейзенберга являются нормативными функциями геометрического созерцания.

Мы, обычно размышляя о какой-либо проблеме, не можем решить ее до тех пор, пока не построим ее ясный образ в своем сознании, а затем уже из этого выводим методом логического анализа и с помощью некоторых принципов искомым закон физики. Таким образом, с помощью восприятия нарисованного, начерченного моделированного и других мы способствуем осуществлению образно-продуктивной функции, формируем основу, базу для дальнейшего воображения. В это время нормативная функция созерцания уточняет образно-продуктивную функцию, но не является ее результатом. Анализ нормативных функций созерцания показывает, что они больше опираются на логику, и логический вывод легче сделать с помощью наглядных представлений, чем с помощью абстрактных понятий.

Рассмотрим еще один пример, подтверждающий могущество геометрии. Оказывается она способна специально "придумывать" новые понятия, которые наглядно могут представить "ненаглядные" физические объекты. Поставим такой вопрос. Чем с геометрической точки зрения является элементарная частица, какой из имеющихся в арсенале геометрии фигур можно ее уподобить? Ответ на первый взгляд кажется простым, и ею должна быть точка. А как быть с точкой, когда у нее нет ни длины, ни ширины, ни глубины и т.д., а у элементарной частицы есть все, кроме того она является материальным объектом. Значит, если мы все-таки хотим уподобить ее с точкой, то надо снабдить ее свойством материи,

обладающей многими характерными для физического объекта особенностями.

Известно, что в геометрии совокупности точек образуют фигуры. Здесь надо учесть, что точка та не простая, а материальная с особенностями, следовательно, и фигуры тоже должны быть особыми, то есть фигурами физической геометрии. Значит, надо полагать, атом не состоит из элементарных частиц протона и электрона, а возникает из них, и чтобы образовалась физическая геометрия, в фигуру, атома необходимо включение дополнительных факторов, то есть нужен не только образ, но и норма. В атоме функцию нормы, видимо, выполняет обменный процесс фотонами между протонами и электронами, то есть учет наличия виртуальных фотонов. Возникает вопрос, а как назвать на геометрическом языке этот обменный процесс виртуальных фотонов?

И прекрасную идею здесь подсказала опять геометрия. В начале века возникла вошедшая в теорию множеств так называемая наука о пространственных формах - топология, которая стала крупным событием в геометрии и сумела сделать ее гораздо строже и точнее, раскрывая внутреннюю структуру геометрического объекта. Особенностью этой теории является то, что геометрические фигуры, созданные топологией, должны иметь особые точки, называемые незамкнутыми. И тут же этой теорией воспользовались физики-теоретики. Теория и эксперимент показали, что эти особые незамкнутые точки оказались, так сказать, точными портретами тех самых виртуальных фотонов в атомах.

Акад. Крылов А.И. писал: "...Геометра, который создает новые математические выводы, можно уподобить некоему воображаемому универсальному инструментальщику, который готовит на склад инструмент на всякую потребу: он делает все, начиная от кувалды и кончая тончайшим микроскопом и тончайшим хронометром. Геометр создает методы решения вопросов не только возникающих вследствие современных надобностей, но и для будущих, которые возникнут, может быть, завтра, может быть через тысячу лет" [80]. Таким образом, топология стала одним из универсальных

инструментов в руках теоретиков, с помощью, которой уже сделано много открытий. Анализ этих открытий показывает, что если материальная точка замкнута, то элементарная частица обладает внутренней структурой, а если незамкнута, то ее можно считать простой в смысле внутренней структуры. Однако замкнутость и незамкнутость точек не зависит от размера объекта, потому что топология атома и Вселенной одинакова. Это зависит от постановки задач и с каких точек зрения рассматривать проблему. Например, Луна, Земля и планеты в Солнечной системе являются точками.

Таким образом, наглядность геометрии – это включение физики в геометрию пространства-времени методом координативного определения (координативной дефиниции), то есть рассмотрение физической реальности в геометрии пространства-времени. Если мы определяем наглядность как чувственное созерцание, то в физике это чувственно-геометрическое созерцание в форме теории, и оно позволяет представить физическую реальность в форме образа (образно-продуктивной функции) и выяснить геометрическое отношение к ней через математическое оформление его (функции нормы).

Например, координативная дефиниция – это есть рассмотрение микромира в пространстве векторов состояния в форме волновой функции (Шредингеровской) или матрицы (Гейзенберговской). Образно-продуктивная функция – это, например, модель атома Бора для Гейзенберга или гипотеза де Бройля для Шредингера, а функция нормы – это теория Гейзенберга, оформленная в форме матричного уравнения или уравнение Шредингера в форме операторов. Отсюда наглядность микромира – есть квантовая теория, полученная по этой схеме. Может возникнуть вопрос, а где квант действия. Ответ такой. Без него не было бы ни модели Бора, ни гипотезы де Бройля.

Таким же методом пришел к своей теории относительности и Эйнштейн. Координативная дефиниция – это пространство Минковского (в СТО) или Римана (в ОТО). Постоянство скорости света, пространственно-временной интервал, принцип относительности, эквивалентность инертной

и гравитационной масс и другие как образно-продуктивная функция. Преобразования Лоренца, уравнения связи массы и энергии, энергии-импульса, уравнения Эйнштейна и т.д. есть функции нормы, а наглядность это СТО и ОТО. Таким образом, любой физик-теоретик сознательно или несознательно, всегда будет строить свою теорию именно по этой схеме.

Рассмотрим еще два примера. Одними из мощных методов геометризации физики являются спинорные и твисторные методы в теоретической физике. Спиноры - это дополнительное свойство геометрического пространства-времени, твисторы - это четырехмерное комплексное векторное пространство [81].

Например, понятие комплексного спинорного объекта, обладающего тем свойством, что при повороте на 360° он не возвращается в исходное состояние, но переходит в себя лишь при дополнительном вращении на такой же угол. Тем самым, применив это удивительное свойство некоторого геометрического образа в физике легко можно наглядно представить физическое пространство-время в микромире, в черных дырках и др. на более высоком уровне.

Наличие спинорной структуры приводит к появлению добавочных степеней свободы пространства-времени, и оно хорошо описывает квантовые поля, которые не могут быть описаны в рамках обычного подхода. Геометрическим образом двухкомпонентного комплексного спин-вектора в пространстве-времени является "изотропный флаг", определяемый заданием некоторого изотропного направления "флагштока" и прикрепленной к нему изотопной двумерной полуплоскостью, то есть "полотнища флага". Таким образом, спорная структура пространства-времени приводит к изотропной тензорной структуре.

Плодотворность этого метода связана с тем, что двухкомпонентные спиноры глубоко раскрывают главную изотропную направленность полей и алгебраическую симметрию геометрии пространства. Не существой геометрический двухкомпонентный спинор, какова была судьба релятивистской квантовой механики Дирака, неизвестно. Это одно из главных достоинств этого метода.

В качестве следующего примера рассмотрим фазовый портрет системы, широко применяемый в теории возмущений и теории хаоса. Фазовый портрет системы позволяет составить достаточно полное представление о виде траекторий и о типах движения системы. В качестве примера рассмотрим теорию возмущений, очень эффективную в теоретической физике.

Пусть мы имеем некоторый фазовый портрет системы. Поставим вопрос об эквивалентности каких-либо движений с точки зрения их фазовых портретов. Одним из признаков сравнения различных траекторий является и топологическая эквивалентность или неэквивалентность.

Если фазовую траекторию можно путем плавной деформации перевести не особым образом в другую траекторию, то они топологически эквивалентны. Введенное понятие позволяет взглянуть на задачу о возмущении системы с некоторых общих позиций. Возмущение может быть очень малым по величине, этого может быть недостаточно, чтобы его влияние на систему также оказалось малым. Во-первых, система может оказаться сложной, например, неустойчивой для таких возмущений. И тогда "малые причины" вызовут "большие следствия". Во-вторых, само возмущение может оказаться сложным. И тогда отклик системы в чем-то окажется не малым. Нами проанализировано свыше двадцати фазовых портретов для различных физических процессов. И это показало, что, применяя принципы наглядности геометрических образов, легко можно установить законы формирования процессов и явлений даже в хаосе.

Таким образом, мы показали, что образно-продуктивная функция, исходя из нормативной, снабжает нас образами, из которых с помощью наглядных представлений могут быть получены логические законы. Однако, при создании этих образов мы не должны выходить за пределы определенных простых отношений. Например, у геометрических фигур существуют индивидуальные различия, которые ограничены определенной областью, и за пределами ее геометрические фигуры наглядно представить невозможно. Следовательно, было бы ошибкой утверждать, что вся геометрия может быть

представлена наглядно только в виде геометрических фигур визуально. Визуальность характерна в какой-то степени только для евклидовой геометрии, глобус - это еще не Земля. Потом, не надо искать наглядность там, где ее нет. Например, бесконечность пространства. Пространство - это размер и т.д. наблюдаемой, объективно существующей материи. Где нет наблюдаемой материи, там нет и пространства, значит, нет смысла говорить о физической бесконечности пространства, там как в бесконечности мы не можем наблюдать материю.

Несколько слов о геометрических отношениях. Их роль в физической геометрии ясна: они устанавливают отношения между мышлением и физической реальностью и связывают чувственные восприятия с понятиями. Они определяют, какие из мысленно возможных геометрических многообразий соответствуют реальности.

Чтобы яснее представить теорию отношений, рассмотрим одну интересную проблему диаграммно-графического представления.

Большую часть наглядности, то есть чувственного созерцания физических явлений, обычно представляют с помощью пространственных отношений, которые заменяют непосредственные картины. Прекрасным примером такого представления могут служить диаграммы Фейнмана. Диаграммы Фейнмана являются достижениями выдающегося значения в объединении геометрии с физикой. Они показали, как можно контролировать изменение явлений в физике и его наглядности.

Значит, контроль за событиями может быть осуществлен геометрическими понятиями, и мы сами решаем, какие наглядные предметы мы соотносим с ними. Это может быть импульс, сила, ток, температура, энергия и другие. Такой подход подобен координативной дефиниции. Логическая структура их может быть соотнесена с физической геометрией и представлена посредством диаграмм. А с диаграммами Фейнмана работать мы умеем (по крайней мере, должны уметь).

Что такое диаграммно-графическое представление? Легко можно определить его на следующем примере. Представим, что

мы имеем систему математических отношений, выраженную посредством математически: формул, которая не может быть представлена наглядно, и физическую систему, соотношенную к предмету, которая является символом утверждений первого, то есть является наглядным пространством первой системы. Второе, то есть физическая система, называется наглядной геометрией. Определенная таким образом наглядная геометрия является диаграммно-графическим представлением, отражающим описывающую структуру математических отношений на систему реальных вещей. Примером может служить любая диаграмма, любой график и любые схемы.

Таким образом, можно констатировать, что представление геометрических отношений с помощью систем не просто вопрос удобства, а необходимое свойство человеческого мышления. Мышление без каких-либо символов (мы рассмотрели только один случай – диаграммно-графический) невозможно. Однако выбор символа не определяет содержание мышления. Содержание мышления зависит только от системы отношений с помощью конкретных объектов и геометрических понятий.

Вместо заключения можно сказать, что геометрия не произвольна, она определяется физическими законами. В соответствии с ними, геометрия выступает как строгая математическая конструкция, определяемая характером физических явлений и исключая свободный выбор геометрии.

3. Применение геометрических идей

3.1 Геометрические идеи – как метод построения и изучения теоретической физики

Курс теоретической физики, читаемый студентам физико-технического факультета независимо от их специализации, традиционно содержит 4 раздела, а именно: классическую механику, электродинамику и СТО, квантовую механику, термодинамику и статистическую физику. Каждый из этих разделов весьма обширен. В результате их изучения студенты получают сумму знаний по различным разделам теоретической физики и слагаемые этой суммы столь разнообразны, что зачастую не поддаются сложению. При этом вместо целостной системы у них начинает складываться «кусочное», разрозненное представление о теоретической физике и о физической картине мира.

Одним из способов, который позволит объединить изучаемые разделы, оптимизировать и интенсифицировать учебный процесс за счет возросшей познавательной активности студентов является использование метода геометрических идей. Использование данного метода позволяет показать единство геометрии пространства-времени и физического объекта. А в силу наглядности геометрии появляется возможность избежать ряда трудностей, возникающих при объяснении некоторых достаточно сложных вопросов в теоретической физике. Кроме того, применение геометрических идей освобождает физику от зависимости от разрозненных аксиоматических принципов и постулатов и позволяет превратить предмет физики в логический, последовательно устроенный комплекс.

Особенность этой методики также состоит еще и в том, что при ее применении в теоретической физике раскрывается глубокий смысл таких абстрактных понятий как дифференциальная геометрия, топология, геометрии расслоенных пространств, суперпространств, суперсимметрий, супергравитаций, суперструн, естественно, также известных пространств, но уже с другими свойствами, которые больше встречаются в математике, чем в физике.

Анализ развития теоретической физики показывает, что она построена на основе следующих четырех картин мира:

1) механистической, в которой пространство, время и масса (\vec{r} , t , m) являются абсолютными, т.е. не зависят от скорости физических объектов. На основе этой идеи была построена классическая механика, в которой механика Ньютона описывается в евклидовом пространстве, механика Лагранжа – в конфигурационном, а механика Гамильтона – в фазовом;

2) полевой, в которой законы классической механики требуют обобщения для таких объектов как элементарные частицы, электромагнитное поле, гравитация и т.д. СТО рассматривается в пространстве Минковского, ОТО – в пространстве Римана и Лобачевского;

3) квантовой, в которой пространство, время и объекты обладают и волновыми и корпускулярными свойствами. Нерелятивистская квантовая механика рассматривается в гильбертовом пространстве, а релятивистская квантовая механика – в пространстве векторов состояний;

4) статистической, в которой для описания физических величин используется вероятностная, статистическая теория. Классическая статистика используется в фазовом пространстве, а квантовая – в спектральном.

Рассмотрим подробнее становление различных картин мира, геометрическая интерпретация которых достаточно подробно приведена в [82].

3.1.1 Применение метода геометрических идей в классической механике

Классическая механика является первым разделом теоретической физики, который начинают изучать студенты. Основы, заложенные при ее изучении, являются очень важными при рассмотрении всех последующих разделов (Электродинамика и СТО, Квантовая механика, Термодинамика и статистическая физика).

Как известно, основу классической механики образуют механика Ньютона, Лагранжа и Гамильтона. При традиционном подходе к преподаванию данной дисциплины изучение начинается с механики Ньютона, затем последовательно

рассматриваются механики Лагранжа и Гамильтона. Также показывается, что для каждой из механик существует свое пространство, т.е. геометрия: для механики Ньютона – это евклидово пространство, для механики Лагранжа – конфигурационное с обобщенными координатами, а для механики Гамильтона – фазовое пространство. Т.о. первостепенной задачей является определение механики, уравнения которой будут использоваться, а геометрия, которая ей соответствует, рассматривается либо очень поверхностно, либо вообще не рассматривается. При этом у большинства студентов на практических занятиях возникают трудности с выбором механики, которая бы позволила им наиболее быстро решить ту или иную задачу. Возможно, это возникает из-за того, что они не видят принципиальной разницы между ними, а выбор соответствующего уравнения осуществляется изучаемой темой или при подсказке преподавателя.

Мы считаем, что выходом из данной ситуации может служить применение принципов и понятий геометрии. А именно, если не пространство привязывать к соответствующей механике, а, наоборот, сначала рассмотреть геометрическую сторону процесса и выбрать пространство, которое будет наиболее оптимально характеризовать объект, а потом уже записать соответствующее уравнение механики. Геометрия является весьма наглядной наукой, а поэтому можно с очень большой долей вероятности утверждать, что при таком подходе студентам будет намного легче анализировать протекающие явления и находить решения.

Рассмотрим более подробно становление механистической картины мира с использованием метода геометрических идей.

В начале изучения курса необходимо познакомить студентов с основными геометрическими понятиями, определениями, различными пространствами и способами перехода между ними. Например, одним их самых простых пространств является пространство, в котором справедлива геометрия Евклида. С этим пространством можно связать декартову систему координат. Для определения положения движущегося объекта в нем используются 3 координаты

(x, y, z) , а при поворотах объекта уже $6(x, y, z, \varphi, \theta, \psi)$.

Эту геометрию очень удобно использовать в том случае, если рассматриваются несложные задачи, в которых можно точно предсказать какие координаты будут описывать движение объекта и как будут действовать силы в рассматриваемой системе. Если ответ на эти вопросы очевиден и не вызывает сложностей, то тогда необходимо использовать механику Ньютона, который предположил, что фундаментальные физические величины \vec{r} , t и m (пространство, время и масса, соответственно) являются абсолютными, т.е. не зависят от скорости физических объектов.

В случае если ответ на эти вопросы вызывает сложности по ряду причин (неудобно использовать декартовы координаты, невозможно указать все силы, действующие в системе (особенно силы реакции) и т.д.), то для описания объекта вводятся любые параметры, которые позволяют его охарактеризовать. Это могут быть площади, углы, длины или др. Эти выбранные параметры (или один параметр) называют обобщенными координатами, описывающими конфигурацию системы, а соответствующее пространство будет называться конфигурационным. При выборе этого пространства при решении поставленной задачи используется механика Лагранжа.

Достаточно часто приходится рассматривать задачи, в которых требуется определить не просто движение системы, а изменение ее состояния с течением времени. Тогда необходимо к «чисто» геометрическим обобщенным координатам добавить еще координаты, которая будет описывать состояние самого двигающегося объекта. Такими параметрами являются импульсы. Данное пространство (пространство состояний) будет называться фазовым, а линия, которую будет описывать двигающийся объект – фазовой траекторией. В фазовом пространстве объединяются геометрические и физические параметры системы. И за счет этого можно определять не просто положение, а состояние системы или точки в определенный момент времени. В данном случае при решении задач удобнее использовать уравнения механики Гамильтона.

Т.о. видно, что наиболее общим является фазовое

пространство, при упрощении которого (т.е. отбрасывании физических характеристик), мы получаем конфигурационное. А евклидово пространство можно построить на касательном расслоении конфигурационного.

Также на первых занятиях необходимо сразу показать, что механика Лагранжа получается из механики Ньютона, а уравнения механики Гамильтона выводятся из уравнения Лагранжа. Для перехода между уравнениями разных механик используются: принцип наименьшего действия, принцип Даламбера-Лагранжа, принцип Мопертюи.

После такого введения можно начинать более подробное рассмотрение каждой из механик в отдельности.

Используемый подход, несомненно, будет способствовать формированию целостной картины мира у студентов. В данном случае исчезает «фрагментарность» изучаемых понятий, а все они, объединенные геометрическими образами, сливаются в нечто единое. На занятиях становится гораздо интереснее обсуждать и выяснять, в каком пространстве лучше рассматривать объект, и какие параметры будут наиболее полно описывать его движение и состояние с течением времени [83]. Кроме того, данный подход позволит студентам лучше понимать все последующие разделы теоретической физики.

3.1.2. Применение метода геометрических идей в классической физике (электродинамике, ОТО и СТО)

Все эмпирические законы электромагнетизма показали, что электромагнитные явления становятся математически строгой наукой, получающей верные количественные отношения, если применить к ним геометрические идеи. Значит, для описания сложного электромагнитного процесса нужна, также как в классической механике, теория, характеризующая формы движения зарядов и электромагнитного поля.

Фарадей сделал предположение о существовании силовых линий, т.е. о возможности геометрического описания процесса. Лоренц предложил электронную теорию, основанную на дискретности заряда и конвекционный ток электронов вместо

тока проводимости, смысл которого заключался в движении электронов и полей, окружающих это движение. Такой геометрический подход позволил описать движение электронов полевыми уравнениями Максвелла и объединить непрерывность и дискретность электромагнитных явлений в единое целое. Лоренцово сокращение движущегося тела представляет собой единство физического объекта и геометрии пространства-времени. В этот процесс включилось и время и Лоренц установил свои знаменитые преобразования.

Так появилась специальная теория относительности (СТО), которая заставила пересмотреть и переосмыслить такие понятия, как пространство и время, масса и энергия, абсолютное и относительное и т.д. Теория относительности Эйнштейна позволила разрешить принципиальные противоречия между предшествующими представлениями о пространстве и времени и содержанием электродинамики движущихся сред.

Заслуга Эйнштейна также заключается в том, что благодаря ему геометрия через пространственно-временные представления вошла в физику, геометрические идеи стали неотъемлемой частью и методом описания физической природы, а пространство-время само стало средой.

Из СТО следует, что пакет электромагнитных волн, распространяющихся в пространстве, обладает определенным количеством энергии и должен иметь инерциальную массу. А так как инерциальная и гравитационная масса равны, то масса пакета электромагнитных волн должна испытывать гравитационное взаимодействие, если на пути распространения встретится гравитационное поле. Это должно привести к искривлению луча света, т.е. отклонению от прямолинейного распространения (что было подтверждено экспериментально).

СТО описывается геометрией псевдоевклидова пространства-времени и эта геометрия является плоской. Учет кривизны пространства-времени привел к созданию общей теории относительности (ОТО) и теперь СТО стала частным случаем ОТО.

Важнейшим частным случаем псевдоевклидова пространства является пространство Минковского,

предложенное им в 1908 году в качестве геометрической интерпретации пространства-времени СТО.

Пространство-время Минковского описывает одновременно и геометрию СТО и геометрию, индуцированную на каждом фиксированном касательном пространстве произвольного Лоренцева многообразия. Этим геометрия Минковского играет для Лоренцевых многообразий такую же роль, как геометрия Евклида для римановых преобразований и оно называется иногда классическим.

Главным открытием неевклидовой геометрии является отказ от пятого постулата, т.е. через точки вне заданной прямой можно провести по крайней мере две прямые ей параллельные (в геометрии Лобачевского) или вообще нельзя провести прямую ей параллельную (в геометрии Римана). Их обычно называют соответственно гиперболической и сферической геометриями.

Таким образом, геометрия Лобачевского эквивалентна геометрии на трехмерном гиперboloиде, а геометрия Римана – на трехмерной сфере в 4-мерном евклидовом пространстве. Роль прямых играют геодезические дуги, сумма углов всегда меньше или больше 180° , кривизна положительная или отрицательная соответственно.

Для того чтобы использовать схему, предложенную нами в классической механике (постулировались только законы гамильтоновой механики, а законы механик Ньютона и Лагранжа выводились из законов Гамильтона как частный случай), необходимо оптику, электродинамику и теорию относительности рассматривать в контексте единой теории вещества и поля в классическом понимании [84].

Мы предлагаем излагать их как механику Эйнштейна по следующей схеме. После анализа трудностей классической механики в применении ее к электромагнитным явлениям дается обоснование физико-геометрических принципов этой механики – принципа относительности и принципа постоянства скорости распространения света как опытных фактов и вводится понятие неодинаковости течения времени в различных движущихся относительно друг друга инерциальных системах

отсчета. После этого, подчеркивая заслуги Эйнштейна и вытекающую из принципов теорию – СТО, дается геометрическая интерпретация пространства Минковского.

Два принципа позволяют установить в многообразии координат событий квадратную форму в геометрической интерпретации, которая дает возможность ввести в многообразие событий метрику, превращающую многообразие событий в пространство, точками которого эти события являются. Т.о., обычное трехмерное пространство и время объединяются в одно четырехмерное пространство, которое называется миром Минковского.

3.1.3. Применение метода геометрических идей в квантовой механике

Для того чтобы понять квантовую механику надо ясно представлять законы современной геометрии и уметь пользоваться её современными методами и языком. Например: дискретность пространств, стационарность состояния, модельные представления, структурное состояние, спин, четность, странность, аромат, векторность, коммутативность, неопределенность, статистичность и др. Все они являются физико-геометрическими понятиями и языком современной теоретической физики.

Объективная реальность становится физически наблюдаемой и наглядной в том случае, когда она находится в изменении, в движении, в процессе. В стационарном состоянии реальность становится чисто геометрическим объектом.

В 1927г. Гейзенберг сформулировал принцип неопределенности координат и импульса, и он стал одним из ключевых моментов квантовой механики и всего микромира.

Рассматривая теорию Гейзенберга, Дирак отметил, что «наблюдаемая не должна быть обязательно физической величиной, которую можно непосредственно измерить при одном единственном наблюдении; она представляет собой теоретическое обобщение такой величины. Это оператор, геометрический символ, удовлетворяющий ряду

математических требований».

Еще одним примером мощной совместной работы физической реальности и геометрии пространств является вторая формулировка квантовой механики (волновой механики Шредингера). Шредингер пытался описать поведение квантовой частицы при переходах между стационарными состояниями, т.е. при квантовых скачках.

Геометрия стационарных состояний, дополненная физической реальностью, т.е. процессом квантовых скачков, дала возможность построить стройную последовательную теорию микромира. Теория Шредингера была построена исходя из геометрической идеи «волна - частица» де-Бройля, т.е. по оптико-механической аналогии.

В матричной механике применялись методы абстрактной алгебраической геометрии, а волновой – теория дифференциальных геометрий, т.е. теория дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных. И скоро была доказана эквивалентность этих двух подходов единой теорией. Это доказывает, что у них один корень – это геометрия и геометрические идеи (и Гейзенберг, и Шредингер понятие наблюдаемости рассматривали в плане геометрии, причем в геометрии многомерного конфигурационного пространства с неевклидовой метрикой).

Борн предложил статистическую трактовку волновой функции Шредингера, выразив квадрат амплитуды волн через плотность вероятности в конфигурационном пространстве.

Вскоре Дирак доказал, что ненаблюдаемость одновременно координатных и импульсных характеристик основывается на теории унитарных преобразований гильбертова пространства: матричная механика Гейзенберга является квантовой механикой в импульсном представлении, а волновая механика Шредингера – в координатном.

В более широком смысле под гильбертовым пространством понимают произвольное линейное пространство (векторное пространство), в котором задано скалярное произведение и которое является полным относительно нормы, порождаемой этим скалярным произведением. В зависимости от того,

определено ли для элементов гильбертова пространства H умножение только на действительные числа или же элементы из H можно умножать на произвольные комплексные числа, различают действительное и комплексное гильбертово пространство.

Комплексные гильбертова пространства играют в математике и в её приложениях значительно большую роль, чем действительные. Одним из важнейших направлений теории Гильбертовых пространств является изучение линейных операторов в нем. Именно с этим кругом вопросов связаны многочисленные применения в теории дифференциальных и интегральных уравнений, теории вероятностей, квантовой механике и т. д.

Анализ квантовой механики показывает отсутствие в ней ясной механической модели. Следовательно, большую роль в ней должна играть идеализация и абстрагирование, внутренне присущие математике, ее геометрической структуре. Это обусловлено тем, что геометрия изучает формы и отношения в отвлечении от всякого материального экспериментального содержания. Она исследует [85]:

- 1 – формы и пространственные отношения в чистом виде, а не совокупности предметов;
- 2 – геометрические фигуры, а не реальные тела;
- 3 – геометрические пространства, а не просто математические.

Следующим моментом применения геометрических идей было построение квантовой электродинамики.

Дирак, учитывая требования теории относительности и квантовой механики к геометрии пространства, вводит в квантовую геометрию пространств теории относительности, т.е. релятивизм величин и физико-геометрический дуализм микромира. Полученное им уравнение электрона не только совпало с опытом, но и предсказало существование ранее неизвестной частицы – позитрона и антивещества.

Т.о. видно, что переход к квантовым явлениям показывает, что они коренным образом отличаются от классических. Если классическая механика описывает изменение состояния системы

со временем, то квантовая – состояние системы в данный физический момент времени.

Стержнем построения всей квантовой теории стал принцип действия Планка (определяет размерность микромира) и вытекающие из него соотношения Гейзенберга (определяют измеримость микромира). Оба принципа являются геометрическими идеями.

Если в классической физике состояние определяется однозначно, то в квантовой – нет. Здесь отличительной чертой является то, что система, находящаяся в некотором состоянии, может в то же время частично находиться и в других. И то пространство, где разыгрываются квантовые процессы, расслаивается, образуя множество подпространств, которые подчиняются законам геометрии расслоенных пространственно-временных многообразий. А это приводит к принципу суперпозиции.

При описании квантово-механической системы приходится оперировать следующими понятиями: состояние, удовлетворяющее принципу суперпозиции; измерения динамических величин, не приводящие к одному определенному результату; вероятности частных результатов измерений.

Геометрическими объектами и моделью, соответствующими состояниям квантово-механической системы являются векторы некоторого линейного пространства над полем комплексных чисел. Таким пространством является пространство Гильберта.

Дадим физическую интерпретацию геометрии. Всякая квантово-механическая система может находиться в состоянии, в котором какая-либо динамическая переменная имеет определенное значение. Т.е. ее изменение наверняка приведет к одному фиксированному результату. Значит, эта квантово-механическая переменная ведет себя как классическая. Но классические динамические переменные ничего не делают с состояниями. Поэтому возникает вопрос: «Можно ли найти такие возможности, когда действие квантовой динамической переменной на какое-то избранное состояние системы состояло

в «недействии» на его?». Да, можно. Когда действие оператора на вектор состояния сводится к умножению этого вектора на число, т.е. уравнение Шредингера, которое объединяет геометрическую модель с физическим объектом. При этом отличие квантовых динамических переменных от классических – это их некоммутативность, приводящая к принципу неопределенности. Физические величины не присущи изначально квантовым состояниям, а лишь возникают в процессе измерения.

Рассмотрим методические особенности введения геометрических идей на занятиях по квантовой механике [86].

Вместо исторического обзора, после определения генетически исходных понятий предмета и объекта исследования перечисляются основные опытные факты, эффекты и постулаты, которые расшатали здание классической физики. Затем констатируется, что каждый из этих фактов по отдельности охватывает только отдельные стороны, характерные масштабу микрообъекта. Подчеркивается, что объяснение результатов этих опытных фактов и их теорий получено в результате применения геометрических идей к проявлениям определенных свойств микрообъекта.

Затем показывается, что для описания квантово-механического процесса прежде надо рассмотреть законы сохранения и геометрические принципы симметрии мира. Их можно вывести из простого математического анализа геометрического образа, и они тесно связаны с принципом суперпозиции амплитуд и симметрией систем, относительно различных изменений. Для этого надо более подробно остановиться на вопросе о симметрии и о том, каким образом физический объект может быть симметричным, т.е. рассмотреть операции симметрии.

Такой подход опирается на глубинный физико-геометрический закон симметрии и закон сохранения, он математически обоснован, нагляден, имеет физическую и геометрическую интерпретацию и готовит студентов к лучшему усвоению математического аппарата квантовой механики.

Далее можно более подробно останавливаться на

эмпирических законах и опытных фактах, таких как гипотезы Планка и де Бройля, эффекты Эйнштейна и Комптона, постулаты Бора, опыты Штерна и Герлаха, Франка и Герца и др.

Они начинаются с раскрытия смысла квантовой теории света, которая заключается не в том, что мы представляем свет как совокупность мельчайших частиц, имеющих энергии $\hbar\omega$ и импульса $\hbar\vec{k}$ как волновой процесс, а в том, что обмен энергией и импульсом между микросистемами и светом происходит путем порождения одних и уничтожения других квантов света. И смысл этого процесса раскрывается только в процессе применения законов симметрии, сохранения и геометрии этого процесса.

После этого анализируется уравнение Шредингера и Гейзенберга. Можно провести аналогию между объединением геометрической и волновой оптики через принципы Ферма и наименьшего действия для того, чтобы лучше понять, как объединились волновая механика Шредингера и матричная механика Гейзенберга. Это два способа описания одного и того же объекта, две различные точки зрения на один и тот же объект, объединенные квантом действия и единым описанием (по выражению де Бройля) и методом геометрии пространств векторов состояния (по выражению Дирака). Они стали общим методом исследования квантовых процессов и в рождении этого метода трудно переоценить значение кванта действия и принципа физико-геометрической симметрии и закона сохранения.

Отсюда следует, что квантовая механика отличается от других механик не движением и траекторией, а изменением состояния, операторным описанием в пространстве векторов состояния. Векторы состояния ничего общего не имеют с векторами в трехмерном пространстве. Они являются векторами совершенно другого пространства, где разыгрываются микропроцессы и «живут» микрообъекты с другими масштабами, размерами и особой геометрией.

Особенностью применения векторов состояния и их геометрии является то, что любое состояние динамической системы в определенный момент времени можно

охарактеризовать. Одной из форм проявления гибкости этой симметрии является вероятный характер процесса в микромире, т.е. возможности его находиться в тех и других состояниях с определенной вероятностью.

Также в любой момент времени абсолютные величины, следовательно, абсолютные методы могут быть заменены числами или совокупностями чисел со сходными математическими свойствами, и они могут быть использованы в качестве координат геометрического объекта. Этот метод есть метод геометрических идей в квантовой механике. Его называют обычно методом координатных или импульсных представлений или представлением взаимодействий. Преимущество этого метода заключается в том, что он обладает мощным математическим аппаратом, которым можно легко воспользоваться рационально и наглядно.

Таким образом, сущность предложенного подхода состоит в том, чтобы найти возможность усвоения теоретического материала на основе оптимального сочетания геометрических идей, физических теорий и ценностно-смысловой и профессиональной ориентации личности к ним. А это приводит к уплотнению информации, раскрытию смысла и ценности, которые обладают замечательными свойствами усвоения: экономит ресурсы памяти и несет в себе необходимую прогнозируемую информацию, предвосхищающую результаты, которые позволяют безошибочно развернуть их для теории и практики, что, в свою очередь, открывает широкие перспективы для развития творческого мышления студентов и чем выше уровень творческого усвоения теории, тем выше результаты ее применения на практике.

В этой абстракции также отражены все основные и пространственные, качественные и количественные отношения между элементами и величинами теории. И если студент увидит за ними отношения конкретные, на каждый процесс, то ему незачем обременять память хранением формулировок всех других законов, геометрий, принципов и другого. На каждый заданный процесс, пользуясь общей логической конструкцией, он может оперативно сформулировать любой принцип, который

бы отразил увиденную конкретную связь или конкретное отношение. Таким образом, обобщенная схема геометрических идей, теорем, принципов является тем логическим отношением, на котором может воссоздаваться выводимая физическая теория [86].

Необходимо отметить, что в данной методике кроме геометрических идей, учитывающих искусственные построения математических абстрактных картин мира, также применяются философские логики. Суть их заключается в том, что материя состоит из двух видов: вещество и поле, и их единства. Если материя обладает больше вещественными свойствами, чем полевыми, то она рассматривается классической механикой. Если больше полевыми, то электродинамикой, специальной теорией относительности (СТО). А если материя обладает теми и другими свойствами, то в квантовой механике.

3.2 Современные методы геометрических идей в теоретической физике

Мы не всегда встречаем живое, непринужденное сотрудничество истинно глубоких физических и формально-математических, взаимодополняющих и обогащающих друг друга идей. Раскрытие их сущности имело бы не только научно-методическое, но и познавательное значение. Например, нам известно, что рождение и уничтожение материи из вакуума, и не только из вакуума, всегда сопровождается рождением и уничтожением пространств - времени, которые служат фундаментом для построения физической теории.

Следовательно, наша задача на лекциях раскрыть роль геометризации физического мышления и на примерах показать, как геометрические идеи воплощаются в известных физических явлениях. При этом выяснить, как и что заложено в основе этих теорий. В качестве примера рассмотрим один из методов квантовой теории поля (КТП), предложенный Фейнманом, так называемый геометрический подход континуального интеграла.

В этом методе, основные величины в теоретической физике выражаются через Фейнмановские интегралы. Этот интеграл

можно записать в следующей, привычной для студентов форме:

$$\langle A \rangle = \int A(\psi) \exp(iS(\psi)) D(\psi)$$

Эта символическая запись, содержание которой подлежит физической и геометрической интерпретации. В этом уравнении ψ - поле материи, A - поле взаимодействия, $S(\psi)$ - функционал действия, который определяется выражением:

$$S(\psi) = \int L(\psi) d^4x$$

где $L(\psi)$ - плотность Лагранжиана, $\exp[iS(\psi)]D(\psi)$ - символ некоторой меры на функциональном пространстве полей материи. Эта мера в математическом смысле редко определяется. Раскрытие ее смысла имело бы большое научно-методическое и познавательное значение.

Известно, что выражение:

$$\delta S(\psi) = \delta \int L(\psi) d^4x = 0$$

называется уравнением движения и его смысл может быть истолкован различным образом.

Например, функция ψ в классической физике играет роль «поля сил» вне источника. Если состояние системы материальных точек характеризуется функцией ψ в классическом смысле, и движение происходит в евклидовом пространстве, то мы получим знаменитую механику Ньютона, если в конфигурационном, то механику Лагранжа, а если в фазовом пространстве - то механику Гамильтона. Классическая теория гравитации (ОТО) является нелинейной геометрической теорией искривленных четырехмерных многообразий (Риманова геометрия), и если ψ учитывает это искривление, то получим механику Эйнштейна, а в пространстве Минковского – СТО с принципом постоянства скорости.

В применении к квантовой теории поля ψ принято рассматривать как набор функций на пространстве-времени, снабженных тензорами, спинорами и внутренними индексами (теория внутренних симметрий). Рассмотрев ψ в пространстве

векторов состояния, мы получим механику Шредингера – Гейзенберга, в спинорном пространстве – механику Дирака, а если ψ - поле дираковской частицы, то решение уравнений движения может истолковываться квантово - механически, как волновые функции частицы. С некоторыми оговорками ψ интерпретируются как определенные решения уравнений Максвелла в электродинамике (как волновые функции фотонов).

Лагранжиан в квантовой теории поля

$$L(A_\mu, \psi) = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\gamma^\mu \partial_\mu \psi - m\psi\bar{\psi} - e\bar{\psi}\gamma^\mu \psi A_\mu$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$$

где γ^μ - матрица Дирака, m - масса, e - заряд можно рассматривать как сокращенную запись списка основных полей и взаимодействий, заложенных в теорию. Из квадратичной части извлекаются пропагаторы свободных полей. $-e\bar{\psi}\gamma^\mu \psi A_\mu$ является членом взаимодействия A_μ и ψ или называется «вершиной» в диаграммах Фейнмана, и амплитуды процесса записываются через них.

Из этой аналогии видно, что физическая теория развивается в двух взаимодополняющих друг друга направлениях: теоретико-полевым и геометрическом, и становится ясным, что геометризация физики, начавшаяся с Эйнштейновской идеи связать гравитацию с кривизной пространства – времени, заложила основу сотрудничества физики и геометрии. Она, нам кажется, будет еще эффективнее, если удастся построить супергравитационные, суперструнные и супермембранные теории, опираясь на геометрические величины – расширенных бозонов и фермионов. Две эти проблемы – суперсимметрия и геометризация динамики в терминах суперпространства, думается, проблемы ближайшего будущего. Ответ может быть найден либо в теории $SU(5)$, либо в теории $SU(10)$, либо в какой-то более фундаментальной теории, но при этом становится загадкой, почему природа должна выделить одну из множеств допустимых симметрий и их геометрий.

В качестве примера рассмотрим и другие теории и в дальнейшем постараемся дать ответ на последний, очень непростой вопрос, почему геометризация подыгрывает физике.

Изучение теоретической физики показывает, что она сегодня страдает пренебрежительным отношением к законам геометрии и геометрическим идеям. Мы видим, что от этого больше страдает сама теоретическая физика, нежели геометрия. Опыт показывает, как только математиками и физиками-теоретиками выдвигаются новые геометрические идеи, теоретическая физика начинает преобразовываться, появляется внутренняя логика, а сама она оживает и начинает бурно развиваться. Мы знаем, что геометрия пространства и времени сама по себе не существует, она определяется взаимодействием тел, внутренней структурой, иными словами, каждый вид взаимодействий создает свою собственную геометрию, соответствующую своей природе. Следовательно, аппарат геометрии есть и аппарат физики.

В последние годы, с теориями элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий сложилась аналогичная ситуация, как с квантовой механикой до 1925 года. Существует множество прекрасных частных теорий, но еще нет единой теории, охватывающей все стороны картины мира. Однако, нельзя сказать, что эта проблема не волнует физиков. Об этом когда-то мечтал и Эйнштейн, но первый настоящий шаг был сделан в 1964 году Янгом, Миллсом, Утиямой и Сакураей, где учитывались внутренние симметрии объекта локального характера. Это дало возможность внести в теорию новый физический объект – калибровочное поле, подобно электромагнитному, взаимодействие с которым обеспечивало инвариантность теории относительно локальной группы симметрии. Этот подход оказался глубоким физическим принципом, позволяющим вводить взаимодействие чисто геометрически, определяя его форму в соответствии со свойствами симметрии теории. Правда, начало было заложено еще Эйнштейном в ОТО в виде локальной инвариантности и развил его Вейль для электромагнитного поля.

Однако в этом подходе еще не хватало одного механизма,

приводящего в движение всю систему фундаментальных взаимодействий. Таким механизмом оказалось спонтанное образование массы (спонтанное нарушение симметрии), предложенное Хиггсом [87] и работами Тофта [88], Тейлора [89] и Славнова [90]. Результаты этих работ позволили сначала Вайнбергу, Саламу [91, 92] и Глэшоу объединить электромагнитное и слабое взаимодействия – в электрослабое, а другим в эту модель включить и сильные взаимодействия.

Преимущество этого геометрического принципа в том, что он определяет форму почти всех взаимодействий, независимо от их физической природы и допускает чисто геометрическую интерпретацию. Иными словами, смысл последних в том, что геометрия и геометрические идеи приобретают динамический характер, и четырехмерное пространство-время делается лишь частным случаем возможных динамических геометрий. Возникшая в результате применения этого принципа единая теория всех взаимодействий оказывается геометрической теорией как ОТО. Описание движения частиц в терминах геометрических понятий, таких как коэффициенты связности, тензоры кривизны расслоенного пространства, делает их движения свободными, то есть устраняет разделение движений на инерциальные и неинерциальные, и, главное, позволяет проверить геометрию экспериментально. Например, с помощью метода соединения множества плоскостей с коэффициентами связности можно получить сферу, а плоского пространства с гравитационным полем – кривизну. Это позволяет отождествить коэффициенты связности (геометрическое понятие) с гравитацией (физическое понятие), то есть определяет геометрию гравитации. Об этом подходе Коноплева и Попов пишут, «... Можно считать, что пространство плоское и все тела подвергаются взаимодействию универсального всепроникающего поля или что никакого поля нет, но пространство кривое. В таком случае вопрос о геометрии пространства в целом оказывается эквивалентным вопросу о поведении физических полей на произвольно больших расстояниях от источника. Свойства симметрии пространства становятся свойствами симметрии взаимодействий. Топология

пространства в целом также отражается в свойствах взаимодействий. Так смыкаются геометрия и физика». Далее пишут, что «... и другие виды взаимодействий, а именно те, которые осуществляются калибровочными полями, также допускают чисто геометрическую интерпретацию. Только в этом случае локальными становятся внутренние симметрии элементарных частиц».

Нами отмечено вкратце о нарушении симметрии. Остановимся более подробно на нем, так как оно стало поворотным пунктом в теории объединения фундаментальных взаимодействий.

Так как всякое нарушение связано с воздействием на систему некоторой силы, и этот процесс позволяет наблюдать его, то эта наблюдаемость говорит о том, что в процессе происходит переход микроскопической симметрии в макроскопическую, то есть перестройка геометрической структуры системы. Также этот процесс позволяет определить природу перестраивающей силы. Этот метод был заложен еще при построении теории сверхпроводимости, сверхтекучести и теории лазеров. И, благодаря им, мы воочию увидели эту перестройку, то есть переход микроскопических процессов в макроскопические.

В этих процессах роль «силы» играет понятие коэффициентов связности расслоенного пространства, а траекторию – кривая на плоскости. Расслоенное пространство получается из обычного пространства-времени, если предположить, что его точки имеют внутреннюю структуру, действующую внутри слоев (внутренних пространств). Примером обычного и расслоенного пространств может служить орбитальное и собственное вращение электрона в атоме. Если орбитальное вращение электрона описывается обычным пространством - времени, то собственное вращение – расслоенным пространством. Отсюда видно, что они не могут быть отождествлены между собой. Это отражает независимость квантовых чисел, соответствующих внутренним симметриям и определяющих, например, правила запрета в реакциях элементарных частиц от их пространственно-временных

характеристик. Геометрия расслоенного пространства обобщает риманову геометрию и включает ее как свой частный случай.

Можно заметить, что возможен переход от плоского к искривленному пространству и наоборот. Это осуществляется через коэффициенты связности, например, Риччи или Кристоффеля. Эти коэффициенты могут быть геометрически интерпретированы как вектор-потенциал калибровочных полей, траектории частиц, как свободные. А это позволяет избавиться от понятия силы (как физическое понятие). Расстояние между траекториями двух произвольных частиц или тел, называемое геодезическим отклонением, пропорционально тензору кривизны пространства-времени, и через такое определение можно интерпретировать и тензоры кривизны.

Следовательно, в основе, как мы отметили, каждой физической теории лежит постулат о геометрических свойствах пространства - времени и геометрические идеи, причем они находят свое выражение в принципе относительности теории. «Законы физики не могут быть выражены без помощи геометрии, хотя геометрия, взятая сама по себе, не соответствует никаким опытам, никакой опытной науке», - писал Кант [93]. Таким образом, геометрические идеи в физической теории отражают выбор средств, метод описания и форму наглядности, с помощью которых эта теория может быть раскрыта и проверена.

Значит, цель каждого геометрического подхода к взаимодействиям состоит в отыскании такого пространства, в котором изучаемые поля стали бы стандартными геометрическими объектами. Это позволяет применить хорошо разработанные методы геометрии, алгебры и топологии для изучения свойств решений классических уравнений движения и поля.

Таким образом, геометрические описания взаимодействий позволяют аксиоматизировать физику, естественным образом объединяя внутренние и пространственно-временные симметрии, выдвигая критерии выбора Лагранжианов взаимодействий и обосновывая алгебраические свойства полей. Кроме того, теория калибровочных полей нашла общий подход

к объединению не только полей движения, но и таких направлений в теоретической физике, как дисперсионные соотношения, высшие симметрии, кварки, партонь, алгебра токов, черные дыры, очарованные частицы, струны, солитоны, мембраны и т.д.

Вошедшие в последние 50 лет в теоретическую физику геометрические идеи; суперсимметрия и их локальное обобщение – супергравитация; идея возможности дополнительных измерений пространства-времени и определения его размерности из требования непротиворечивости выбираемой квантово-полевой модели; представление о суперструнах и супермембранах, как фундаментальных физических объектах – совершают сейчас такие открытия, которые не представлялись раньше. Они дали новый толчок в построении современной картины мира.

Таким образом, мы продемонстрировали на примерах и предложенных Фейнманом в КТП принципах применения геометрических методов и идей в современной теоретической физике. Здесь показана общая черта, скелет этого метода, принципы на примере теории геометрических идей. При этом нами использованы методы Эйнштейна, Вейля, Миллса, Янга, Утиямы, Сакурая, Хиггса, Тейлора, Славнова и других.

Теперь рассмотрим теорию суперструн. Мы не будем останавливаться на теории Вайнберга-Глэшоу-Салама о теории электрослабого взаимодействия, поскольку, во-первых, доказано, что она является физической теорией, полученной применением геометрии и алгебры, во-вторых, она является частным случаем теории суперструн и, в-третьих, она хорошо изложена во многих учебниках и монографиях на языке геометрических идей.

Теория суперструн – это современный вариант единой теории фундаментальных (электромагнитных, сильных, слабых и гравитационных) взаимодействий. Она затрагивает самые глубокие вопросы мировоззрения и является наиболее разработанной современной попыткой ответа на вопросы о природе фундаментальных взаимодействий. Теория суперструн основана на представлении о пространстве-времени, как

гладком вещественном многообразии, где много геометрических тонкостей.

В семидесятых годах так называемые дуальные модели сильных взаимодействий предсказывали большое количество безмассовых частиц, ни одна из которых не существует в мире адронов. И этот недостаток не давал возможности построить разумную объединяющую гравитацию и материю теории. Задача было в том, как избавиться от этого недостатка. Выход пришел неожиданно в 1974 году. Весс [94] и Зумино [95] выдвинули идею пространственно-временной симметрии как четырехмерное обобщение симметрии двумерной поверхности в струнной модели Рамона-Неве-Шварца [96]. Она оказалась удачным понятием в перенормируемых лагранжевых теориях поля.

В лекции, прочитанной на восьмом международном семинаре по теоретической физике (Саламанка, Испания, 13-14 июня 1977 г.) один из авторов этой теории Весс говорил, что «Построение моделей супергравитации продолжает оставаться искусством и в то же время тяжелой работой. В этих лекциях я буду придерживаться геометрического подхода, поскольку он мне кажется самым последовательным...» [38, С. 115], и показал образцы построения суперсимметричной теории методом геометрических идей.

Таким образом, появилась на свет новая геометрическая идея – теория суперструн, в некоторой степени объединяющая все фундаментальные взаимодействия, включая и гравитацию.

Однако это было всего лишь первым приближением к решению задач о фундаментальных взаимодействиях. Рассмотрим эту теорию с новой точки зрения с особым подходом, т.е. с точки зрения появления темной материи и темной энергии.

Сначала рассмотрим сущность суперструнной теории. Струна – однородный объект, кривая. Она, распространяясь в пространстве и времени, замечает мировую поверхность, являющуюся обобщением мировой линии точечной частицы. Мировая поверхность описывается функцией $\chi(\sigma, \tau)$ - положением струны при данных значениях σ и τ , или их

объединенным вектором $\sigma^\alpha = d\sigma d\tau$. Если еще ввести новую переменную $n_{\alpha\beta}$, которая является матричным тензором мировой поверхности струны, то формула для площади струны в пространстве Минковского будет следующим выражением:

$$S = \frac{T}{2} \int d^2\sigma h^{1/2} h^{\alpha\beta} \eta_{\mu\nu} \partial_\alpha \chi^\mu \partial_\beta \chi^\nu \quad (3.1)$$

где T - натяжение струны, $h^{1/2}$ - квадратный корень из абсолютного значения определителя матрицы $h_{\alpha\beta}$, а $h^{\alpha\beta}$ обратная $h_{\alpha\beta}$.

Уравнение (3.1) описывает распространение струны в пространстве Минковского любой размерности. Стандартной и удобной параметризацией мировой поверхности является $h_{\alpha\beta} e^\varphi = \eta_{\alpha\beta}$ - матрица, где e^φ - неизвестный множитель, т.е. конформная калибровка. Если представить, что $h^{1/2} \sim e^\varphi$, а $h_{\alpha\beta} \sim e^{-\varphi}$ то площадь определяется уравнением:

$$S = -\frac{T}{2} \int d^2\sigma \eta_{\mu\nu} \eta^{\alpha\beta} \partial_\alpha \chi^\mu \partial_\beta \chi^\nu$$

и оно отвечает следующим условиям:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial \tau^2} - \frac{\partial^2}{\partial \sigma^2} \right) \chi^\mu = 0$$

$$\frac{\delta S}{\delta h_{\alpha\beta}} = 0 \quad (3.2)$$

(3.2) - уравнение связи.

Поскольку для (1+1) - мерной КТП тензор энергии-импульса

$$T_{\alpha\beta} = -\frac{2\pi}{\sqrt{h}} \cdot \frac{\delta S}{\delta h^{\alpha\beta}}$$

то:

$$T_{\alpha\beta} = 0$$

Тогда $T_{\alpha\beta}|\varphi\rangle = 0$ подобно уравнению Шредингера для струны и функция действия примет вид:

$$S = \int d^D x \left(-\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \frac{i}{2} \bar{\psi} \Gamma_{\mu} D^{\mu} \psi \right) \quad (3.3)$$

где $F_{\mu\nu}$ - тензор напряженности поля для неабелева вектор-потенциала A_{μ} , D - символ янг-милловской ковариантной производной, Γ_{μ} - матрица Дирака.

Присутствие матрицы Дирака в уравнении (3.3) подсказывает, что в действии кроме гравитации присутствует и антигравитация, антигравитационное поле, т.е. имеется темная энергия, которая расширяет Вселенную отталкивающим действием. Она проявляет себя в определенных условиях, когда расстояние между взаимодействующей материей достигает размера нескольких световых лет для Вселенной и зависит от гравитационной массы, когда другие взаимодействия исчерпали себя.

Проявление этого эффекта подобно соотношению между нерелятивистским и релятивистским, электрическим и магнитным. Гравитация и антигравитация - это единое свойство материи. Например, совпадение форм законов Кулона и всемирного тяготения - это не случайность.

Все это говорит о том, что единая теория природы находится в стадии становления и развития, хотя мы утверждаем, что теория суперструн является всеохватывающей теорией. Она, нам кажется, станет действительно таковой в том случае, когда она приобретет глобальную геометрическую интерпретацию, найдет свою геометрию как ОТО, как другие разделы теоретической физики для своего объекта. Суперструна, супермембрана и другие геометрические объекты пока остаются всего лишь геометрическими идеями, они еще не превратились в метод описания природы. Кроме того, в этих теориях имеется еще множество недостатков. Нам известно, что даже одно опровержение, несоответствие с опытом может вычеркнуть любую красивую теорию, и могут оказаться за

бортом любые прекрасные идеи [97].

Мы далеки от мысли о том, что физику надо излагать только языком геометрии, это увело бы физику от физической реальности. Мы за то, что найти ту реальную середину, чтобы не сделать теоретическую физику чисто математической или чисто физической теорией. Опыт показывает, что и то, и другое не раскрывает всю природу физических явлений по отдельности. Когда-то Лагранж писал, что «Пока алгебра и геометрия шли раздельными путями, их развитие было медленным, а приложения ограниченными. Когда же эти науки соединились, они стали черпать друг из друга новую жизненную силу и быстрыми шагами устремились к совершенству» [38, С.211]. Так и физика и геометрия должны раскрывать красоту природы совместно.

Надо отметить, что в последние годы проведено множество исследований, относящихся к геометрии пространства-времени в других направлениях. К ним относятся геометродинамика и сверхпространство Уиллера, теория пространственного и вакуумного коллапса и черных дыр, решение уравнений Эйнштейна, вариационная топология, сверхпространства Гротендика и другие с переменной метрикой римановых многообразий.

3.3 Фундаментальные принципы физики и геометрия Финслера

С начала XX в., точнее – с появления специальной теории относительности Эйнштейна, не угасает интерес к возможностям применения геометрических идей и методов в современной физике. Особо плодотворные результаты эти подходы принесли в теоретической физике, практически во всех её областях. Поэтому по поводу В.Г. Жотиков [98] пишет: «Последнее время в физической литературе наметился серьезный интерес к идеям и методам геометрии Финслера и их приложениям к проблемам современной физики от квантовой гравитации и физики микромира до астрофизики и космологии. Мы видим в этом начало осознания необходимости перехода к

новой парадигме физики».

Действительно, геометрия Минковского сыграла огромную роль в современном понимании электромагнетизма, псевдо-Риманова геометрия послужила основой доминирующей в настоящее время теории гравитации, теория гильбертовых пространств составляет основу квантовой теории поля.

Каждая из упомянутых геометрий привязана к собственной системе объектов – физических или абстрактных, но отражающих свойства физических систем.

Анализируя известные геометрии своего времени, в 1872 г. Ф. Клейн сформулировал единую точку зрения на геометрию как на теорию инвариантов соответствующей группы преобразований. Это было крупным открытием не только в математике, но и в физике [99]. Исследуя группы преобразований, имеющих практическое приложение в физике, он дал классификацию геометрий, а теорию инвариантов каждой группы представил как аналитическую структуру каждой геометрии (фундаментальные группы).

Таким образом, Ф. Клейн пришел к расширенному пониманию геометрии, сформулировав её задачу следующим образом: дано многообразие, и в нём определена группа преобразований. Тем самым он вводит важнейшие понятия для всей современной теоретической физики – группы преобразований и инвариантов относительно этих преобразований.

Таким образом, как пишет В.Г. Жотиков: «Из общего определения следует, что существуют различные геометрии. Они могут отличаться друг от друга характером элементов многообразия и строением группы. Последнее отличие является наиболее существенным. Если геометрии различаются между собой по характеру элементов многообразия, но их фундаментальные группы изоморфны, то каждому факту одной геометрии будет соответствовать факт другой. При этом каждую из них можно изучать на основе другой» [98, С. 133-144].

Следовательно, задача каждой геометрии состоит в изучении тех её свойств, которые остаются инвариантными относительно соответствующей группы преобразований. В этом

состоит основная идея Ф. Клейна.

Указанная взаимосвязь геометрий и теоретической физики приводит к мысли о существовании общих фундаментальных принципов, лежащих в их основе. В качестве иллюстрации влияния физики на развитие геометрических идей можно привести принцип наименьшего действия, давшего импульс развития теории функциональных пространств, и принцип дискретности (квантования) материи и энергии. В то же время история развития этих принципов в физике – это история внедрения в неё новых геометрических идей для их интерпретации.

Остановимся на этих принципах более подробно. Как известно, принцип наименьшего действия подразумевает, что эволюция физической системы идет тем путем, вдоль которого некоторый функционал

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt$$

называемый действием, принимает наименьшее значение. Здесь $L(p, q)$ – функция Лагранжа, q – набор обобщенных координат, задающих положение системы в конфигурационном пространстве. Требование равенства нулю вариации этого функционала

$$S = \int_{t_1}^{t_2} (L(q + \delta q, \dot{q} + \delta \dot{q}, t) dt - L(q, \dot{q}, t)) dt = 0$$

обеспечивает экстремальность действия и является основным методом получения уравнений движения. На них, в свою очередь, опираются выводы всех остальных законов физики [100].

Взаимное влияние физики и геометрий проявляется также в установлении некоторых фундаментальных пределов. Так, существование предельной скорости $c = const$ обусловлено индифинитностью метрики пространства Минковского. Конкретное значение константы c является вопросом договоренности и соотношений временного и пространственного

масштабов. Однако само существование предела скорости есть объективная реальность физического мира. Другой константой, устанавливающей предел возможности проведения измерений в микромире, является постоянная Планка \hbar . В геометрическом плане существование этой константы накладывает ограничение на размер фазовых ячеек фазового пространства, как пространства состояний классических динамических систем. Она же является мерой некоммутативности алгебры квантовомеханических операторов в пространстве Гильберта. В более глобальном плане можно сказать, что существование постоянной Планка является отражением принципа дискретности нашего мира. И если форма участия постоянной \hbar в квантовании энергии безмассовых частиц (фотонов) вполне известна $E = \hbar\omega$ то задача дискретности и иерархии масс и энергий массивных частиц $E = mc^2$ остается до конца не решенной, при наличии, конечно, ряда перспективных гипотез.

Таким образом, принципы наименьшего действия и дискретности являются одними из краеугольных принципов в современной физике. Геометрическую интерпретацию этим двум принципам дал В. Вагнер.

В последние годы заметно растет интерес к обобщениям начальных принципов и понятий теории относительности и теории калибровочных полей на основе принципов финслеровой геометрии. Аппарат финслеровой геометрии и её обобщений используется в многочисленных современных исследованиях как новый подход в развитии канонических методов калибровочных теорий, теории поля и теории гравитации на основе качественно новых метрических представлений о пространстве-времени и его расслоенной структуре. Спектр физических проблем, в которых можно выделить финслеров геометрический аспект и дать на его основе систематическое описание, достаточно широк.

Напомним, что элемент длины финслерова пространства задается скалярной функцией F , зависящей от точек многообразия x^i и дифференциалов dx^i , т.е. $ds = F(x^i, dx^i)$. Причем метрическая функция F является положительно определенной, однородной функцией первой степени относительно

дифференциалов dx' , т.е. $F(x', kdx') = kF(x', dx')$, $\kappa > 0$. В то же время в теории обобщенных финслеровых пространств мы имеем, согласно определению, $ds^2 = g_{ij}(x^k, dx^k) dx^i dx^j$

Собственно определение финслерова метрического тензора

имеет вид $g_{ij} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F^2}{\partial y^i \partial y^j}$, где y^k обозначает касательный вектор,

отнесенный к локальной системе координат.

Понятие финслеровой метрики ведет к непосредственному обобщению обычного риманова определения метрики. Введенные метрики обобщенного типа сводятся к их риманову прототипу при наложении на них следующих строгих ограничений:

$$\frac{\partial^2 F^2}{\partial y^i \partial y^j \partial y^k} = 0, \quad \frac{\partial g_{ij}}{\partial y^k} = 0$$

соответственно.

Удачной иллюстрацией финслерова обобщения фундаментальных принципов является работа [101], посвященная принципу Ферма. В работе [102] обосновывается понимание финслеровой геометрии, как широкого обобщения геометрии Римана до снятия квадратичного ограничения на вид метрики. Собственно, Риман изначально и вводил метрику как элемент дуги, имеющий самый общий вид:

$$ds = F(x^1, \dots, x^n, dx^1, \dots, dx^n),$$

ограничившись затем частным случаем квадратичной метрики.

В этой связи интересно процитировать самого Римана: «В пространстве, на котором можно ввести прямолинейные

координаты, $ds = \sqrt{\sum (dx^i)^2}$, что является простейшим случаем.

Следующим по простоте случаем, возможно, является корень четвертой степени из дифференциального выражения четвертого порядка. Исследование этого более общего случая вряд ли потребует существенно новых подходов, но будет гораздо более трудоемким и прольет относительно меньше света на свойства пространства, особенно если результаты не смогут быть выражены в геометрической форме».

Строка 1: Общая теория относительности. Метрика, связность и кривизна имеют стандартные интерпретации.

Строка 2: Теория Янга-Миллса. Здесь потенциалы B (или A) могут трактоваться как связности, поле Фиграет роль кривизны. Уравнения движения не являются уравнениями геодезических, но уравнениями для отклонений от геодезических. Знак вопроса здесь подразумевает отсутствие в теории аналога пространственной метрике.

Строка 3: Калибровочные теории гравитации. Поскольку потенциалы в теории Янга-Миллса играют роль связности, то можно предположить, что обычная метрика – гравитационный потенциал – также может играть роль некой связности. Но ясности в этом вопросе нет и пока не видно никакого пути его возможного решения. Статус кривизны также не определен.

Строка 4: Теории типа Калуцы-Клейна. Потенциал Янга-Миллса трактуется как связность, но встраивается в метрику. Геометрический статус связности неоднозначен.

Строка 5: Теории на основе финслеровой геометрии. Потенциалы являются частью метрики, что хорошо соотносится с ОТО, где метрика играет роль потенциала поля (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Геометрическое сравнение унифицированных полевых теорий [103]

Н	Геометрия	Метрика	Связность	Кривизна
1	ОТО	G	Г	R
2	Янг-Миллс	?	A	F
3	Калибровочная	?	g	?
4	Калуца-Клейн	g+A	?	?
5	Финслер	A	F	T

электромагнитного поля $F_{\mu\nu}$ является частью связностей и появляется в уравнении Лоренца именно там, где нужно. Кроме того, можно показать, что кривизна, вычисленная из метрики, содержит член, совпадающий с тензором энергии-импульса электромагнитного поля. Это означает, что энергия электромагнитного поля может быть выведена геометрически и не требует специального введения в уравнения Эйнштейна. В

этой теории все потенциалы входят в метрику, которая преобразуется как обычная метрика, и все физические поля входят в связности, которые преобразуются как обычные связности, тензоры энергии-импульса всех полей выводятся из тензора кривизны таким образом, что уравнение Эйнштейна реализуется само собой. На основе сказанного выше мы делаем заключения.

1. Геометрия Финслера является естественным обобщением для всех геометрических построений, лежащих в основе современных полевых моделей.

2. Существует, не реализованная пока, возможность построения единой теории поля (включающей, в том числе, гравитацию), базирующейся на принципах финслеровой геометрии и включающей в себя другие модели как частный случай.

3.4 Новый подход к современной релятивистской квантовой теории

В 1905 году произошло глобальное событие, физика разделилась на два направления, получившие названия - нерелятивистская и релятивистская физика. Это произошло вследствие революционных работ выдающегося физика 20-го века А. Эйнштейна. Следом, в 20-е годы XX века появилась квантовая физика - если не более, то не менее выдающееся открытие того времени. Эти две теории перевернули весь физический мир, и выдвинули сложную проблему перед физиками, которая сто с лишним лет будоражит человеческий ум. Кто мы и что мы? Где мы, как мы изменяемся, и что изменяется в нас? Как устроен наш мир...? Сколько таких неясных вопросов еще возникнет в будущем, не знает никто. Под «мы» мы подразумеваем физический мир в совокупности со всем человечеством. Все-таки творим же мы совместно с миром. Выдвигаем теории, идеи, принципы и т.д.

Начнем с того, что в 1918 году А. Эйнштейн писал: «Теория, как мне кажется сегодня, покоится на трех основных положениях, которые ни в какой степени не зависят друг от

друга:

а) принцип относительности: законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях, поэтому они находят свое естественное выражение в общековариантных уравнениях;

б) принцип эквивалентности: инерция и тяжесть эквивалентны;

в) принцип Маха: гравитационное поле полностью определено массами тел.

Правильность этих трех принципов не вызывает сомнений. Даже принцип Маха необходим, но что касается независимости их друг от друга, то это можно поставить под серьезное сомнение. К тому же этим трем принципам, на наш взгляд, есть альтернатива - идея объединения пространства-времени и материи в единое материально-хроногеометрическое многообразие с индефинитной метрикой, которая ждет своего дальнейшего решения. Реализация этой идеи внесет свой вклад в физику подобно пространствам Минковского, Римана, Лобачевского, Шварцшильда, Керра, Уокера, преобразованиям Лоренца и механизму Хиггса. Последний, на наш взгляд, является одной из глобальных проблем современной физики, на которой мы остановимся немного позже.

Эта идея вытекает из того, что пространство, время и материя едины. Нет материи - нет пространства и времени, нет пространства и времени - нет материи. И это единство объединяет эти три принципа как связанные друг с другом процессы. Потом материя есть единство вещества и поля (гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого), которое привело к открытию квантовой физики и разработке релятивистской квантовой теории. Все это и требует вместо указанных трех положений выдвинуть одну общую идею, т.е. рассмотрение их в материально-хроногеометрической модели как в особом многообразии.

На наш взгляд, для решения этой проблемы надо отталкиваться от релятивистского уравнения Дирака и объединения его с уравнениями Эйнштейна. При этом надо учесть существование антивещества и антиполя, т.е.

антиматерии и антиэнергии, темной материи и темной энергии, спонтанность нарушения симметрии и поле Хиггса. И второе, надо начинать с расширения преобразований Лоренца с учетом спонтанных нарушений симметрии в результате взаимодействия материи. Надо отметить, что в решении последней проблемы надо выяснить роль координатной системы и системы отсчета. Это очень важный и принципиальный вопрос.

В.А. Фок писал: «понятие физической системы отсчета (лаборатории) не равносильно в общем случае понятию системы координат, даже если отвлечься от всех свойств лаборатории, кроме ее движения как целого» [65, С. 55-57].

На первый взгляд, такой подход может показаться искусственным, не обоснованным методом в решении такой глобальной проблемы как современная релятивистская квантовая теория. Однако мы имеем большой опыт построения механики, где необходимо учесть, что когда-то ни классическая механика, ни классическая электродинамика с теорией относительности, не могли объяснить единые вещественно-полевые свойства материи. Необходимо было найти совершенно новый подход, новый математический аппарат, операторный подход, учитывающий состояние материи как вещество-поле. Так и здесь, надо найти такое преобразование, которое учитывало бы и полевое (Лоренцевское) и вещественное (Хиггсовское) преобразования. И при определенных условиях переходило бы в чисто полевое (как преобразования Лоренца, преобразования Галилея) и/или вещественное преобразование Хиггса. При этом надо учесть, что требований общей ковариантности будет недостаточно. Теория должна быть дополнена очень важным блоком - математическими методами задания систем отсчета. Потом всегда надо помнить, что в какой-то степени СТО есть частный случай квантовой механики, а ОТО это «дополняющий», «расширяющий» феномен всеобщих свойств материи и пространства-времени, которые находятся в движении и изменяются как целое и в рамках состояния отдельной системы. Также, движение (непрерывность) и состояние (квантованность) есть особая форма существования материи. Здесь надо учитывать

макроскопичности и микроскопичности пространства и времени, т.е. многомерности геометрических моделей физических взаимодействий.

Все эти предположения выдвигаются нами как программная идея для построения современной релятивистской квантовой теории, которая в дальнейшем будет рассмотрена подробнее. Решить эти проблемы не по силам даже многочисленному коллективу физиков. Но можно выдвинуть новую идею, как когда-то Эйнштейн, патентный служащий ($c = const$, $E = mc^2$). Или, может быть, кому-то упадет на голову яблоко, кто-то выскочет из ванны, или родит антимир, свернет весь мир в одну точку, или увидит невидимую черную дыру, поймает темную материю, темную энергию или обнаружит новые свойства материи и энергии, которые не сохраняются. И когда-нибудь, мы может быть выскочем в другой мир через необузданное, упрямое время на геометрической фигуре (многообразии), через кротовые норы, звездные врата. Многие думают, что теоретическая физика это длинное математическое уравнение, но это не так. Теоретическая физика это философская логика, совокупность физико-математических принципов и геометрических идей, написанная на физико-математическом языке и экспериментально подтвержденная на практике.

Например, выдвинутые постоянство скорости света (принцип относительности Эйнштейна), квант (принцип Планка), дуализм (принцип де Бройля), дискретность (постулаты Бора, принцип Паули), фотон (принцип действия), вероятность, статистичность (принцип неопределенностей Гейзенберга), модели (атом Резерфорда) и многое другое оказались источниками построения современных физических теорий. И эта последовательность идей, в конце концов, привела к фундаментальным открытиям, т.е. к теориям относительности Эйнштейна, квантовой механике Шредингера, Гейзенберга, релятивистской механике Дирака и т.д.

Подобно этому мы сейчас находимся на пороге новых выдающихся открытий. Об этом свидетельствуют накопление теоретических и экспериментальных фактов. Например, кварки,

теория черных дыр, спонтанное нарушение симметрии, попытка объединения теорий полей методом теории суперструн, обнаружение темной энергии, темной материи, расширение Вселенной и многие другие открытия в астрофизике. На наш взгляд, открытые темная энергия и темная материя таят в себе большую тайну. Если найти связь их с материально-хроногеометрическими многообразиями пространств, то эта идея может привести к новым открытиям, подобно тому, как преобразования Лоренца вылились, когда-то, в теорию относительности.

Прежде чем приступить к рассмотрению поставленной проблемы сделаем краткий обзор уравнений Дирака, и Эйнштейна и остановимся на проблеме механизма Хиггса, темной энергии и темной материи. При этом сделаем несколько предположений, вытекающих из самой природы состояний рассматриваемой системы.

Если выразить кратко и определить теорию относительности как уравнения движения непрерывности, а квантовую механику как уравнения описывающие изменения состояния, т.е. дискретность, то релятивистская квантовая теория является единством этих двух теорий, учитывающих и то, и другое, как квантовая механика, учитывающая единое свойство материи (вещество и поле). Это не может быть простым механическим соединением этих двух теорий, оно должно опираться на новые идеи и принципы.

Когда-то Эйнштейн мечтал построить единую теорию взаимодействий. Однако для этого в то время не хватало ни достаточных наработок в области физики элементарных частиц, ни соответствующего математического аппарата и экспериментальных данных, ни приборов для исследования Вселенной. Позже, благодаря неустанным усилиям многих исследователей, была построена единая теория для трех фундаментальных взаимодействий, оставившая в стороне только гравитацию. Наш подход посвящен проблеме включения гравитации в единую теорию взаимодействия материи.

Для начала рассмотрим теорию Дирака. Сделаем несколько предварительных замечаний.

3.4.1 Релятивистские уравнения Дирака

Курс квантовой механики базируется на уравнении Шредингера и оно считается основополагающим законом в квантовой механике. Однако оно вызывает некоторую неудовлетворенность в связи с теми обстоятельствами, что, во-первых, оно не инвариантно относительно преобразований Лоренца, как того требует принцип теории относительности, во-вторых, спин вводится искусственно и не объясняется его происхождение. В связи с этим в начале необходимо обобщение уравнения Шредингера на релятивистский случай и сформулировать теорию в ковариантной относительно преобразований Лоренца форме.

Объектом нашего дальнейшего рассмотрения будет релятивистская квантовая теория в которой применен ряд идеализаций, в частности:

- 1) Рассматриваемый объект рассматривается как сверхплотная материя. Материя точечная;
- 2) Выдвигается островное распределение масс, их изолированность и относительность в результате взаимопревращаемости материи при реакциях;
- 3) Применение закона сохранения материи и её квантованность.

Этот подход является описанием эволюции динамических состояний материи, методом совместного решения релятивистских и квантовых уравнений.

Может возникнуть вопрос, что уравнения Дирака уже являются релятивистскими, зачем их еще раз релятивизировать?

Мы отвечаем на это вопрос тем, что: во-первых, уравнения Дирака получены только для электрона; во-вторых, они не рассматривают состояния сверхплотной материи (Большой взрыв, темную материю, темную энергию, черные дыры) и другие образования (квазары, пульсары, нейтронные звезды, реликтовые излучения и др.); в третьих, теория Дирака не выясняет происхождения расширения Вселенной, следовательно, не решает проблемы притяжения и отталкивания

материальных образований и гравитации.

Поскольку существуют античастицы, антивещество, антимир, то на наш взгляд, должны существовать и антигравитация, расширяющая Вселенную, природу которой необходимо выяснить. Мы думаем, что наш подход поможет решить и эту проблему.

На наш взгляд, Вселенная это «вакуум», который заполнен материей (вещество+поля), отрицательной энергией (подобно дырочной модели Дирака), так называемым «понятным движением». Она описывается волновой функцией, подчиняющейся уравнению Дирака, и должна однозначно связана с её спином. Известно, что спинор – это волновая функция частицы со спином $\frac{1}{2}$ и определяется следующим уравнением в теории Паули-Дирака

$$S(x^1, x^2, f, \varphi) = e^{\frac{i}{2}\hat{\sigma}_3\varphi} = \cos \frac{\varphi}{2} + i\hat{\sigma}_3 \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (3.4)$$

Или можно определить как оператор преобразования Фолди-Вайтхайзена в виде $\hat{V} = e^{iS} = \cos \vartheta + \hat{\beta} \frac{(\hat{\alpha} \hat{p})}{p} \sin \vartheta$ и $\hat{S}^+ = \hat{S}$.

И волновая функция Дирака образуется при вращениях материального образования, как волновая функция со спином $\frac{1}{2}$. Она имеет четыре компоненты, а не две.

На наш взгляд, обладающая сверхплотной массой материя (вещество+поля), в частности материя Большого взрыва, черные дыры, темная энергия, зарождающие галактики, планетные и другие системы (квазары и т.д.) обязательно должны обладать свойством спинорности и подчиняться принципам эквивалентности инерции, притяжения и отталкивания.

Надо особо подчеркнуть, что отталкивание, как особое свойство внутреннего потенциала материи подобно волновой функции Дирака приводит в движение систему, то есть мгновенному расширению её с огромной скоростью $V \gg c$ и вращению и тем самым создавая магнитные, спиновые и другие моменты.

Данный постулат базируется на основе предположения существования особых образований в виде черных дыр, темной

энергии, темной материи как островки распределения массы, подобно ядрам и электронам в атоме в теории Дирака. Это позволяет применить теорию Дирака для таких систем.

В релятивистской квантовой теории уравнения Дирака имеют вид:

$$i\hbar \frac{\partial \psi_D}{\partial t} = \hat{H}_D \psi_D = (c(\hat{\alpha}\hat{p}) + \hat{\beta}mc^2)\psi_D, \quad (3.5)$$

где ψ_D - волновая функция Дирака, \hat{H}_D - гамильтониан Дирака, $\hat{\alpha}$ и $\hat{\beta}$ - матрицы Дирака.

Их решения могут быть записаны в форме:

$$\psi_{p\delta\xi}(\vec{r}, t) = \frac{e^{-\frac{i}{\hbar}(\xi E_p t - \vec{p}\vec{r})}}{2\sqrt{V}} \begin{pmatrix} \left(1 + \xi \frac{mc^2}{E_p}\right)^{1/2} \left(1 + \delta \frac{p_z}{p}\right)^{1/2} \\ \delta \left(1 + \xi \frac{mc^2}{E_p}\right)^{1/2} \left(1 - \delta \frac{p_z}{p}\right)^{1/2} e^{i\delta} \\ \delta \xi \left(1 + \xi \frac{mc^2}{E_p}\right)^{1/2} \left(1 + \delta \frac{p_z}{p}\right)^{1/2} \\ \xi \left(1 + \xi \frac{mc^2}{E_p}\right)^{1/2} \left(1 - \delta \frac{p_z}{p}\right)^{1/2} e^{i\delta} \end{pmatrix}$$

(3.6)

Эта функция является ортонормированной, время считается числовым параметром, пространственные координаты выступают как динамические переменные, материя обладает спиновыми свойствами, поскольку материя обладает внутренней структурой описываемой системы, как электрон в атоме.

Все это вытекает из того, что атом есть весь мир в миниатюре и он не исчерпаем как Вселенная. Это подсказка природы, модель для построения глобальных систем, подобно атому, молекуле и твердым телам в будущем.

Может показаться, что в решении уравнения Дирака

полностью учтена релятивистская часть квантовой механики. Однако, на наш взгляд, полностью еще не раскрытым остается роль гравитации в изменении состояния системы, которое сопровождается рождением дискретности, вещественности и антивещественности материи. А это коренным образом меняет положение дел, требует раскрытия новых свойств материи.

Уравнения Дирака (3.2) получено для электрона массой m и зарядом e . Теперь стоит задача обобщить его для релятивистской квантовой теории, решить проблему движения, темной энергии и состоянии темной материи. Для решения этой проблемы, как отмечено выше, необходимо объединить уравнения Эйнштейна с уравнениями Дирака в единое целое, охватывающее и непрерывность движения материи и дискретность состояний, на новой основе.

Прежде чем приступить к этой процедуре сделаем несколько замечаний:

1) Уравнение Дирака обладает релятивистской ковариантностью для любого материального объекта;

2) Надо найти операторы, сопоставляющие $\psi_a(x) \rightarrow \psi'_a(x')$, т.е. операторы, действующие в пространстве волновых функции и осуществляющие соединение группы Лоренца и механизма Хиггса в пространстве внутренних переменных;

3) Волновая функция Дирака преобразуется при вращениях, как волновая функция материи со спином $1/2$, т.е. является спинором четырех компонент. $\psi'_a(x') = \psi_a(x)\hat{S}^{-1}$;

4) Уравнение Дирака имеет решение с отрицательным значением энергии;

5) Могут происходить дискретные переходы из состояния mc^2 в состояние $-mc^2$ (при этом надо иметь в виду существование парадокса Клейна);

6) При сильных внешних полях в вакууме может идти процесс спонтанного рождения пар «частица-античастица». Так что вакуум это не пустое пространство, а резервуар, откуда рождаются частицы, темная энергия и темная материя, и куда они могут переходить вследствие аннигиляции или вследствие других процессов

7) Известно, что каждая частица имеет свою античастицу, что может означать, что каждый мир, материя, энергия должны иметь антимир, антиматерию и антиэнергию. В этих случаях заряд не имеет существенного значения;

8) Известно, что в силу калибровочной инвариантности 4-потенциала, волновая функция должна быть инвариантной относительно преобразований:

$$\psi_d(x) \rightarrow \psi'_d(x) = e^{\frac{i\alpha f(x)}{\hbar c}} \psi_d(x);$$

9) Важность калибровочной симметрии состоит в том, что её можно рассматривать наряду с лоренц-инвариантностью в качестве критерия физической значимости теории.

10) Объединение двух подходов должно быть инвариантным и относительно обращения времени, т.е. при замене $t \rightarrow -t$. Тогда преобразованная волновая функция будет описывать материю, движущуюся вспять во времени и удовлетворять объединенному уравнению Эйнштейна-Дирака.

Учет этих замечаний, на наш взгляд, поможет решить проблему получения всеобщей релятивистской квантовой теории. Ясно, что при этом не удастся избежать некоторых подводных камней, особенно в интерпретации, объяснении полученных новых величин, принципов, понятий, и их происхождения.

Мы хотим сделать еще одно замечание. Наличие спинорных свойств сверхплотной материи (порядка $\rho = 10^{70} \div 10^{93} \text{ г/см}^3$) есть не что иное, как энергия взаимодействия собственного момента материи (внутренняя) с внешними полями и другими материальными образованиями. Это подобно уравнению Дирака, где учитываются спиновые и магнитные свойства электрона. При этом, полученные новые операторы, при упрощении, должны переходить в операторы Дирака. Аналогично можно поступать и с волновыми функциями. При этом должны появиться спиновые эффекты, возникающие при движении материи в других внешних полях.

Это является весьма важным моментом при анализе процессов, происходящих на разных уровнях развития

состояния системы (от Большого взрыва до наших дней изменения состояния Вселенной).

Теперь переходим к рассмотрению проблемы гравитации, то есть теории относительности в релятивистской квантовой механике.

3.4.2 Уравнения Эйнштейна

Известно, что основу ОТО составляет уравнение Эйнштейна

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} R = -\kappa T^{\mu\nu}, \quad (3.7)$$

где $R^{\mu\nu}$ - тензор кривизны, $T^{\mu\nu}$ - тензор массы, $\kappa = \frac{8\pi\gamma}{c^2}$, γ - гравитационная постоянная, $\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$. Уравнение (3.7) имеет глубокий смысл как закон, который объединяет геометрию (как геометродинамика) с физикой, поскольку если левая часть (3.4) представляет геометрию, то правая часть – материю (подобно $E = mc^2$). Также отражает идущую от Римана идею о связи метрики и распределения материи. Здесь Эйнштейн вводит гипотезу о единстве метрики и гравитации. Таким образом, для описания гравитационного поля вводится только метрический тензор, зависящий от гравитационного поля. Например

$$g_{\mu\nu} = g_{\mu\nu}(u_{\mu\nu}). \quad (3.8)$$

При этом предполагает использовать целых десять гравитационных потенциалов. Уравнения (3.4), благодаря гипотезе Эйнштейна (3.5) превращаются в уравнения гравитационного поля в релятивистской теории гравитации.

Система координат становится гармонической. Условия на бесконечности:

$$g_{00}(\infty) = c^2, g_{0i}(\infty) = 0, g_{ik}(\infty) = -\delta_{ik}, (i, k = 1, 2, 3). \quad (3.9)$$

Тензор массы определяется уравнением

$$T^{00} = \frac{\rho}{c^2}, \quad T^{0i} = \frac{\rho v_i}{c^2}, \quad T^{ik} = 0. \quad (3.10)$$

Подставляя (3.9) и (3.10) в (3.7) получим:

$$g_{00} = c^2 - 2u, \quad g_{0i} = \frac{4u_i}{c^2}, \quad g_{ik} = -\left(1 + \frac{2u}{c^2}\right)\delta_{ik}, \quad (3.11)$$

где u_i - векторный гравитационный потенциал, подобно

$$\Delta u_i = -4\pi\gamma\rho v_i. \quad (3.12)$$

В уравнениях u - ньютоновский скалярный, u_i - векторный потенциал гравитационного поля. Последний, создается благодаря токам не заряженных масс. Магнитное поле выступает при этом как некоторое универсальное поле, также и спинорное поле, возникающее при изменении во времени полей, порождаемых изолированными источниками.

Доказано, что спин-спиновое и магнитно-магнитное взаимодействия одного порядка и на наш взгляд это не случайность, а некоторая закономерность развития Вселенной. Отсюда возникает идея, что магнитное и спиновое поля являются взаимопорождающим процессом. То есть спин порождает магнитное поле и наоборот. И они создают условия для рождения дискретности состояния системы, подобно тому, как это имеет место в атоме. И это позволяет объединить теорию относительности и уравнения Дирака в единую систему.

На первый взгляд эта идея кажется абсурдом. Однако современные исследования показали возможности существования такого процесса и описание его современными методами теоретической физики, то есть объединенными теориями Эйнштейна и Дирака.

Для начала можно допустить некоторые упрощения уравнения Эйнштейна, зная, что во первых, уравнения Эйнштейна являются общековариантными и, следовательно, допускают преобразования координат, содержащие четыре

произвольные функции. По аналогии с уравнением Даламбера от функции ψ_D - Дирака. Можно записать его в следующих видах:

$$\square \psi_D = g^{\mu\nu} \frac{\partial^2 \psi_D}{\partial x^\mu \partial x^\nu} - \Gamma^\nu \frac{\partial \psi_D}{\partial x^\nu},$$

$$\square \psi_D = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x^\nu} \left(\sqrt{-g} g^{\mu\nu} \frac{\partial \psi_D}{\partial x^\nu} \right) = \Gamma^\nu \frac{\partial \psi_D}{\partial x^\nu}. \quad (3.13)$$

Отсюда

$$\Gamma^\mu = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x^\nu} \left(\sqrt{-g} g^{\mu\nu} \right), \quad (3.14)$$

также

$$\square x^\mu = -\Gamma^\mu \quad (3.15)$$

и

$$\Gamma^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \left(g^{\mu\alpha} \frac{\partial \Gamma^\nu}{\partial x^\alpha} + g^{\nu\alpha} \frac{\partial \Gamma^\mu}{\partial x^\alpha} - \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x^\alpha} \Gamma^\alpha \right), \quad (3.16)$$

где $\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$, $\alpha = 1, 2, 3$.

Если x_μ удовлетворяет уравнению $\square x^\alpha = 0$, то $\Gamma^\nu = 0$, также $\Gamma^{\mu\nu} = 0$.

Во-вторых, на бесконечности поле тяготения стремится к нулю, при этом масса имеет островной характер распределения. Это дает математическую определенность теории, геометрия пространства и времени становится псевдоевклидовой.

В результате получим возможности упростить $R^{\mu\nu}$, то есть он будет равен

$$R^{\mu\nu} \equiv \frac{1}{2c^2} + \frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial^2 g^{\mu\nu}}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 g^{\mu\nu}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 g^{\mu\nu}}{\partial x_3^2} \right). \quad (3.14)$$

Здесь мы воспользовались методом Фока В.Л. и

Абдильдина [104,С.8-12].

Такой краткий обзор современного состояния теоретической физики то есть теорий Дирака и Эйнштейна, в какой-то степени, позволяет сделать попытку объединить эти две теории в единое целое и представить её как основу современной релятивистской квантовой механики Вселенной. И в этой теории определенную роль играет механизм Хиггса, поскольку он расширяет преобразования Лоренца для случая материально-хроногеометрической модели. Еще напомним о существующих проблемах физики.

3.4.3 О механизме Хиггса

Теперь несколько слов о механизме Хиггса. Мы знаем, что геометрия пространства и времени определяется взаимодействием тел, внутренней структурой, иными словами каждый вид взаимодействия и формы материи имеют свою собственную геометрию, соответствующую своей природе.

Данную идею применяли и продемонстрировали ее мощь в последние годы Янг, Миллс, Утияма [23]. И дальнейшее развитие получила она в механизме Хиггса [87], смысл которого в спонтанном образовании массы (спонтанное нарушение симметрии) благодаря этой геометрической идеи Вайнберг [91], Салам [92] и Глэшоу построили объединенную теорию электромагнитного и слабого взаимодействия.

Преимущество этого геометрического принципа в том, что он определяет форму почти всех взаимодействий, независимо от их физической природы и допускает чисто геометрическую интерпретацию. Иными словами, смысл последних в том, что геометрия и геометрические идеи преобретают динамический характер, и четырехмерное пространство-время делается лишь частным случаем возможных динамических геометрий, т.е. геометрий материально-хроногеометрического многообразия. Возникшая в результате применения этого принципа единая теория всех взаимодействий оказывается геометрической теорией как ОТО. Описание движения частиц в терминах геометрических понятий, таких как коэффициенты связности, тензоры кривизны расслоенного пространства, делает их

движение свободными, то есть устраняет разделение движений на инерциальные и неинерциальные, и, главное, позволяет проверить геометрию экспериментально. Например, с помощью метода соединения множеств плоскостей с коэффициентами связности можно получить сферу, а плоского пространства с гравитационным полем – кривизну. Это позволяет отождествить коэффициенты связности (геометрическое понятие) с гравитацией (физическое понятие), то есть определить геометрию гравитации. А это говорит о нарушении симметрии.

Нами отмечено вкратце о спонтанном нарушении симметрии, т.е. рождении массы (механизм Хиггса). Остановимся более подробно на нем, так как оно стало поворотным пунктом в теории объединения фундаментальных взаимодействий.

Мы должны учитывать эту перестройку в новой теории. 4 июля 2012 года была обнаружена неуловимая частица Хиггса. Она оказалась полем пронизывающим всю Вселенную, которое позволяет частицам обрести массу (бозон Хиггса) и считается источником инертной массы, т.е. гравитации. А это требует пересмотра преобразований Лоренца, поскольку они не учитывают рождение массы и нарушения симметрии.

Так как всякое нарушение связано с взаимодействием на систему некоторой силы, и этот процесс позволяет наблюдать его. Эта наблюдаемость говорит о том, что в процессе происходит переход микроскопической симметрии в макроскопическую, то есть имеет место перестройка геометрической структуры системы. Также этот процесс позволяет определить природу перестраивающей силы. Этот метод был заложен еще при построении теории сверхпроводимости, сверхтекучести и теории лазеров. И, благодаря им, мы воочию увидели эту перестройку, то есть переход микроскопических процессов в макроскопические.

В этих процессах роль «силы» играет понятие коэффициентов связности расслоенного пространства, а траекторию – кривая на плоскости. Расслоенное пространство получается из обычного пространства-времени, если предположить, что его точки имеют внутреннюю структуру,

действующую внутри слоев (внутренних пространств). Примером обычного и расслоенного пространств может служить орбитальное и собственное вращение электрона в атоме. Если орбитальное вращение электрона описывается обычным пространством-времени, то собственное вращение – расслоенным пространством. Отсюда видно, что они не могут быть отождествлены между собой. Это отражает независимость квантовых чисел, соответствующих внутренним симметриям и определяющих, например, правила запрета в реакциях элементарных частиц от их пространственно-временных характеристик. Геометрия расслоенного пространства обобщает риманову геометрию и включает ее как свой частный случай.

3.4.4 Темная энергия и темная материя

Их существование считают доказанным и определено, что они составляют 95,1% Вселенной. При этом темная энергия составляет 68,3%, а темная материя 26,8%. Темная энергия считается гораздо более странной субстанцией, чем темная материя, поскольку она не собирается в сгустки. Что касается темной материи, то она сродни обычному веществу в том смысле, что она способна собираться в сгустки различных размеров.

Темная энергия считается гравитационным проявлением темной материи и отвечает за расширение Вселенной. Темная материя поглощается темной энергией и они являются отрицательными проявлениями наблюдаемой Вселенной. Темная энергия это самоотталкивающаяся субстанция и рождает пространство, время и материю и проявляет противодействие с антиматерией. Из-за отсутствия электромагнитного взаимодействия их сложно обнаружить.

Все это предположения. Пока еще они не обнаружены экспериментально. Они считаются главной проблемой современной физики и астрофизики. На наш взгляд, темная энергия – это физический вакуум, заполняющий Вселенную как особая форма ее существования. Она обладает отрицательной энергией и формирует особую зону, которая представляет собой

бесконечно плотной и электрически нейтральной системой. Она экспериментально не может быть обнаружена (подобно идее Дирака для дырочной теории) пока частицы из этой зоны не станут переходить в другое состояние. И единственно возможными здесь являются переходы в состояния системы с положительной энергией и/или в состояния системы темной материи.

На наш взгляд, темная материя – это островки распределенной массы, оставшиеся после Большого взрыва, не успевшие создать элементарные частицы. Она по отношению к настоящей материи является антиматерией с антигравитацией, которая разгоняет ее. По этим признакам можно обнаружить ее. Что касается темной энергии, то ее искать не надо. Мы живем в ней. Искать ее, значит придумать эфир как в электродинамике. Все, что происходит в мире это ее деятельность. Это тот антимир, которого мы ищем, это параллельный мир. Отсюда всякие парадоксы, неизвестные явления, процессы, НЛО, черные дыры, червоточины, кротовые норы, звездные врата и т.д.

Фантазия?! Да, фантазия! Разве квант, $c=\text{const}$, дуализм, $E=mc^2$, дискретность, неопределенность, постулаты, эффекты, статистичность, вероятность, суперпозиция, туннельность, вытекающие отсюда теория относительности, квантовая механика, релятивистская теория не фантазия? Без воображения нет науки.

Теперь приступим к изложению нашего подхода к проблеме релятивистской квантовой теории. Мы отталкиваемся от логики, принципов и идей о том, что уравнение непрерывного движения определяется представлением физических величин в дифференциальной форме, в виде операторов определенной модификации, представляющих разные свойства материи и характеризующих основные свойства физического объекта. Что касается изменения состояния системы, его дискретность, то их представляем в виде гармоник в осцилляторной форме, во взаимодействии с физической величиной, как число (E_n), подобно $\hat{H}\psi_n = E_n\psi_n$.

Если удастся объединить эти подходы в единую теорию, то

мы получим уравнения в суперпространстве материально-хроногеометрического многообразия. Их решения должны ответить на многие поставленные выше вопросы релятивистской квантовой физики.

3.5. Роль геометрических идей в нанотехнологии

В рождении и становлении нанотехнологии выдающуюся роль сыграли и играют геометрические идеи. Например, природа построила основу и придала удивительные свойства существующей окружающей действительности. Вселенная, галактики, звезды, планеты, атомы, молекулы, элементарные частицы, микромир, макромир, растения, животные и сам человек с разумом обладает определенной геометрической структурой и формой. И она заложила фундамент для развития всего этого. В дальнейшем данные природой человеку разум и логика подсказали, что «на бога надейся, но сам неплошай», действуй со своим умом, мышлением, деятельностью. Образно говоря, материал для этого под рукой, по принципу кирпичи есть, раствор есть строй дом по своему дизайну, усовершенствуй, наведи порядок, красоту в этом мире. Создавай не виданное, твори, дерзай, совершенствуй его. Для этого природа дала также мудрую науку – физику, математику и др. Обычно математику сравнивают с кошкой, которая играет со своим хвостом. Бог с ним с хвостом, но математика творит чудеса. Ей все подвластно. Познав ее и строит человек по своему усмотрению, по законам диалектики, логики сообразно природе. Вот так и математика строит мир по своему образу, по законам необходимости. Посуществу природа и математика родные сестры, или еще больше, если космический разум – царь, то математика – царица. Математика через описания мира, а физика – строительства форм, изменяя формы и соотношения их, изменяет мир. Нанотехнология один из примеров этого взаимодействия. Взаимодействие природы, математики и физики, основу которых составляют пространство, время, материя, изменяет формы материи, формы движения материи, и в результате человек получает новые формы движения, новые

свойства, качества, новый материал, новый метод, способ познания и дальнейшего изменения [105].

Мы в этой работе хотим показать, что нанотехнология рождена и развивается именно благодаря применения математики, главным образом благодаря применению геометрических идей. Например, гипотеза де Бройля о волновой природе веществ, гипотеза Планка о кванте света являются одним из наиболее ярких не только физических, но и геометрических идей в современной физике и представляют собой по глубине и математическим содержаниям – крупный шаг в развитии представлений человечества об окружающем мире, о его строении. Этими гипотезами мы входим в первооснову мира, в его фундамент, пространство, время и материя и обнаруживаем их единство и целостность. Раз не отделимы пространство-время и материя, значит не отделимы геометрия и физика. Нет геометрии, нет физики. Нет физики, нет и геометрии. Она форма ее существования. Это единство наглядно показано в физической реальности так называемых в нанобъектах. Изменение пространственного распределения материи и пространственно-временного отношения ее в природе создает новую структуру, новое состояние характерного например, для микромира.

В качестве доказательств этих предположений рассмотрим результаты нескольких экспериментальных исследований волновых свойств электронов в нанобъектах. В этих исследованиях геометрические идеи подсказывают, что бы мы построили разнообразные фигуры, геометрических форм из атомов, т.е. квантовых загонов, например круговой, треугольной, квадратной, шестиугольной и др. И получили разнообразные структуры микромира. И по изменению фигуры оценивали происходящий процесс, раскрывали сущность полученных новых качеств нанокристаллов.

Данная проблема рассмотрена в прекрасных работах Е.В. Смирнова [106]. Мы рассматриваем ее со стороны применения геометрических идей и ограничиваем исследованием волновых свойств электрона в нанобъектах.

Многочисленные опыты по дифракции микрочастиц на

кристаллах подтвердили гипотезу де Бройля и выявили волновые свойства не только электронов, но и крупных микрочастиц: нейтронов, атомов, даже крупных молекул. Все это оказалось связанным с достижением нанотехнологии с применением геометрических идей.

Геометрический дизайн на атомном уровне.

В 1992 году лауреат Нобелевской премии Г.Бинниг, Х.Ререр [107] предложили техническое устройство, так называемое сканирующим туннельным микроскопом (СТМ), позволяющее получить изображение атомов (железо) и на атомарно гладкой поверхности проводников (медь). Высокая чувствительность туннельного тока к расстоянию между иглой СТМ и исследуемой поверхностью дает возможность проводить исследования с высокой точностью измерения.

Одним из важных достоинств СТМ являются конструктурские функции: захватывать отдельные атомы или молекулы, и осуществлять их контрольное измерение вдоль поверхности проводника, собирая при этом из них различные структуры. Это было продемонстрировано в работе [108]. СТМ может удалять ненужные атомы, перестраивать, создавая новые структуры. Позволяет обнаружить и исследовать геометрические формы стоячих волн де Бройля, возникающих вблизи атома на поверхности металла. Здесь идет речь о волновых свойствах электронов образующих электронный газ на поверхности кристалла.

Чрезвычайно высокая разрешающая способность этого прибора позволяет «увидеть» поверхностную волну, изучить картину волн электронной плотности на поверхности проводника и «руками» управлять процесс строительства геометрических структур, топографию и осуществлять дизайн на атомном уровне. Следовательно, тем самым можно проводить на атомном уровне геометрический дизайн и с помощью СТМ, собрать квантовый загон различной геометрической модификации, которые позволяют исследовать волновые свойства микрочастиц, подтвердить гипотезу де Бройля на уровне нанотехнологии. Это удалось благодаря строительства загонов с помощью СТМ геометрической формы.

Выясним, что такое квантовый загон.

Геометрия квантовых загонов (потенциальных ям).

Квантовые загоны представляют замкнутые структуры построенные СТМ из отдельных атомов на поверхности проводника, размеры которых сравнимы с длиной волны дебройлевского электрона. Они являются потенциальными ямами для электронов, попавших в загоны. На рисунке 3.1 представлен загон в форме окружности состоящий из 48 атомов железа на гладкой поверхности меди [109]. Результаты эксперимента показывают, что поверхностные волны электрона внутри и вне загона обладают цилиндрической симметрией. Длина волны заметно превышает постоянную решетки и размер атома меди. Тем самым легко можно их отличить, и длина волны отвечает энергии электронов. Следовательно, СТМ дает возможность с большей точностью изучить связи геометрических форм, картины волн и происходящего физического процесса, т.е. электронную структуру поверхности кристалла по форме. Эти исследования показывают, что вид волновой картины сильно зависит от разности потенциалов между иглой СТМ и поверхностью кристалла меди, т.е. от их расстояния. Например, рисунок 3.2 [110]. Как видно из этого рисунка, изменение этой разности показывает резкое изменение картины волн от ярко выделенного в центре пика (рис. 3.2a) и до провала в центре (рис. 3.2z).

Это говорит о том, что картины этих волн зависят от геометрических форм загонов, т.е. от граничных условий. Это еще раз доказывает, что геометрические идеи играют большую роль в нанотехнологии. Это продемонстрировано в работе [111], рисунок 3.3. И это есть яркий пример «ручного» геометрического дизайна в нанотехнологии. Структура волнового поля для загонов отражает симметричные свойства этих геометрических фигур.

Следующим убедительным доказательством большой роли геометрических идей в нанотехнологии являются обнаруженные Н.С. Manaharan, С.Р. Lutz, D.M. Eigler [112] – явление, так называемое квантовый мираж, появляющийся в геометрических точках.

Нелинейная геометрическая оптика в нанобъектах.

Суть этого явления в следующем. На атомарно гладкой поверхности меди с помощью СТМ и из 36 магнитных атомов кобальта собирают эллиптической формы загон. В один из фокусов эллипса помещается атом кобальта. Исследование показало, что от атома кобальта помещенного в одном из фокусов эллипса загона идет сильный сигнал, в тоже время сравнительный с ним поступает сигнал и от пустого фокуса, где нет атома кобальта. А если атом кобальта поместить вне фокуса, то нет дополнительного сигнала. В первом случае говорят о квантовом мираже, а во-втором отсутствии его. Это показано на рисунке 3.4.

По мнению авторов это явление связано, во-первых, атом кобальта обладает значительным магнитным моментом, поэтому атом помещают в одном из фокусов эллипса. В силу эффекта Конда [113] оказывается окруженным облаком поверхностных электронов, экранирующих его магнитный момент. Это облако дает достаточно сильный сигнал при сканировании загона иглой СТМ. Во втором фокусе, где атома нет появившийся пик электронной плотности представляет собой «мираж», «изображение» электронного облака, окружающего первый атом полученное с помощью эллиптической цепочки атомов кобальта. Во-вторых, главную роль возникновения квантового миража играет когерентное расстояние поверхностной электромагнитной волны де Бройля атомами кобальта, образующими эллиптический квантовый загон.

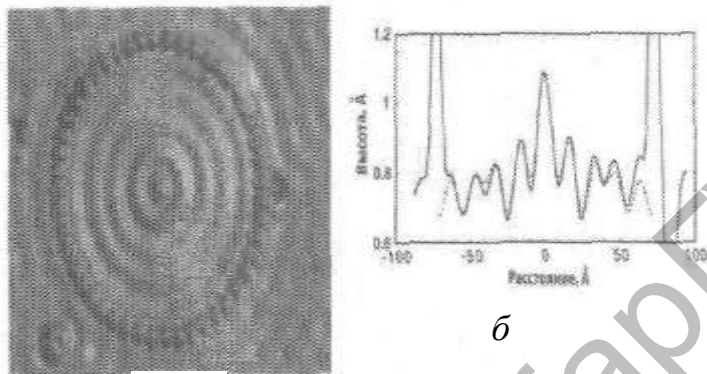
Известно, что эллипс представляет геометрическое место точек, сумма расстояний от которых до фокусов эллипса постоянна. Значит, наличие максимума интенсивности во втором фокусе может быть объяснено интерференцией дебройлевских волн электронов, рассеянных на атомах загона и приходящих во второй фокус в фазе. Точнее, образованием внутри загона такой стоячей волны де Бройля, которая имеет максимумы как в первом, так и во втором фокусе эллипса.

Эксперимент также показал, что изменение эксцентритета эллипса, никак не сказывается на интенсивности сигнала – миража. Таким образом, эллиптический квантовый загон

обладает свойствами не только захватывающей и удерживающей внутри себя поверхностные электроны меди, но и фокусировать в отдельной точке загона.

Все эти эксперименты достаточно ярко демонстрируют огромную роль геометрии в исследованиях нанотехнологий и в раскрытии сущности физических явлений, происходящих в нанобъектах. Таким образом, можно сказать, что методом геометрических идей удастся управлять физическим процессом. Это не преувеличение роли геометрических идей, а констатация фактов.

Эти исследования и анализ их результатов показывают, что геометрические идеи, как метод построения определенных форм, пространственных отношений в нанобъектах (окружность, треугольник, квадрат, эллипс и т.д.) играют главную роль в создании различных квантовых структур и в визуализации волн и атомов нанобъектов.



a

б

Рис.3.1. Квантовый загон из атомов железа на поверхности меди: *a* – СТМ-изображение загона и поверхностных волн электронной плотности внутри и вне его; *б* – сравнение экспериментальных данных с результатами численных расчетов.

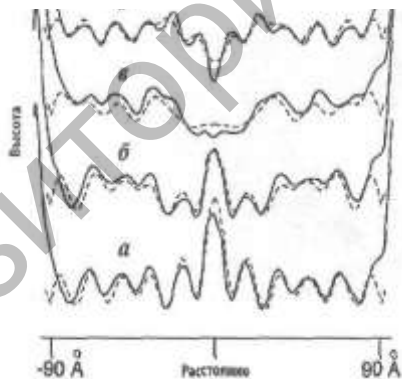


Рис. 3.2. Стоячие волны в круговом квантовом загоне для разных значений V : *a* – $V=0.41 В$; *б* – $V=0.43 В$; *в* – $V=0.45 В$; *г* – $V=0.47 В$. Сплошная линия – результаты эксперимента, пунктирная линия – результаты численных расчетов.

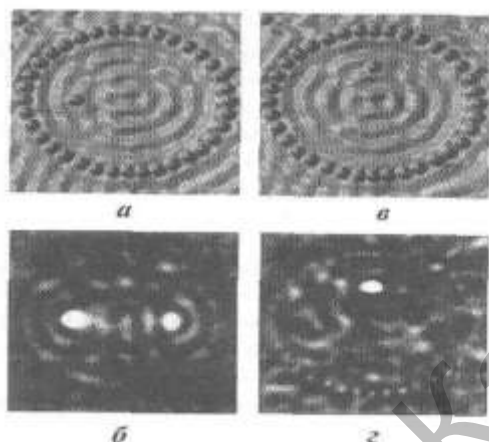


Рис.3.3. Квантовый мираж: *a* – эллиптический загон с атомом *Co* в левом фокусе; *b* – изображение атома *Co* и его миража; *c* – загон с атомом *Co* вне фокуса; *d* – изображение атома *Co* в загоне, мираж отсутствует.

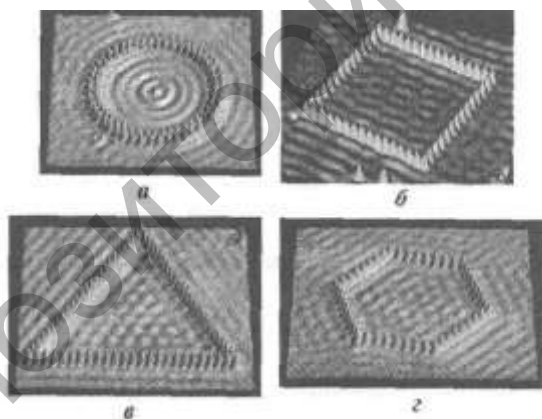


Рис.3.4. Структура поверхностных электронных волн внутри и вне квантового загона для различных видов загонов: *a* – круглый; *b* – прямоугольный; *c* – треугольный; *d* – шестиугольный.

Эти результаты, полученные на основе взаимосвязи математики, нанотехнологии и фундаментальной физики могут открывать новые возможности в познании окружающей

действительности, расширить методы исследования [114].

Мы ограничились рассмотрением только узкого, но очень содержательного исследования, посвященного доказательству наличия волновых свойств электронов в нанобъектах.

В следующей главе будет более подробно описан метод геометрических идей, позволяющий строить и анализировать логико-структурные схемы теоретической физики.

Репозиторий КарГУ

4. Логико-структурные проблемы построения теоретической физики

4.1 Современные методы диалектической логики и принципов в теоретической физике

Образование обладает фундаментальным действием на развитие личности в познании окружающей действительности, осознании того, как устроен мир: мир природы, мир культуры и мир человека. Тем самым оно осуществляет формирование знаний, научного взгляда, мировоззрения и раскрывает талант личности. Особенно тогда, когда образование способствует обучению на всю жизнь.

В этом процессе особая роль принадлежит не только методологическим знаниям (как исследование и познание, как система принципов, идей и способов организации и построения теоретической и практической деятельности человека), а также глубоким научным методам диалектической логики. Если теория представляет собой результат процесса познания миров и их преобразования, то диалектическая логика служит организующим началом построения логико-структурной схемы картин мира и способствует выдвижению новых принципов и идей построения. При этом современному подходу характерно не только абстрагирование, как математический, метафизический подход, но и непосредственное взаимодействие объективного и субъективного, материального мира и мира человека в конкретных проблемных условиях познания мира.

Диалектика всеобщий метод теоретического исследования. Диалектика как логика, теория познания систематизирует категории науки. «Анализ научного прогресса показывает, что он характеризуется возникновением глубоких теорий, широких обобщений, изменением самого стиля мышления. По своим логико-гносеологическим характеристикам наука наших дней подобна гигантской саморазвивающейся системе, которая при каждом восхождении на новый уровень пересматривает собственные основания. Эта особенность современной науки требует ее постоянного осмысления, что приводит к

необходимой углубленной разработки диалектики как логики, мировоззрения и методологии современного мышления», - пишет Ж.М. Абдильдин [115].

Необходимость исследования и разработка диалектической логики особенно естественных наук неоднократно подчеркивались в философской, физико-математической литературе. В последнее время проделана большая работа в этом направлении. Глубоко исследованы отдельные фундаментальные категории материалистической диалектики в тесной связи с современным естествознанием.

«Диалектическая логика, в противоположность старой, чисто формальной логике, не довольствуется тем, чтобы перечислять и без всякой связи поставит рядом друг возле друга формы движения мышления, т.е. различные формы суждений и умозаключений. Она наоборот, выводит эти формы одну из другой, устанавливает между ними отношение субординации, а не координации, она развивает более высокие формы из нижестоящих» - писал Ф.Энгельс.

В диалектической логике проблемы мышления должны исследоваться в контексте широкого материалистического мировоззрения, исходным началом которого является категории, например в физике, пространство, время и материя, и не только в физике. Конкретные - всеобщие понятие пространство, время и материя, выработанные на основе анализа предметной деятельности человека, также выступают и началом логики построения физики. Дальнейшее развитие и конкретизация этих универсальных понятий приводит к категории субъекта и объекта, взаимодействия объекта с человеком. Освоение в практической деятельности предметного содержания этих понятий объективной действительности приводит к изучению отношения практики и отражения, форм отражения, где интерес концентрируется преимущественно вокруг познавательного отношения. Здесь всеобщие понятия предстают как отражение действительности, форм мира природы, мира человека, ступеней выделения человека из мира природы.

Значит для получения методических знаний, изучения

соотношения фундаментальных понятий в науке необходимо освоения методов диалектической логики. Например, в физике таковыми являются не только пространство, время и материя, а также мышления субстанции, человека. Они неразрывны, единство их обусловлено тем, что построения картины мира и ее познания осуществляют с помощью мышления человека. Основные формы мышления рассматриваются формальной логикой, логико-структурной схемой познания мира, в анализах процесса развития научного знания, выдвигаемых новых принципах, идеях, методах, способах исследования.

Опыт показывает, что в раскрытии роли мышления в познании материального мира и логики построения его основ особое значение придается физике. Физика – это наука о природе, которая изучает материю, формы ее движения, а также фундаментальные взаимодействия природы, которые управляют движением материи. Она – способ получения методических знаний, источник развития нового логического мышления. Физику прежде всего интересует: «Что измерять?», «Как измерять и что изменится?», «Как изменится?», «Какую величину принять в качестве инварианта при исследовании тех или иных явлений материального мира?», «Какую логику, какой принцип принять за основу и что вытекает из них?», «Кто изучает?», поскольку все это организуется и управляется человеком. Он же создает реальную физическую картину мира, образ мира. Это его деятельность.

Многочисленные и крайне сложные физические теории и проблемы их понимания требует ясного освоения того, что сближает и объединяет разные разделы физики, как из них складывается целостная физическая картина мира.

В принципе, теорий, законов физики может быть столько, сколько известно физических величин. Однако из всех известных понятий мы выделяем пространство, время и материя и познающего их, управляющего ими человека.

Возникает вопрос, почему мы выделяем именно эту четвертку? Во-первых, они являются особыми феноменами, пронизывающими насквозь всю физическую систему и не только ею, но и составляют фундаментальную основу

построения всех физических картин мира, образа мира. Во-вторых, диалектическая логика подсказывает, что они составляют основу вещей, а «диалектика вещей создает диалектику идей, а не наоборот». В третьих, пространство и время (движения) как диалектическая логика, способ изменения не заменима в физической теории. Что касается материи, она основа материалистической логики. Материя эквивалентна энергии ($E=mc^2$). Энергия и ее сохранение фундаментальный закон не только физики, но и всей природы. Она составляют основу разнообразия материального мира. Необходимость включения в эту четвертку человека, его мышления как венца обусловлена тем, это физические картины мира, образа мира создаются человеком, развивает его мышления, мысли. Что мы имеем вокруг нас, все это творения человека.

На наш взгляд, физика построена на основе особой диалектической логики, базирующейся на реальных фактах и вытекающих из нее фундаментальных принципов и идей. Они дают возможность глубже понять природу физики. Следовательно, она пронизана мышлением человека в единстве многих наук.

Теперь раскроем сущность данного метода. Наша цель целостно изложить научные основы построения и познания теоретической физики, объяснить суть теории и метода этого построения, и показать их логику.

Первая логика – пространство, как творец многообразия, применение пространственных отношений (геометрии), как инструмент расширения физического мира. Эта логика искусственная математическая, воображаемая картина мира, она начало всех начал в физике. Однако, она недостаточна для построения реальной картины мира. Следовательно необходима вторая логика. Поскольку она застывший миг, след, образ, знак, символ и т.д. А мир в вечном изменении.

Вторая логика – движение, как творец изменения, развития, взаимодействия. Она диалектична, основа разнообразия. Начало всех основ развития природы. Однако она может создавать только воображаемую картину мира. Для создания реальной физической картины мира необходима третья логика –

материалистическая, где, когда и что движется.

Третья логика – материя, как творец энергии, как основа всех основ мира. Она материалистическая логика. И только на основе этих логик можно создать реальную физическую картину мира. Однако и эти логики недостаточны для создания образа мира. Для этого нужна четвертая логика, реализующая, мыслительная, творящая.

Четвертая логика, созданная самой природой – человек. Этим картин мира строить человек, его мышления, деятельность. Физика – наука, а наука – эта человеческая деятельность, продукт деятельности, мышления и только в руках человека пространство (\vec{r}), время (t) и материя (m) приобретают физический реальный смысл развития и рождения всего окружающего.

На наш взгляд, первая логика – метафизическая, вторая – диалектическая, третья – материалистическая, четвертая – деятельностная, мыслительная. И они в единстве превращаются в мощный метод построения и познания картины и образа мира. Можно сказать, что мышление это зеркало познания, а логика – эта идея, принцип его построения.

Каждая логика, рисуя картину мира (пространство, время и материя), и образ мира (человек), используя определенный метод, придает смысл этим построениям. Первый метод берет свое начало из идеи геометрии Евклидова пространства, завершая современными. Он метафизичен относительно каждого момента развития, движения, без этого момента нет движения, развития. Следовательно, метафизика это начало диалектики. Не было бы метафизики, не было бы и диалектики. Это отрицание отрицания. Да там нет время, в данный момент застыло время, движения. Обычно мы говорим «о крушении метафизики Канта», тогда мы должны говорить о «крушении» физики Ньютона, электродинамики, например для квантовой механики. Однако мы живем, применяя механику Ньютона и другие законы физики.

Для того чтобы изменяться, движения в начале должны находиться в какой-то точке в определенный момент времени. И изменчивость мира является причиной, которая с логической

необходимостью обусловила создания этих моментов. Например, в физике множество пространств и других объектов и понятий, остающихся неизменными во все времена (пространство Евклида, Минковского, Лобачевского, Римана, Гильберта и других, постоянные \hbar , c , k и т.д.; и принципы Паули, Гейзенберга и т.д.). Они выполняют функцию «стандартов», «эталонов», «точек отсчетов» и т.д., необходимых для объяснения изменений, развития, движения в реальном физическом мире [116]. Они в каждый момент метафизичны, но их совокупность в развитии, движении диалектичны, изменчивы в переходах. Эта изменчивость порождает, требует новую диалектическую логику.

Это не крушение метафизики, а развитие, переход к диалектике. Например, все тела природы протяженны – это неоспоримый факт. Но есть и другие реальные «вещи», которые порождают идею, так называемую «длительность», «временной отрезок», «мышление». Мы встречаемся не только с телами, но и с такой «вещью», которая называется мысль. Но ведь мысль не является телом. Значит, в мире, в котором мы живем, кроме тел есть еще нечто, к чему предикат «протяженность» неприменим. Но к этому нечто применим другой предикат – «длительность», «мышление». Да отсутствие времени останавливает процесс движения, развития природы. Значит, мы вынуждены к этой пространственности добавлять новую идею – «добавлять время». Следовательно, мы должны переходить от идеи пространства как замкнутого мира – к миру как процессу, движению, изменяющему миру. А движение, это взаимодействие пространства, времени и материи, это процесс, отвечающий на вопрос где, когда и что движется. Здесь появляется новая, особая мысль, идея о материи, о материальности мира и о творческой деятельности человека, об его мышлении. Мысль рождается, развивается, умирает и вновь рождается в новом качестве во времени и в движении материи. В конце концов материя превращается в живой организм – в человека. Вот что составляет особенности основ диалектической логики.

Роль мысли еще и в том, что например, линию, квадрат,

куб, окружность и т.д. невозможно «физически изготовить», все они - «чистые произведения мысли», «произведения пространства и времени» с участием массы и человеческой мысли. Изменения положения материальной точки есть траектория, которая в своем движении в зависимости от времени может изобразить квадрат, эллипс и т.д. Следовательно, все предыдущие идеи, логики не решают полностью проблему реального мира. Все они ничто в отсутствии человека.

Таким образом, мы дошли до самого главного в логиках, где начинаются границы применимости теории физики к реальному миру. Переход к другим логикам, принципам и идеям – это переход от природы как пространства и времени к природе пространственно-временной материи, к их различным формам, где главным действующим лицом все-таки выступают пространство, и время как форма и способ взаимного существования с материей и человеком.

Переход состоит в том, что мы отказываемся видеть мир как набор тел или предметов и только их движений, но и начинаем видеть мир в полном наборе свойств инерции (массы) и тяготения (поля), взаимодействия тел и зарядов, микро- и макрочастиц, которые составляют основу всего неживого и живого, то есть переходим ко второму, что движется, что и кто использует услуги этих двух логик. То есть, переходим к решению проблем пространственного распределения временного изменения и развития самой – материи и деятельности человека, его мышления. От создания искусственного математического мира, через мир изменения, движения мира к реальной, обнаруженной в опытах, экспериментах и выражениях реальной физической картины мира и от него к созданной человеком – к образу мира. Теперь более детально рассмотрим смысл этих четырех логик с точки зрения физики, вытекающих из них четырех фундаментальных принципов и идей, применяемых в построении разделов физики [117].

1. Пространство обладает размерностью. И она определяется постоянной Планка \hbar . Если $\hbar = 0$, то мы

имеем макропространство, макроскопический мир, а если $\hbar \neq 0$, то микроскопический мир. \hbar – функция действия. Она определяет особенность геометрии физического мира, геометрию векторов состояний, гильбертовой и других пространств.

2. Движение характеризуется скоростью. Если скорость тел $v \ll c$ намного меньше скорости света, то движение осуществляется медленно, а если $v \approx c$, то – быстро. То есть, в первом случае движение нерелятивистское, а во втором релятивистское. $c = const$ – новая функция действия, следовательно она создает новую геометрию мира, геометрия Минковского, Римана, Лобачевского и других.

3. Материя – сложный кирпичик мира. Признак материальности мира в метафизическом представлении – это телесность, в диалектическом, временном – изменчивость, взаимопревращаемость материи. Так как мировой физический процесс протекает в пространстве и времени, то его единство с материей должно быть очевидным, обязательным, необходимым.

Материя – это сосредоточенность энергии в пространственно-временном изменении, как бы управляющий изменением и пространства и времени, в тоже время изменяясь и сама. Если пространство и время являются формами и способами существования материи и ее характеристикой, то материя является формой и способом проявления свойств пространства и времени, и их характеристикой. Они составляют единую систему мирового процесса. Где материя – там пространство и время, где пространство и время – там материя. Где нет материи – там нет пространства и времени и, наоборот, где нет пространства и времени – там нет материи.

Материя обладают удивительным свойством быть одновременно в форме вещества и в форме поля, т.е. обладает и вещественностью и полевой формой. И это единое свойство проявляет себя по-разному в реальном мире. Если материя обладает большей «массивностью в форме макромира» и «медленностью» в движении, то она ведет себя больше как вещество, чем поле, волновой процесс. Если $E = mc^2$, то

преобладает полевое, если $E = \frac{mv^2}{2}$, то вещественное свойство.

Если материя обладает более «микроскопичностью» особой формы и «быстротой» в движении, то она ведет себя более как волна, чем тело, вещество.

Если материя обнаруживается в виде элементарных частиц, в форме микромира, то ее нужно рассматривать как особый физический объект, обладающий и вещественными, и волновыми свойствами одновременно, т.е. как частица и как волна. Это единство и противоположность раскрывает новые качества материи (корпускулярно-волновые) – квантовые.

Перечисленные разнообразия пространств, движений и форм материи позволяют руками человека построить разнообразные физические картины мира, образа мира и показывает развитие этого мира.

4. Человек – особый феномен в этой четверке. Он вершина развития и пространства, и движения (времени), и материи. Он и их единства. Предыдущие три логики – это реальный материал в руках человека. Теоретическая физика и вообще физика, создана человеком. Если высшей точкой развития пространства является многообразие, а движения – развитие, то развития материи – живой организм, а высшей точкой развития живого организма – человек, его сознание и мышление. Он венец всего. Оторвать его от тройки, значит не познать этот мир. Что не смогла сделать природа, она «поручила» творить человеку. И он творит. Все окружающее нас (дома, телевизоры, компьютеры, машины, ракеты и т.д. и сама физика) – это творение человека. Отсюда вытекает тезис: «Мир для человека. Человек для Мира».

Из анализа этих логик и разнообразных свойств пространств (\vec{r}), времени (t) и материи (m) родились четыре фундаментальные принципы и идеи, автором которых является человек, и на основе этих принципов и идей построены четыре главных раздела теоретической физики: 1) классическая механика; 2) электродинамика, оптика, специальная и общая теория относительности; 3) квантовая механика и 4) термодинамика и статистическая физика. Однако надо отметить, что теоретическая физика состоит не только из этих разделов.

Их много. Они все пользуются этими логиками, идеями и законами, принципами перечисленных разделов. Другие разделы теоретической физики получили развитие также в результате применения не только этих, но и различных новых логик, идей, принципов, подходов, положений и др.

Первый фундаментальный принцип гласит, что пространство (\vec{r}), время (t) и масса (m) – абсолютны. Они не зависят от скорости тел, если материя обладает больше свойством вещества, макроскопичностью и движутся медленно. Это идея была предложена Ньютоном. И на основании этой идеи он заложил основу классической механики. Дальнейшее развитие она получила в механике Лагранжа и Гамильтона, которые завершили классическую механику.

Механика Ньютона рассматривает, свободное движение тел в Евклидовом пространстве, где отсутствует вариации и $\delta\vec{r} \neq 0$, и $\delta t \neq 0$, а Лагранжева механика – ограниченное движение в конфигурационном пространстве, где пространство варьирует, т.е. $\delta\vec{r} = 0$, а время нет, т.е. $\delta t \neq 0$. Что касается Гамильтоновой механики, то она вообще рассматривает механическое движение тел в фазовом пространстве, где варьирует и $\delta\vec{r} = 0$ и $\delta t = 0$ и является вершиной классической механики. В этих механиках, соответственно, применяются законы геометрии Евклида, конфигурационного и фазового пространства.

А.Эйнштейн писал, что Ньютон обнаружил, что «наблюдаемые» геометрические величины и их проявления во времени в физическом смысле не характеризуют полностью движения. Следовательно, кроме масс и изменяющихся расстояний, между ними существует нечто такое, что определяет происходящее события: это «нечто» он воспринял как отношение к «абсолютному пространству». Ньютон понимал, что его законы могут иметь смысл только в том случае, если пространство обладает физической реальностью в той мере, как материальные точки и расстояния между ними».

Второй фундаментальный принцип – пространство (\vec{r}), время (t) и масса (m) – относительны, т.е. они зависят от скорости тел; скорость света величина постоянная, и она не

зависит ни от скорости наблюдателя, ни от скорости источника. Этот принцип расширил принцип относительности Галилея. Здесь заложена идея о том, что материя (электромагнитные волны) обладает больше полевыми свойствами и представляет цуг волн. Эта идея была предложена Эйнштейном и получила название «теории относительности»].

«Последовательная полевая теория требует непрерывности всех элементов теории, и не только во времени, но и в пространстве, причем во всех его точках. Следовательно, материальной точке как фундаментальному понятию нет места в полевой теории», - писал А.Эйнштейн [44, С. 87].

Таким образом, возникла теория электромагнитных явлений и процессов, т.е. были заложены основы электродинамики, оптики и теории относительности, и в результате физика развивалась в двух направлениях:

1) нерелятивистская, когда преобладает вещественное, макроскопическое свойство материи и скорости тел $v \ll c$ намного меньше скорости света и 2) релятивистская, когда преобладает полевое, микроскопическое свойство материи и $v \approx c$.

Если движение происходит в четырехмерном плоском пространстве Минковского, то такую теорию называют специальной теорией относительности, а если движение происходит в искривленных пространствах Лобачевского и Римана, то – общей теорией относительности. Искривления пространств происходит в результате действия силового поля (поля материи). Вот здесь проявляет себя в полной мере единство, взаимообусловленность этой тройки (\vec{r}, t, m) .

Рассмотрение материи в двух формах позволяет легко объяснить отсутствие эфира для распространения электромагнитных волн. Например, для распространения механических волн средой для их распространения служит само вещество. А зачем придумывать дополнительную среду (эфир) для электромагнитных волн, когда само электромагнитное поле может служить такой средой.

Третий фундаментальный принцип – пространство (\vec{r}) , время (t) и масса (m) – квантуются, т.е. электромагнитные волны

(фотоны) ведут себя и как частица, квант, а элементарные частицы (электрон, протон, нейтрон, атом, молекулы и т.д.) ведут себя не только как частицы, а также как волна.

Идея квантованности фотона-волна предложена Планком, а волновые свойства электрона – де Бройлем. На основе этих идей построена квантовая механика (нерелятивистская – Шредингером, Гейзенбергом; а релятивистская – Дираком).

Им пришлось предложить новые подходы, поскольку полученные для макромира, вещества, законы классической механики были неприменимы для таких частиц, поскольку они не учитывали полевые, волновые свойства материи. С другой стороны, теория относительности также не смогла объяснить квантовые явления, поскольку она не учитывала вещественные свойства микромира, корпускулярные свойства материи.

Значит, необходимо было найти законы, уравнения, которые учитывали одновременно оба свойства материи, т.е. дуализм элементарных частиц, микромира.

Таким подходом, охватывающим эти свойства микромира, оказался корпускулярно-волновой принцип, смысл которого состоит в замене обычных физических величин классической физики операторами, а волновые свойства материи – волновой функцией, где операторы действуют на волновую функцию, изменяя ее. Также предложен матричный подход Гейзенберга. Однако, Дирак показал, что эти подходы эквивалентны. Здесь оператор как бы характеризует корпускулярные свойства частиц, придавая новые свойства физической величине и расширяя пространство, при этом учитывая волновые, а волновые функции – полевые свойства частиц, придавая периодичность процесса, при этом учитывая корпускулярные свойства микромира. Их единство составило основу квантовой механики. В данной механике применяются пространства векторов состояния и Гильберта.

В результате были открыты удивительные, ранее не известные свойства элементарных частиц и появились новые понятия (спин, лептонный и барионный заряды и т.д.) и принципы (суперпозиции состояний, Паули, неопределенности Гейзенберга, дополненности и соответствия Бора и т.д.).

интерпретация операторов показала, что они могут быть коммутирующими и могут быть некоммутирующими и с особыми свойствами, а интерпретация волновой функции показала, что квантово-механические процессы обладают вероятностным, статистическим характером. Законы квантовой механики коренным образом отличаются от классической механики и классической физики.

Проявления этих принципов, в частности, таких как принцип неопределенности Гейзенберга, принцип Паули, повлияло на развитие всей физики и даже на развитие других наук, таких как химия, биология и др. Если не было бы этих принципов, то не была бы открыта сущность атомов, молекул, окружающего нас многообразия, и главное – жизни на земле и самого человека. То есть мы не смогли бы раскрыть тайны и секреты этих миров.

Четвертый фундаментальный принцип. Пространство, их геометрию отличает то, что по наблюдаемому признаку они могут определить не только сам объект, но и его форму, размеры, строение и некоторые свойства, подобно как в музыке по звуку можно определить, какой инструмент исполняет эту музыку. В то время нам не было известно, какое пространство играет эту роль. Нам удалось преодолеть эту трудность, получив интересные, глубокие результаты, определяющие закономерности развития квантовых термодинамических систем, раскрывая их внутреннюю структуру методом пространственной логики во время изменения составляющих термодинамических объектов, состоящих из бесконечно многих частиц, где не применимы законы предыдущих разделов теоретической физики, и обладающих вероятностным характером. Таким пространством для квантовой термодинамики и квантовой статистики является спектральное пространство с определенной геометрией. Им оказались дифференциальные уравнения с частными производными и связь их асимптотики с группой симметрии. На методологическом языке это есть геометрия Гильбертова пространства, порожденная подпространствами собственных значений оператора Лапласа-Бельтрами. Это и есть основы

спектральной геометрии квантовой статистики термодинамических систем. Это и есть геометрия пространственного распределения термодинамических систем. И здесь, главная роль принадлежит и пространству, и движению, и массе. Движение характеризуется распределением, масса – состоянием системы.

Кроме этих четырех логик и четырех фундаментальных принципов и идей в построении современной теоретической физики в последнее время появились новые логики и идеи. В частности, предложено существование внутренних пространств, симметрий, характеризующих новые свойства материи, координатно связанных с внешним пространством, симметрией, но не зависящих от них. Также предложены идеи о суперсимметрии, супергравитации, суперструны, супермембраны и т.д. Вместо преобразования Галилея и Лоренца появились новые калибровочные и другие преобразования. Благодаря применению последних произошло объединение электрослабых и сильных взаимодействий. Эта тема следующих исследований.

Подводя некоторые итоги рассмотрим, вытекающие отсюда логико-структурные схемы построения теоретической физики. Первая схема №1 посвящена компонентам реальной физической картины мира, вторая №2 – компонентам мировых физических открытий авторов и их применением (рис. 4.1-4.2).

На наш взгляд предложенные схемы представляют реально существующий педагогический процесс, т.е. отражают диалектическую логику построения и познания реальной физической картины мира. Его связь с субъектом, его мышлением, творением. Это результат мышления, творчества человека в схематической форме. Это наглядность для формирования знаний об окружающей действительности, о физической картине мира. Они обучают, направляют к обучению, познанию физики, ее разделов, знакомят авторами законов, процессов и др.

Анализ схемы №1 (рис.4.1) наводит на вопрос «что было в начале макро или микромир?». На наш взгляд, так ставить вопрос нельзя. Это череда повторяющихся процессов, микро и

макромира. В этом процессе нет начала и конца. Возникает вопрос «А большой взрыв?». А это мгновение вечно изменяющего мира. Там материя была в микро по размеру, а макро по плотности как совокупность. Материя находилась в третьей форме объединяющей и вещественной, и полевой формы, отличающейся от квантовой, корпускулярно-волновой формы тем, что имеет место «скрытой, темной» формы материи и энергии. Это обусловлено тем, что при плотности материи 10^{94} г/см^3 работает другое пространство, другая геометрия, другое время, другая форма материи не поддающаяся знанию сегодняшнего уровня науки. На наш взгляд, там работает пространство подобно пространству Минковского, но включающее массу как дополнительную координату с мощным искривлением в следствии наличия силового поля массы, огромной плотности с отрицательной энергией, новыми постоянными подобно \hbar и c (скорости света), но объединяющей их.

Компоненты реальной физической картины мира



Рис. 4.1. Схема №1. Логико-структурные схемы построения основ реальной физической картины мира

Компоненты мировых физических открытий авторов и их применения

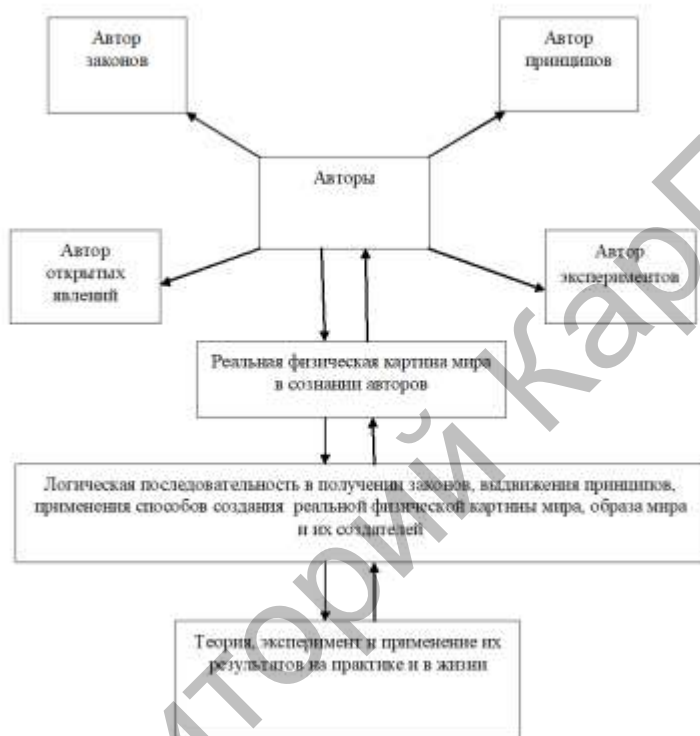


Рис. 4.2. Схема №2. Связь человеческой деятельности и построения физической картины мира, объективного и субъективного

Когда-то рассматривали электричество и магнетизм по отдельности, а с 1820 года как одно явление – электромагнитное. Так же в будущем мы будем рассматривать вещество и поле как одно явление, единым свойством, но при этом не забывая по отдельности свойств вещества и поля подобно как электростатика и магнитостатика в электродинамике.

Рассмотренный подход позволил выдвинуть новое направление в преподавании теоретической физики - метод

математической, функциональной, динамической теоретической физики, в котором важная роль принадлежит внутренним движущим силам: логикам, идеям, принципам, выступающим в качестве системообразующего фактора [118].

Такой подход может быть применен и для гравитации. Для этого надо решить проблему антиматерии, которая «существует» в форме темной материи с темной энергией. На наш взгляд, она связана с существованием другого пространства и другого времени с особыми свойствами как материи. Это подобно электрическому заряду, который, двигаясь как корпускула и как изменение электрического поля, создает другое циркуляционное магнитное поле.

Таким образом, физико-математический, философско-педагогический подход, будучи на категориальном уровне неотъемлемой стороной функционирования и развития теоретической физики, представляет многообразие сосуществующих и сменяющих друг друга специфических структур физического объекта разного масштаба, обеспечивающих в конечном счете становление единой физической теории. Вот с чем связано значение решения методологической и диалектической проблемы теоретической физики.

4.2 Дидактические проблемы преподавания теоретической физики

Теоретическая физика является одной из сложных отраслей науки. Ее сложность в том, что она характеризуется ненаблюдательными терминами и составляет основную форму существования и развития современного научного естествознания. Она многоаспектна. На наш взгляд, ее надо рассматривать исходя из средств ее выражения – определенного языка науки, методов и применяемых идей и принципов, так же в ее логической структуре, полученных путем идеализации,

систематизации знания.

В связи с этим важной дидактической задачей преподавания теоретической физики является нахождение такого исходного признака, который можно было бы положить в основу синтетического построения ее как предмета. И здесь важен метод преподавания в форме органических целостностей, или систем, который был разработан философами – метод восхождения от абстрактного к конкретному.

Применительно к анализу сущности и строения теоретической физики следует, во-первых, найти то простейшее отношение, ту простейшую и вместе с тем всеобщую абстракцию, которая может служить исходной «клеточкой» синтетического, т.е. органически-целостного построения понятия теоретической физики. Такая абстракция в силу своей всеобщности должна быть исходным признаком не только развитию формы теории, но и определением любой формы рациональности преподавания. Например, геометрические идеи в теоретической физике. Во-вторых, теоретическая физика в качестве своей основы иметь конкретную целостность. Например, в теоретической физике математику, ее соответствующие разделы. В-третьих, логическая последовательность изложения теоретической физики соответствует именно развитой современной форме теоретического знания, а не на историю открытий.

Исходя из этих требований, в качестве исходного признака, «клеточки», на наш взгляд, имеет смысл принять единство и соотношение понятий пространства, времени и материи. И вытекающие из их качеств, форм и свойств сохранения и изменения, фундаментальных законов не только физики, но других наук. Они как инвариантность выступают не только как «вещи», а отношения (законы), как переход от инвариантности вещей к инвариантности отношений, т.е. как преобразование.

Эта идея была выдвинута известным математиком XIX-го века Клейном применительно геометрии. Инвариантные свойства и отношения геометрических фигур и составной то, что в теории познания обычно называют существенными или необходимыми характеристиками объектов. Поэтому язык,

выражающий эти инвариантные свойства и отношения, являются теоретическим языком физики, ее теорией.

Благодаря геометрии, геометрических идей, можно построить фундаментальную теоретическую схему физики, которая характеризует наиболее существенные черты той предметной области, которая исследуется в теории. Она характеризует абстрактные модели исследуемых в физике взаимодействий, структурные особенности фиксируя в познании их глубинные, существенные характеристики.

В качестве одной фундаментальной схемы физики мы предлагаем следующий принцип построения теоретической физики.

В процессе подготовки будущих физиков в вузах мы зачастую не уделяем должное внимание роли математических принципов, в частности геометрических идей в физике. Однако анализ их единства и взаимодействия показывают, что последние составляют основу всех физических теорий и принципов.

В статье [119] мы показали, что рождение и уничтожение материи из вакуума всегда сопровождается рождением и уничтожением соответствующего пространства и времени, которые служат фундаментом для построения любой физической картины мира. В качестве примера мы рассмотрели один из методов квантовой теории поля, предложенный Фейнманом, так называемый геометрический подход континуального интеграла, где мы показали роль геометрических идей в этой теории.

Как показано в наших работах [104,108, 114, 116, 118], также в других [47, 107, 111, 112] исследованиях приведено множество примеров, иллюстрирующих, как и почему геометризация подыгрывает физике. При этом особое внимание нами уделено мало исследованным вопросам квантовой физики калибровочных полей и природе темной энергии и темной материи.

Эти исследования показывают, что геометрия может служить не только основой построения физической теории, но и методом познания физической картины мира и ее изложения в

процессе формирования физического образования. Необходимость такого подхода была продиктована интерпретацией физических функций во всех разделах теоретической физики, в частности таких как $r(t)$, $L(q, \dot{q}, t)$, $H(q, p, t)$, $\vec{E}(r, t)$, $\vec{H}(r, t)$, $\psi(r, t)$, $S(\psi)$ и т.д. в рамках геометрии.

В наших и других работах [1-10] доказано, что действие оператора $\frac{d^2}{dt^2}$ на $r(t)$, в рамках геометрии Евклида, формирует Ньютоновскую механику; действие $\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial}{\partial q}$ на $L(q, \dot{q}, t)$, в рамках геометрии конфигурационного пространства - лагранжеву механику; действие $\frac{d}{dp}$, $\frac{d}{dq}$, $\frac{d}{dt}$ на $H(q, p, t)$, в рамках геометрии фазового пространства, - гамильтонову механику; действие оператора ∇ на вектора электромагнитного поля $\vec{E}(r, t)$, $\vec{H}(r, t)$, в рамках геометрии Минковского - электромагнетизм и специальную теорию относительности; действие массы как источника искривления пространства, в рамках геометрии Лобачевского и Римана - общую теорию относительности; действие оператора Δ на волновую функцию $\psi(\vec{r}, t)$, в рамках геометрии Гильберта и векторов состояний - квантовую механику; действие матрицы площади, в рамках геометрии суперструн - теорию великих объединений и т.д.

Действие перечисленных операторов на параметры квантовых объектов и функций в многочастичном формате (термодинамика, статфизика), в рамках спектральной геометрии, формирует релятивистскую квантовую статистическую физику с вероятностной интерпретацией (принципами Паули, неопределенности Гейзенберга, суперпозиции и др.) и распределениями (Гиббса, Максвелла, Больцмана, Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна, Планка и др.). Здесь $\vec{r}(t)$, $L(q, \dot{q}, t)$, $H(q, p, t)$, $\vec{E}(r, t)$, $\vec{H}(r, t)$, $\psi(r, t)$ и др.

являются определенными компактными многообразиями, учитывающие особенности физического объекта как материи (вещество, поле, или как вещественно-полевые) и во взаимодействии с указанными операторами образуют геометрию физических пространств.

На наш взгляд, эта схема обладает уникальными свойствами. При определенных условиях, как расширение разделов физики могут переходить друг в друга, как частный случай всеобщего. В построении этих схем главная роль отведена смыслу пространства и времени, их геометрии, и рассмотрение последней как «клеточка», из которой выстраиваются физические теории.

Здесь может сложиться мнение, что новая формулировка разделов физики есть резкий шаг к теории операторов. Однако анализ и применение геометрических идей в теоретической физике показывают, что это не так. На самом деле это является расширением геометрии, которое приводит к расширению физики, например переход от коммутативной геометрии фазового пространства к некоммутативной, спектральной, калибровочной геометрии, позволяет переходить от классической физики к квантовой механике. Например, если от переменных (p, q) переходить к (P, Q) , следующим образом:

$$P = p - \frac{i\hbar}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial q}, \quad Q = q + \frac{i\hbar}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial p}, \quad (4.1)$$

$$P^* = p + \frac{i\hbar}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial q}, \quad Q^* = p - \frac{i\hbar}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial q} \quad (4.2)$$

то можно получить вигнеровский оператор W_+ и вигнеровский оператор плотности W_- .

А это есть расширение геометрии новым способом. Принимая во внимание вид переменных в (4.1), совершенно естественно можно рассматривать упомянутые выше формулировки квантовой механики в терминах некоммутативной геометрии, как ее расширение.

В этом расширении раскрывается роль $i = \sqrt{-1}$ - как мнимость, новый геометрический принцип. Она, расширяя

евклидовое пространство (x, y, z) , переводит его в пространство Минковского (x, y, z, ict) , псевдопространство, и выдвигает принцип постоянства скорости света в теории относительности, постоянной Планка в квантовой механике. Таким же образом она переводит коммутативность в некоммутативность, вещественность материи к полевым формам. Расширяет скобки Пуассона, переводит неэрмитовость в эрмитовость, неунитарность в унитарность, экспоненциальную функцию в волновую, симметрию в суперсимметрию. На наш взгляд, теория гравитации, и теории, описывающие расширение Вселенной не будут построены, пока они не найдут «собственное пространство», «собственную геометрию».

Все это говорит о том, что единая теория физической природы находится в стадии развития и становления. Она, нам кажется, станет действительно таковой в том случае, когда приобретет глобальную геометро-физическую интерпретацию.

Этот метод позволил выдвинуть новое направление в преподавании физики — метод математической, функциональной, динамической, целостной физики, в котором важная роль принадлежит внутренним движущим силам, геометрическим идеям, выступающим как системообразующий фактор.

Расширяя геометрию, например переходя от геометрии евклида, к геометрии конфигурационного пространства, затем к геометрии фазового пространства мы можем соответственно переходить от Ньютоновской, через Лагранжева механики к Гамильтоновой механике. Аналогично переходя от этих геометрий к геометрии Минковского переходим от классической механики к электродинамике. Подобно также переходя от геометрии Минковского (плоского пространства) к геометрии Римана и Лобачевского (искривленным пространствам) от специальной теории относительности к общей теории относительности Эйнштейна. Такой подход применим и для дальнейших, более высоких физических форм движения и материи.

4.3 Методы структурирования теоретической физики

Изложение учебного материала и сумма информации не должны быть "что? и сколько?", а "как? и зачем?", то есть рациональны. С "больше" не тождественно "лучше". В соответствии с законом возвышения потребностей будет происходить не только рост и усложнение научной информации, но и удовлетворение потребностей специалиста появление принципиально новых понятий, переход к новой структуре изложения. При этом, новая методика должна органически вписываться в содержание предмета. Вместе со сменой устаревшей структуры изложения материала, нужно перестраивать и научные основы предмета и преподавания его. Отдавая должное новой методике, нужно все же отметить, что не только методика определяет успех, а "человеческий фактор", то есть развитие самого человека, его сущностных сил, мировоззрения, мышления, то есть его образование. А образование требует отрицания старой педагогической парадигмы, кардинального пересмотра всей методологической и концептуальной основы традиционной педагогики.

Реформа обычно "буксует" потому, что в принятых, например, направлениях сохраняются ориентации на традиционную педагогическую теорию, оказавшуюся неспособной повести за собой передовой педагогический опыт, сделать его распространение повсеместным. В этом случае, передовой опыт может оказаться в оппозиции традиционной теории и методам.

Да, через устаревшую теорию невозможно определить противоречащий ей опыт как передовой, так и невозможно на понятийном уровне доказать, что новый метод и есть та перспектива, к которой нужно стремиться.

Устойчивость традиций, с одной стороны, представляет собой как индивидуальные, так и духовные богатства, а с другой, превращается в свою противоположность, когда усвоение учебной информации выступает орудием, средством познания мира и органической составной частью самой науки. И неразличение этой двойственности приводит к тому, что усваивается не сама наука и профессиональная деятельность как

ее часть, а лишь средство ее освоения. Отсюда наш формализм - в традиционном обучении он не разрешается, поскольку познающий субъект выступает как принципиальный одиночка, которому с помощью тех или иных дидактических подходов транслируется готовый и отчужденный от смыслаобразующих контекстов его настоящей и будущей деятельности учебный материал. То есть учебный материал не как динамика процесса, а как сумма застывших фактов.

Нам кажется, для того чтобы информация стала знанием, то есть осмысленным отражением окружающего мира, нужно дать ему развитую научную практику в исследовательском действии. И связь студента и преподавателя должна осуществляться не как передача "порции информации", а как создание "ситуации", как средство реализации деятельности.

Если обучение мы представим как набор технологий готового, отчужденного от динамики развития науки материала, превращенного в семиотическую, знаковую форму, и вырванного из предстоящей самостоятельной научно-основанной деятельности, то наш предмет и обучающийся субъект-студент оказываются вне процессов динамики развития. Эта мысль красной нитью проходила по всей нашей работе. Отсюда обращенность в прошлое, оторванность от сегодняшней практики и перспективы достижения сложных наук, какой является теоретическая физика, и потребности, ориентация на готовые знания и образцы, кем-то уже совершенных действий и решенных задач, рассыпанность содержания ее по всем разделам - одни из основных недостатков педагогической системы, в частности изложения теоретической физики.

Отсюда вытекает, что для того, чтобы развивалась познавательная деятельность студентов, существенно важным является отбор и создание таких логических конструкций научных знаний, которые могли быть:

- методом познавательной деятельности;
- формой мышления и творчества;
- способом, обеспечивающим переход от фиксированных форм, уровней познавательной деятельности к более динамичным и живым формам высшего порядка.

Это значит, что система научных знаний должна быть организованатак, чтобы она объединял единым логическим основанием все, позволяла студентам представить знания (предмета) объемно в целом.

Данная работа не претендует на решение всей многогранной проблемы преподавания даже теоретической физики, не говоря уже о педагогике высшей школы. В ней намечены только отдельные моменты повышения эффективности процесса обучения на основе новой методики изложения теоретической физики - метода геометрических идей. Здесь учтен эффект новизны, научности, применение исследовательского подхода и прогностической функции человеческого мозга. Знать эту функцию, постоянно учитывать ее в процессе обучения - это значит не только высвободить время, затрачиваемое на излишнюю репродуктивную, утомляющую студентов деятельность, но и освободить учебники, учебные пособия и лекции от излишней, обременяющей память информации.

В основе этого подхода лежит сотрудничество, которое стимулирует совместный поиск, успешное преодоление интеллектуальных и физических трудностей, это творческое начало в деятельности преподавателя и студента, которое способствует вскрытию внутренних резервов обучения.

Творческая познавательная деятельность есть самостоятельный поиск и создание нового в индивидуальном опыте, неизвестного для субъекта-студента научного знания или метода, но известного в науке, общественном опыте. Она немислима без активного воспроизведения ранее изученных знаний, без учета интереса к пополнению недостающих знаний из готовых источников и через них предвидение предвосхищение ее вероятных результатов. Поэтому усвоение студентами теоретического материала на творческом уровне предполагаемого прогнозирования, предвосхищение, сущность которых появление недостающих информации, их восстановление и на их основе разработка теории процесса.

Например, достоверность прогноза, то есть совпадение ожидаемого результата с действительным определяется его

оптимальным соотношением с репродукцией. В теоретической физике роль репродуктивной формации играют геометрические идеи, а наполнение их физическим содержанием является предвосхищением, прогнозированием результата. Отсюда наша работа, в некоторой степени, является ответом на вопрос, можно ли строить процесс усвоения студентами теоретического материала на основе оптимального сочетания репродуцирования, прогнозирования и предвосхищения результатов? Ответ может быть только положительным, ибо только на этой основе можно развивать творческие возможности и способности студентов. Не случайно сейчас активно пропагандируются и внедряются подобный, предложенный нами в теоретической физике, исследовательский метод, проблемное обучение.

Сущность нашего подхода в том, чтобы найти возможность усвоения теоретического материала на основе оптимального сочетания геометрических идей (репродуцирования) и физических теорий (предвосхищения результата), смысл которого сведение их к единым логическим основаниям. А это приводит к уплотнению информации, которое обладает замечательными свойствами: экономит ресурсы памяти и несет в себе необходимую прогнозируемую информацию, предвосхищающую результаты, которые позволяют безошибочно развернуть их для теории. А это открывает широкие перспективы для развития творческого мышления студентов и чем выше уровень творческого усвоения теории, тем выше результаты ее применения на практике.

Педагогический прогноз развития познавательной деятельности студентов по этому методу должен точно рассчитать ее переход от геометрических идей к физико-геометрической теории, от физико-геометрической теории к физической теории. Правда этот переход возможен тогда, когда студенты будут подготовлены к нему, вооружены соответствующим комплексом знаний, умений, навыков, в том числе репродуктивных и творческих, то есть знаний, основных положений геометрических идей и их приложения на практике. Это должно быть организовано, то есть изучено, переработано,

и все материалы сведены к единому основанию. Например, по этой методике при изучении классической механики достаточно знать одну, обобщенную геометрию фазовых пространств или в теории относительности преобразования Лоренца, или геометрии Римана и т.д. В этой абстракции отражены все основные пространственные и количественные отношения между элементами и величинами теории. И если студент увидит за ними отношения конкретные, на каждый процесс, то ему незачем обременять память хранением формулировок всех других геометрий и принципов. На каждый заданный процесс, пользуясь общей логической конструкцией, он может оперативно сформулировать любой принцип, который бы отразил увиденную конкретную связь или конкретное отношение. Таким образом, обобщенная схема геометрических идей, теорем и принципов является тем логическим отношением, на котором может воссоздаваться выводимая физическая теория. Как мы уже отметили, наши исследования показали:

1. геометрические идеи и физические теории соотносятся между собой как два самостоятельных звена единого целого, причем геометрические идеи выступают как подготовительное звено, а физические теории как основное;

2. эти два типа познания соотносятся между собой как целое с элементом в каждом звене. В первом звене в качестве целого выступают геометрические идеи, а в качестве их элемента физические теории; во-втором - наоборот;

3. они соотносятся между собой диалектически динамично.

Значит для овладения теоретическим материалом на основе оптимального сочетания геометрических идей и физической теории необходимо выполнение двух условий: 1) создание новой структуры учебного материала; 2) нахождение и применение того познавательного аппарата, с помощью которого студент смог бы работать творчески. Отсюда отбор и структурирование предмета определенным методом составляет главную задачу и, по-видимому, они должны идти в двух встречных направлениях, задаваемых внутренней логикой самой науки и логикой профессиональной деятельности. Эта проблема известна, и она

называется проблемой фундаментализации и профессионализации обучения. Они по сути противоречивые. Но деятельностный и творческий подход позволяет содержательно разрешить это противоречие.

В последнее время появилось несколько хороших работ и идей по решению этой проблемы, правда, они в основном, посвящены для средней школы, или по общей педагогике. Что касается теоретической физики, то таких работ почти нет.

Для определения структуры теоретической физики прежде выясним, что такое знание, так как без него трудно решить эту задачу. По Копнину П.В: "Знание как необходимый элемент и предпосылка практического отношения человека к миру является процессом создания идей, целеустремленно, идеально отражающих объективную реальность в формах его деятельности и существующих в виде определенной языковой системы" [120] и (там же) "Общая логическая структура науки, это:

1. основания науки или общие теоретические положения;
2. законы;
3. основные понятия;
4. теория;
5. идея".

Как видно из этого определения и классификации, знание есть отражение реального мира в сознании субъекта, его отношение к объекту, методдеятельности и определенная система языка и знаков, отражающая реальную действительность и некоторую последовательность самостоятельных категорий, дидактически определенных, которые являются элементами теории. Теория - это те блоки, из которых состоят учебные материалы.

Научное знание выполняет функции описания, объяснения, предвидения и преобразования, которые взаимосвязаны и взаимообусловлены. Например, в теоретической физике объяснение того или иного явления процесса можно дать только на основе предварительного описания, а дать описание невозможно без предварительного преобразования, так как преобразование устанавливает закономерный характер связей и

отношений, явлений и процессов.

В учебниках теоретической физики учебный материал не воспроизводит структуру науки, и это кажется естественным, так как он построен с учетом педагогических и психологических требований. Как нами неоднократно отмечалось, анализ учебников показывает, в основном что изложение учебного материала начинается с описания того или иного явления, формируются научные положения в виде понятий, в которых отражаются существенные общие и отличительные признаки явления, процесса и при этом не используется никаких доказательств, а только выделяются очевидные признаки преобразования или эксперимента, а идеи, принципы остаются вне системы.

Описание в учебниках представлено либо в форме определения, теоремы, аксиомы, рисунка, схемы, графика, диаграммы, модели и т.д., то есть на педагогическом языке - в свернутом виде, или в форме выводов формул, уравнений, расширение содержания понятия и применения примеров, фактов, иллюстраций и т.д., то есть в развернутом виде. А объяснение перемешивается с описанием, формулированием законов, принципов, отражающих те или иные закономерные связи и отношения. При этом используются различные индуктивные и дедуктивные, логические и теоретические, математические и другие доказательства. За объяснением идут предписывающие материалы, правила, рекомендации и т.д.

Теперь рассмотрим, какие имеются недостатки в структуре имеющихся учебников и почему нужно создавать новые структуры.

Мы неоднократно отмечали, что объем учебного материала теоретической физики чрезмерно велик и в нем есть много ненужных вещей, а самое главное, нет стройной системы. Из-за этого, даже самый одаренный студент не в состоянии связать весь объем теоретической физики в единое целое и подняться на уровень теоретического видения. И это понятно, ведь те идеи, которые отражают наиболее общие связи и отношения между теми или иными разделами теоретической физики, как правило, за небольшим исключением, не выделены и не высвечены, и

вообще они не определены.

Эту роль должна была сыграть теория. Но, к сожалению, и она, как самостоятельный и целостный блок знаний, в большинстве учебников теоретической физики специально не выделена, не говоря о некоторых основополагающих фундаментальных идеях. Мы считаем, что пока курс теоретической физики не будет выведен на уровень целостного восприятия и понимания, он свою созидательную роль не выполнит. Итак, совершенно очевидно, что в искомой структуре в качестве самого крупного блока (элемента) должны быть выделены определенные идеи, дидактически организованные и упрощенные с учетом ступени обучения. Для теоретической физики таким основанием, нам кажется являются геометрические идеи, обладающие мощным математическим аппаратом.

Мы, не отрицая определяющую роль теории, ее значения в познании, тем не менее во главу отбора и структурирования теоретической физики ставим геометрические идеи. Само слово "идея" - достаточно емкое и содержательное понятие. В Большом энциклопедическом словаре идея определяется в широком смысле как форма отражения в мысли объективной реальности. Постигая действительность, идея включает в себя сознание цели дальнейшего познания и практического преобразования мира. Идеи обобщают опыты предшествующего развития знания и служат в качестве принципов объяснения явлений.

Исходя из этого определения и из содержания предыдущих глав, мы приходим к выводу о том, что заключенные в предмете теоретической физики геометрические идеи представляют основу ее структурирования и позволят отобрать содержательный фундамент предмета. И мы считаем, что адекватно не может быть воссоздана теоретическая физика средствами других подходов и логическими формулировкам; выражаются эти идеи всей научно-логической структурой предмета, единством и взаимодействием всех ее содержательных и формальных компонентов. Условно выделяется, как главная мысль, идейный вывод, "жизненный

урок", единственно вытекающие из целостного постижения предмета теоретической физики. Таким образом, за исходное, или рабочее, определение геометрических идей мы можем взять следующее: геометрические идеи - это система форм отражения в мышлении физической реальности, с помощью которых выражаются исходные положения, целостно представляющие о закономерностях и существенных связях физических явлений и процессов, и предписывающие и правильно управляющие ими в процессе создания физической теории.

Геометрические идеи могут быть классифицированы как фундаментальные и прикладные, содержательные и формальные, научные и дидактические системы. Фундаментальные - это система представлений геометрических пространственно-временных многообразий и общие методы преобразования; прикладные - это частные их формы, вытекающие из фундаментальных, в зависимости от состояний, форм и характера движения объектов. Например, для классической теоретической механики фундаментальным является геометрия фазовых пространств и группа симплектических диффеоморфизмов, а частным-геометрии конфигурационного или евклидова пространств и соответствующие группы (группы диффеоморфизмов и галилея) [121]. А для более высоких форм движения физических объектов, геометрия фазового пространства сама становится частной относительно более высоких геометрий. Другие более глубокие анализы показаны в предыдущих главах данной работы. Следовательно, геометрические идеи надо рассматривать как систему форм отражения физических явлений в мысли человека объективной реальности.

Содержательную основу геометрических идей составляет совокупность основных физических свойств математических пространственно-временных многообразий и их преобразований, добытых на основе научных исследований и практической деятельности человека. Она обладает признаками полноты и определенным фактическим материалом - теоретическими, эмпирическими и экспериментальными фактами, примерами, иллюстративным материалом,

доказательствами и др.

Содержательные геометрические идеи, которые находятся в стадии разработки, гипотез, предположения обладают, кроме того, неполной, недостаточной порядочностью, и иногда их элементы хаотично разбросаны по многим разделам теоретической физики и могут не составлять единую цельную систему. Что в действительности имеет место. Например, конфигурационные и фазовые пространства и их геометрические свойства с некоторыми дополнениями, изменениями, встречаются почти во всех разделах теоретической физики, когда нам хочется получить приближенные результаты, сравнения и иллюстрации. Это может переходить в формализованные геометрические идеи. Они обладают формальной логикой, приближенным характером, большей абстракцией, "чистым видом" и другими. Границу между содержательными и формализованными геометрическими идеями можно считать условной, она зависит от характера задачи, других условий, и обе они отражают содержательную природу физического объекта.

Формализованные геометрические идеи играли, играют и будут играть большую роль в теоретической физике. Например, идея кванта Планка введена формально для объяснения природы абсолютно черного излучения, преобразования Лоренца для объяснения сокращения размера в зависимости от скорости, постоянство скорости света для получения пространства Минковского, спонтанное нарушение для объяснения фундаментальных взаимодействий и множества других явлений в микромире. Эти формальные подходы впоследствии стали содержательными, основополагающими геометрическими идеями, благодаря которым физические теории достигли сегодняшнего уровня. Но все их объединяет высшая форма геометрических идей - физическая теория, как результат, комплекс взглядов, представление, направленных на истолкование и объяснение физического явления как высшая, самая развитая форма организации научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях определенной области действительности - объекта

данной теории.

Научные и дидактические системы геометрических идей отличаются тем, что если научные соответствуют и следуют ходам исследования, открытия, применения, то дидактические представляют знания, упорядоченные и изложенные целью их усвоения в учебниках, пособиях и лекционных курсах, с учетом детерминации, логики и динамики развития физического объекта и физической теории. Они и составляют основу построения и изложения теоретической физики методом геометрических идей. Формализованные и дидактические системы геометрических идей так же ценны тем, что они удобны для запоминания и долговременного хранения в памяти основных положений теоретической физики [122].

Исходя из вышеизложенного и характеристики геометрических, физико-геометрических и физических теорий, можно предложить следующее структурирование теоретической физики:

1. геометрические идеи - исходные положения (связующий материал, содержательно-формальная система и математический аппарат);
2. основные понятия (описывающий материал);
3. основные законы и закономерности (объясняющий материал);
4. принципы, теоремы, рекомендации (предписывающий материал). Такое структурирование теоретической физики, нам кажется, полностью отвечает ее содержанию и принципу построения и изложения.

Структурирование - это такая процедура, с помощью которой составные элементы содержания учебного материала (идеи, понятия, законы, принципы, способы их передачи) выстраиваются в определенных связях и отношениях, отражающих:

1. логику процесса познания и его результаты;
2. технологию процессов распознавания явлений, их упорядочивания и систематизации;
3. выявление и объяснение сущности явлений;
4. преобразование явлений из одного состояния в другое.

Для чего оно необходимо? Ответ такой:

- Во-первых, оно нужно для систематизации и экономного усвоения учебного материала, хранения изученного и последующего, применения его для углубления и практического применения.
- Во-вторых, для уплотнения учебного материала, его свертывания и развертывания, чтобы освободить студентов от необходимости держать в памяти большой объем фактического материала, в связи с увеличением потока научной информации.
- В-третьих, для развития учебно-познавательной деятельности творческих возможностей, способностей и формирования правильной системы объемного представления знаний предмета. При этом геометрические идеи выступают как принципы целостности и структурности, ранжирования и непрерывности.

4.4 Логико-структурные схемы построения теоретической физики

В принципе, законов природы может быть столько, сколько известно физических величин. Однако из всех известных величин мы выделяем в качестве базовых такие величины как, пространство, время, масса и человек, показывая тем самым, что они как стержень пронизывающие насквозь всю систему, изменяются и в то же время, оставаясь неизменяемыми. Это и есть фундаментальный закон природы, на который опирается физическая наука.

Как известно, физика – это наука о природе, которая изучает материю, формы ее движения, а также фундаментальные взаимодействия природы, которые управляют движением материи. Изменения во времени, происходящие с различными формами материи, называются физическими явлениями. В свою очередь, понятие материи является достаточно широким, но если рассматривать его с точки зрения физики, то можно определить ее как «нечто, существующее в пространстве и во времени... связанное с любыми объектами, существующими в природе» [124]. Т.е. основной задачей

физики является описание свойств тех или иных видов материи, а также ее взаимодействия. Как известно, основными видами материи являются вещество и поле.

Определим подробнее, что при дальнейших рассуждениях в данной работе будет подразумеваться под веществом, полем, а также какими свойствами данные виды материи наделяют объекты, который будут рассматриваться.

На ранних этапах развития физики вещество и поле противопоставлялись друг другу, что можно проследить, анализируя приведенные ниже определения.

Вещество – форма материи, которая в отличие от поля обладает массой покоя, дискретной структурой и может находиться в четырех состояниях (твердое тело, жидкость, газ, плазма). Свойства вещества могут различаться в зависимости от агрегатного состояния, в котором оно находится, благодаря которым одно вещество может отделяться от других. В общем случае к свойствам вещества относятся плотность (у однородных веществ), температура плавления, температура кипения, теплоемкость, диэлектрическая проницаемость, электропроводность, концентрация, вязкость и др.

Поле – форма материи, посредством которой осуществляются взаимодействия (электромагнитное, гравитационное, сильное и слабое) между частицами вещества, обладает непрерывной структурой и характеризует все точки пространства и времени. Свойством поля можно считать обладание им таких характеристик как: плотность энергии, плотность импульса, плотность момента импульса.

Однако, после открытия в квантовой теории корпускулярно-волнового дуализма, четкие границы между веществом и полем размылись. В современном представлении подразумевается, что и вещества и поля состоят из различных частиц, обладающих двойственной природой, т.е. при определенных условиях могут проявляться свойства вещества, либо свойства поля. Выявление взаимосвязи между веществом и полем привело, в свою очередь, к углублению представлений о единстве всех форм и структуры материального мира.

Постараемся применить данные выше определения к

области теоретической физики, задачами которой являются открытие общих законов (как обобщение результатов частных опытов), прогнозирование ожидаемого поведения тех или иных физических систем, а также предсказание результатов конкретных экспериментов. Предметом теоретической физики являются математические модели, заменяющие реальные физические объекты, математический анализ которых позволяет выявить их особенности, свойства и взаимосвязь друг с другом.

Если рассматривать разделы теоретической физики в контексте с определениями о веществе и поле, то можно представить их в виде следующей систематизации [125]:

1. Областью исследований классической механики являются объекты, которые обладают свойствами вещества, так как она изучает законы движения (т.е. изменение положения тел относительно друг друга в пространстве с течением времени) и равновесия макроскопических материальных тел.

2. Областью исследований электродинамики являются объекты, которые обладают свойствами поля, так как она изучает электромагнитное поле и его взаимодействие с телами, имеющими электрический заряд, посредством электромагнитного взаимодействия.

3. Областью исследования квантовой механики являются объекты, которые обладают свойствами, как вещества, так и поля. Это следует из того, что физической основой квантовой механики является корпускулярно-волновой дуализм, согласно которому не только любой волне с частотой ω и волновым вектором \vec{k} отвечает частица с энергией \mathcal{E} и импульсом \vec{p} , но и наоборот, с любой частицей, обладающей энергией и импульсом, связана волна, частота и волновой вектор определяются известными соотношениями.

4. Областью исследований термодинамики и статистической физики является совокупность объектов, обладающая свойствами вещества и поля, так как она изучает законы поведения коллективных систем, которые основываются на статистических закономерностях. Предсказания статистической физики и термодинамики носят вероятностный характер. В этом проявляется специфика статистических

закономерностей, присущих именно макроскопическим телам. Вероятностный характер предсказаний позволяет сблизить классическое рассмотрение с квантовым, в котором вероятность лежит в природе вещей.

Анализ вышесказанного позволяет визуально представить взаимосвязь разделов теоретической физики и форм материи, которые они описывают в виде следующей схемы на рисунке 4.3:



Рис. 4.3. Схема взаимосвязи разделов теоретической физики и форм материи, которые описываются ими

Приведенная схема дает целостную картину о предмете изучения как теоретической физики, в целом, так и ее частных разделах с точки зрения форм материи. Данную схему можно применять в начале изучения курса теоретической физики, чтобы студенты, изучающие теоретическую физику, видели логику ее развития.

Также можно проследить развитие теоретической физики в контексте с понятием материи в историческом плане. Это позволит студентам понять, как шло развитие научного

мировоззрения на протяжении нескольких веков и четко идентифицировать при анализе ситуаций и решении поставленных проблем, какая область теоретической физики позволит лучше описать интересующие формы материи. Если это медленнодвигающаяся материя (со скоростью намного меньше скорости света), обладающая свойствами вещества – то для описания используются законы классической механики. Если рассматривается быстродвигающаяся материя, обладающая свойствами поля – то для описания используется электродинамика. Если описывается быстродвигающаяся материя в микромире, то она обладает как свойствами вещества, так и свойствами поля и описывается квантовой механикой. Если же рассматривается не одиночный физический объект, а их совокупность, то для описания используются вероятностные законы статистической физики.

Кроме того, ранее нами было показано, что в развитии физических теорий выделяются такие философские логики, как пространство, движение и материя, из которых вытекают фундаментальные идеи, позволяющие построить теоретическую физику [126].

Для выделения фундаментальных идей необходимо раскрыть представление о логиках. Мы выделяем четыре логики: пространство, движение, материя и человек.

Пространство. Необходимость введения данной логики при рассмотрении физики объясняется тем, изменчивость (размеры, положение) окружающих человека объектов должна быть привязана к некоторым постоянным составляющим. Пространство – это математический мир, в котором удобно описывать положение и состояние физических объектов. Логика пространства связана с геометрическими представлениями и основана на присвоении объекту координат, с помощью которых описывается положение тела в том или ином пространстве относительно других тел.

Движение. Введение данной логики становится необходимым, когда начинается процесс изменения, связанного с протеканием того или иного события описываемого объекта. Для того чтобы данное изменение можно было проследить,

необходимо ввести понятие его длительности, т.е. протяженности события во времени. Очевидно, что рассмотрение «застывшего», стационарного объекта (т.е. объекта, который описывается только в терминах логики пространства) в замкнутом мире не может полностью его охарактеризовать.

Материя. Данная логика вводится тогда, когда необходимо рассматривать свойства объекта, а также процесс его взаимодействия с другими объектами. Если при описании объекта используются только первые две логики, то оно будет абстрактным, т.е. математическим. Добавление логики о материальности объекта сразу делает описание физическим, реальным, позволяющим опираться на экспериментальные факты. Для характеристики материальности объекта его наделяют энергией или массой (которые по определению Эйнштейна эквивалентны). Тогда можно сказать, что материя – это сгусток энергии в пространственно-временном изменении.

Человек. Обозначение данной логики обусловлено тем, что она венец всего сущего. Человек является творцом всего происходящего в окружающей действительности. Физика, в том числе, построена человеком, т.е. его творчеством. Введение человека как логики является отдельной проблемой, которая имеет методологический и мировоззренческий характер. Она относится к сфере философии образования.

Теперь, на основе анализа понятий о логиках, проанализируем возможные варианты их сопоставления:

1 - пространство, время и масса – абсолютны (идеи заложены Ньютоном и развиты Лагранжем и Гамильтоном). Механика Ньютона рассматривает свободное движение тел в Евклидовом пространстве, где отсутствует вариация пространства и времени. Механика Лагранжа рассматривает ограниченное движение в конфигурационном пространстве, где пространство варьирует, а время не варьирует. Механика Гамильтона рассматривает механическое движение тел в фазовом пространстве, где варьируют как пространство, так и время. В каждой из механик применяются законы соответствующих геометрий (пространственных многообразий),

связь между которыми изображена на рисунке 4.4.

2 - пространство, время и масса – относительны, т.е. они зависят от скорости тел; скорость света величина постоянная, и она не зависит ни от скорости наблюдателя, ни от скорости источника. Эйнштейн расширил известный принцип Галилея, используемый в классической механике. В зависимости от соотношения скорости тел и скорости света физика делится на нерелятивистскую (скорость движения тела намного меньше скорости света, материя обладает больше свойствами вещества) и релятивистскую (скорость движения тела сравнима со скоростью света, материя обладает свойствами поля). Геометрическая интерпретация релятивистской физики была дана Минковским, который в качестве четвертой координаты ввел время (плоское псевдоевклидово пространство) и развита Риманом и Лобачевским (искривленное четырехмерное пространство, т.е. выпуклое сферическое пространство и вогнутое гиперболическое пространство, соответственно).



Рис..4.4. Схема взаимосвязи пространственных многообразий и различных видов механик, которые используются при описании классической механики.

Данное направление было названо теорией относительности, которая в зависимости от пространства, в котором она рассматривается, делится специальную теорию относительности (СТО) и общую теорию относительности (ОТО). Если развитие событий (движение) лучше происходит в плоском четырехмерном пространстве Минковского, то такая теория называется СТО. Если движение происходит в искривленном четырехмерном пространстве Римана и Лобачевского, то теория называется ОТО. Связь между различными теориями релятивистской физики и пространственными многообразиями, используемыми для ее описания, представлена на рисунке 4.5.



Рис.4.5. Схема взаимосвязи пространственных многообразий и теорий относительности, которые используются при описании релятивистской физики.

З – пространство, время и масса – квантуются, т.е. электромагнитные волны (фотоны) ведут себя и как частица, квант, а элементарные частицы (электрон, протон, нейтрон, атом, молекулы и т.д.) ведут себя не только как частицы, а также как волна. Первоначально идеи были выдвинуты Планком (квантованность фотона) и де Бройлем (наличие волновых свойств у элементарных частиц) и в дальнейшем развиты Шредингером, Гейзенбергом, Дираком, Паули, Клейном-

Гордоном и другими.

На рисунке 4.6 представлена схематичная взаимосвязь пространственных многообразий и видов механик, которые используются при рассмотрении квантовой механики, которая была построена на основе идей о квантованности фотона. Корпускулярно-волновой принцип, смысл которого состоит в замене обычных физических величин классической физики операторами, а волновые свойства материи – волновой функцией, где операторы действуют на волновую функцию, изменяя ее, позволил охватить и волновые и вещественные аспекты материального мира. Механика Шредингера охватывала волновые аспекты, а механика Гейзенберга – матричные аспекты нерелятивистской квантовой механики. Расширением механики Шредингера в релятивистской квантовой механике являются уравнение Клейна-Гордона и уравнение (механика) Дирака.

Если рассматривать с точки зрения геометрии, то нерелятивистская квантовая механика рассматривается в гильбертовом пространстве, а релятивистская квантовая механика – в пространстве векторов состояний. Причем необходимо отметить, что гильбертово пространство – это, математическое понятие, которое обобщает понятие евклидова пространства на бесконечномерный случай.

Отдельно необходимо рассмотреть случай системы, содержащей большое количество частиц и, следовательно, с произвольным (бесконечным) числом степеней свободы, для описания которой необходимо использовать вероятностный подход. Этот случай рассматривается в статистической физике и термодинамике и позволяет описать усредненную эволюцию системы в целом и предсказать ее поведение. Отличительной особенностью раздела является то, что изучаемые системы могут быть как классическими, так и квантовыми. Таким образом, вероятностный характер протекающих явлений и процессов позволяет сблизить классическое и квантовое рассмотрение, т.е. можно утверждать, что классическая статистическая физика по своему аппарату эквивалентна квантовой теории.

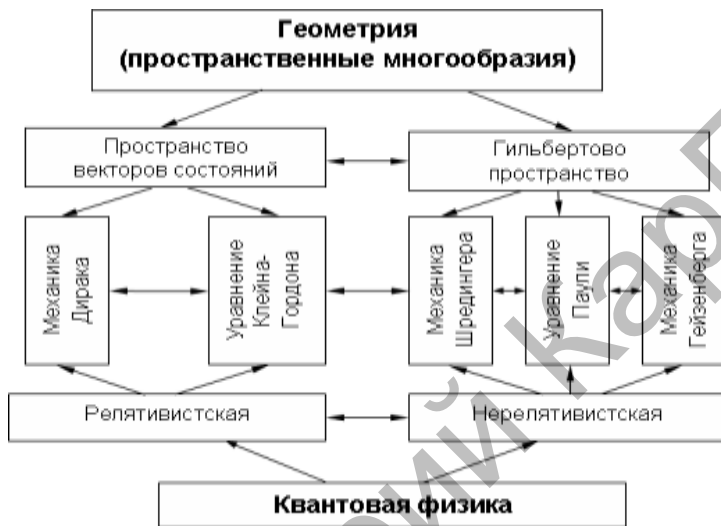


Рис.4.6. Схема взаимосвязи пространственных многообразий и теорий относительности, которые используются при описании квантовой физики.

Статистическая физика фактически делится на статистическую механику (раздел, изучающий поведение систем с произвольным конечным числом частиц, которую впервые ввел М. Борн в 1955 г.) и статистическую теорию поля (раздел, изучающий пространственные случайные системы с взаимодействием, объектом которого являются поля или системы с бесконечным числом степеней свободы). В свою очередь, статистическая механика подразделяется на равновесную и неравновесную, которые изучают, соответственно, свойства систем находящихся в состоянии термодинамического равновесия и способы перехода систем в локальное равновесие. Последовательное построение равновесной статистической механики было реализовано Дж. В. Гиббсом в 1902 году, а последовательное построение

неравновесной статистической механики было выполнено Н.Н. Боголюбовым в 1946 году. Основными уравнениями статистической механики являются уравнения Лиувилля и цепочка уравнений Боголюбова. Отдельным разделом статистической механики выделяется квантовая статистика, в которой n -частичные квантовые системы описываются методом статистических операторов комплексов частиц. Число частиц может быть произвольным натуральным (конечным) числом или бесконечностью. В узком смысле под квантовой статистикой имеют в виду статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Можно считать, что уравнение Лиувилля, описывающее эволюцию во времени функции распределения гамильтоновой системы в фазовом пространстве является частным случаем цепочки уравнений Боголюбова (или иначе, цепочка БГКИ - цепочка уравнений Боголюбова-Борна-Грина-Кирквуда-Ивона), описывающей эволюцию системы, состоящей из большого числа тождественных взаимодействующих частиц, с функцией распределения, удовлетворяющей уравнению Лиувилля, которые заключены в некотором объеме V с учетом потенциалов парного взаимодействия и взаимодействия с внешним полем. Цепочку уравнения БГКИ можно получить последовательным интегрированием уравнения Лиувилля по части переменных.

С геометрической точки зрения, статистическая механика и термодинамика (как равновесная, так и неравновесная) рассматриваются в фазовом пространстве. Квантовая статистика и термодинамика рассматриваются в спектральном пространстве, которое представляет собой искривленное фазовое пространство (геометрия гильбертова пространства, построенная с использованием оператора Лапласа-Бельтрами). А теория поля рассматривается в псевдоевклидовом пространстве (если говорить строже, то квантовая теория поля описывается в гильбертовом пространстве, которое является обобщением евклидова пространства на случай бесконечной размерности, а для статистической теории поля можно, выполняя поворот Вика, перейти от пространства Минковского к псевдоевклидову пространству, которое в свою очередь

является расширением евклидова пространства). Данное описание в виде схемы представлено на рисунке 4.7.



Рис. 4.7. Схема взаимосвязи пространственных многообразий и разделов термодинамики и статистической физики.

Таким образом, анализируя все вышеприведенные схемы построения теоретической физики, основанные на различных вариантах сопоставления понятий о пространстве, времени и массе, вытекающих из соответствующих философских логик, можно предположить, что существует глубокая взаимосвязь между представлениями о формах материи и пространственных многообразиях, в которых описывается тот или иной вид материи. Как следствие, из этой взаимосвязи вытекает идея структурирования теоретической физики. Приведенный подход в виде логико-структурных схем дает возможность систематизировать сложные и глубокие разделы теоретической физики и найти в них общее связующее звено, опираясь на

которое можно попытаться объединить всю теоретическую физику.

Репозиторий КарГУ

5. Роль геометрических идей в активизации познавательной деятельности студентов

5.1 Философские и психолого-педагогические аспекты преподавания теоретической физики

Развитие фундаментальных основ многих наук, в частности физики (применение компьютерной технологии, нанотехнологии, теории черных дыр, обнаружение темной энергии, темной материи, применение калибровочных теорий в великом объединении и др.) и инновационно-индустриальное изменение мировой экономики поставили перед отечественным высшим образованием новые задачи и иного подхода к определению его содержания. Это обусловлено еще с выдвиганием, новой концепции высшего образования, в основе которой лежит идея раскрытия сущности наук и на его основе освоение предмета, науки и повышение качества подготовки специалистов. А это требует принципиальное изменение педагогических и методологических подходов к процессу обучения. Как показывает опыт знание может быть продуктивным при включении в процесс его усвоения механизмов, раскрывающих его смысл для личности и формирующих мотивации студентов к ним. Только на этой основе возможно гармоническое развитие личности будущих специалистов на современном уровне.

Как ориентир в реализации этих задач в Стратегии «Казахстан 2050» отмечено, что: «Нам предстоит произвести модернизацию методик преподавания и активно развивать онлайн-системы образования, создавая региональные школьные центры. Мы должны интенсивно внедрять инновационные методы, решения и инструменты в отечественную систему образования. Необходимо избавиться от устаревших, либо невостребованных научных и образовательных дисциплин, изменить направленность и акценты учебных планов среднего и высшего образования, включив туда программы по обучению практическим навыкам и получению практической квалификации» [126, С. 8-9].

Следовательно, данный вопрос на сегодняшний день является самой актуальной педагогической проблемой вузов. Она обусловлена еще тем, что по кредитной технологии идет тенденция сокращения аудиторных, увеличение самостоятельных работ студентов. Это по существу очень хорошая идея, если к такой форме обучения студенты были бы подготовлены из школы. Проверка знаний не проводилась бы через губительное тестирование. И эта технология была бы обеспечена обоснованной методикой.

Практика показывает, что отсутствие обоснованной методики выбора содержания предмета по определенной логике, реальное уменьшение количества часов на освоение фундаментальных курсов, слабая эффективность механизмов повышения учебной и профессиональной мотивации студентов привели к слабому качественному росту результатов педагогического образования. Более того, фундаментальная подготовка специалистов в основном, осуществляется в отрыве от ориентиров профессионального стандарта педагогической деятельности и потребности экономики и, как следствие, отсутствуют достаточные методологические основания для отбора содержания, методов, форм и средств профессионально-предметной подготовки будущего специалиста, в частности учителя. Данная проблема решается как бы различными способами: увеличением числа курсов, включением спецкурсов, факультативов, ранних педагогических практик, применением компьютерных и других форм обучения, при этом забывая о том, что никакая техника не заменит живое общение преподавателя и студента. Эти меры пока не дают желательных результатов. При этом мы забываем, что главной же задачей обучения и воспитания студентов является научить их мыслить, а компьютер мыслить не может. Все это ставит перед вузами новые задачи в преподавании предмета, в частности физики, теоретической физик.

На наш взгляд, одним из путей решения этих проблем в подготовке будущих высоко квалифицированных физиков может стать особый подход к изложению самого предмета, т.е. раскрытию его логики построения, структуры, смысла и

содержания и на их основе разработка новых методов преподавания физики. А оно должна начинаться с выдвижения фундаментальных идей, вытекающих из самой науки и из ее логики в построении и изложении предмета, с применения метода критического мышления преподавателя в вузе. Это должно происходить в контексте отбора содержания учебного материала, выбора форм и методов организации учебно-познавательной деятельности студентов. А это представляет единство двух подходов, взаимодополняющих друг друга – философских и психолого-педагогических принципов к преподаванию предмета.

Что касается применения фундаментальных идей, в частности геометрических в построении и изложении теоретической физики, как логика и принцип рассмотрено во многих статьях, монографиях у нас и зарубежом. Оно широко обсуждается в наших и российских изданиях. И мы для знания их сути рекомендуем ознакомиться со статьями [128-130].

По их отзывам можно заключить, что применение геометрических идей как метода построения и изложения теоретической физики в научном, содержательном процессуальном аспектах имеет огромное преимущество перед традиционным методом преподавания теоретической физики. Во-первых, метод придает стройности, последовательности, логичности, принципиальности, системности изложения разделов теоретической физики; во-вторых, помогает отбору содержания учебного материала, отбрасывать, избавляться от устаревших тем, законов, уравнений др.; в-третьих, приводит к рациональному выбору форм, способов организации учебно-познавательной деятельности студентов; в-четвертых, раскрывает сущность физических явлений, законов, принципов, тем самым развивая профессиональные мотивации студентов и т.д. Главное достоинство данного метода в том, что он значительно сокращает путь достижения к истине, не говоря о других преимуществах. И подкреплен философскими и психолого-педагогическими законами преподавания физики. Он может стать мощной методологией построения и обучения физике.

Теперь более подробно остановимся на методе критического мышления. «Мыслить критически» - это значит уметь анализировать информацию с позиций логики, принципов, идей и применять их, уметь выносить обоснованные суждения, решения и применять полученные результаты, как к стандартным, так и нестандартным ситуациям, вопросам и проблемам, - пишет Е.В. Волков [131].

Раскрывая смысл критического мышления, профессор Д.У. Кусаинов, пишет - «Критическое мышление означает не негативность суждений и критику, а разумное рассмотрение разнообразия подходов, с тем, чтобы выносить обоснованные суждения и решения. Данная категория «критическое» в этом контексте означает «аналитическое и синтетическое». Само критическое мышление - это своего рода направленное мышление, поскольку оно нацелено на получение желаемого результата, которое дает нам истинное знание о реалиях» [132].

И это означает, что в построении и изучении предмета, конкретных тем преподаватели вуза обычно подвергают каждое новое явление критическому анализу. И благодаря критическому мышлению традиционный процесс познания обретает систематичность, становится непрерывным, осмысленным, продуктивным и результативным. Следовательно, критический стиль мышления требует обращения особого внимания к себе, поскольку представленный учебный материал учебниками, пособиями при критическом мышлении подвергается к существенной переработке, принимая новое содержание.

На наш взгляд для правильного отбора содержания учебного материала, выбора методов и форм учебно-познавательной деятельности студентов необходимо не только формировать у преподавателя вуза критическое мышление к переработанному материалу, также и разработать методы реализации критического стиля мышления. Построения и технологии его развития. И здесь наступает самый сложный, но в тоже время очень интересный момент данного философского и психолого-педагогического аспекта преподавания физики, в частности теоретической физики. Преподаватель приступает к

реализации метода критического мышления применением логики, принципов и идей к предмету, которая должна привести к формированию правильной научной картины мира. В частности физической картины мира, которая составит основу формирования мировоззрения специалиста. Критическое мышление не только социальное, индивидуальное, самостоятельное, но также и естественнонаучное, экономическое направление теории познания. А основу экономики и построения картины мира составляет совокупность многих наук.

«Мотивация и потребность в знании - основан на том, что отправным пунктом мыслительной деятельности вообще, и проявление критичности ума в особенности является рефлексия, которая возможна при условии, если человек мотивирован на то, чтобы узнать, понять, осмыслить, установить истину или получить положительный результат; научности, достоверности и доступности информации - способности и умения определить ценность информации, необходимой для формирования критического мышления» - пишет Р. Бустром [133].

Аналогично как в исследованиях [134-136] по формированиям критического мышления можно выделить четыре этапа реализации критического стиля мышления преподавателя и студента вуза. Здесь мы включаем и студентов как участников реализации в этой мыслительной деятельности в учебном процессе. Рассмотрим эти этапы. Их четыре.

1) Логика построения теорий; 2) вытекающие из этих логик принципы построения разделов науки, в частности теоретической физики; 3) применение геометрических идей для построения научной картины мира, в частности физической картины мира; 4) обобщение результатов полученных от анализа и синтеза экспериментальных фактов и теоретических исследований.

Первый этап реализации методов критического мышления – это логика построения теорий. Он предполагает, что физика, в частности теоретическая физика, построена на основе трех философских логик: 1) Логика - пространства - это математическая модель, воображаемое представление, знак,

обозначение, эталон, образец, мера, некоторая функция действия, система отсчета и т.д. Она хотя метафизична, фиксирована, неизменна, как вместилище и т.д., но эта логика, остается началом всех начал. Она правда, не может раскрывать всю сущность физических явлений. Нужна следующая логика, - диалектическая. 2) Это логика - логика движения, которая утверждает, что все изменяется, движется, развивается. Следовательно, логику пространства надо привести в движение. Если логику пространства обозначить через \vec{r} , то логика движения - это изменение положения, состояния по времени, т.е. включение t , как особая форма существования физического мира. Но и они не могут раскрыть всю сущность физических явлений и построить физическую картину мира. Для построения физической картины мира нужна третья логика. 3) Логика - материя, материальность мира, материалистическая логика. Материалистическая логика отвечает вопросу где, когда, что движется, почему движется в пространстве-времени, какова связь между ними. Это логика факт существования материального мира, обладающая единым свойством вещества и поля (электромагнитное, сильное, слабое и гравитационное).

Эти три логики в единстве раскрывают сущность физических явлений, демонстрируя их динамичность и статичность. Позволяют построить физические теории как начало создания физической картины мира. Пространство и время – это форма существования материи, а материя форма проявления существующих пространств и времени. И где материя, там пространство и время. Где нет материи там нет пространство и время. И наоборот.

Преподаватель, раскрыв сущность этих трех логик, студенты, освоив, их роль в познании окружающей действительности могут переходить ко второму этапу реализации метода критического мышления. Кто думает, что зачем нужно критическое мышление в преподавании предмета, тот грубо ошибается. Оно основа методики, методологии преподавания, обучения. Оно основа философии, педагогики, психологии, теории познания науки, природы, окружающей действительности. Без мышления нет познания. Оно сокращает

путь к познанию истины, раскрывая сущность физических явлений. Здесь необходимо показать, что время обладает однородностью, но не изотропно, пространство – однородно и изотропно, из которых вытекают три фундаментальные законы физики. Соответственно законы сохранения энергии, импульса и момента импульса.

Второй этап реализации методов критического мышления – это вытекающие из диалектических логик - три фундаментальные принципы физики: 1) абсолютность пространства, времени и массы; 2) их относительность; 3) их квантованность. Принцип квантованности является основным свойством физической природы (\vec{r}, t, m) . Это - единство свойства вещественности и полей $(\varepsilon = \hbar\omega, \varepsilon = mc^2, \vec{p} = \hbar\vec{k})$. Абсолютность и относительность (\vec{r}, t, m) являются частным случаем квантованности мира.

Например, если преобладают свойства вещественности материи, и макроскопичность пространство-времени, то для построения физических теорий применяется принцип абсолютности (\vec{r}, t, m) , а если преобладают полевые свойства материи и микроскопичность пространство-времени, то применяется принцип относительности, постоянство скорости света, релятивичность и нерелятивичность движения материи. Принцип абсолютности (\vec{r}, t, m) представляет основу построения классической механики (механики Ньютона, Лагранжа, Гамильтона), а принцип относительности Эйнштейна - электродинамики, теории относительности (механика Эйнштейна). Принцип их единства на совершенно новом представлении составляет основу построения квантовой механики (Шредингера, Гейзенберга, Дирака), которая при определенных условиях может переходить к классической механике или электродинамике (теории относительности релятивической, нерелятивической квантовой теории и т.д.), к динамической или статистической (вероятностной) физике (статистической физике, термодинамике и другим разделам физики), в зависимости от фундаментальных свойств пространства, времени и материи в определенном процессе. Например, однородность и изотропность пространства,

однородность и не изотропность времени и единство корпускулярных и волновых свойств материи.

Из этих трех фундаментальных принципов вытекают несколько дополнительных принципов: принцип Паули, суперпозиции, неопределенности Гейзенберга и т.д. Их применение вплотную приводит к переходу третьему этапу реализации методов критического мышления в теоретической физике и построению физической картины мира (ФКМ), методам геометрических идей.

Третий этап реализация метода критического мышления. Роль геометрических идей в построении физической картины мира. Математика, в том числе геометрия не только первая логика по созданию физической картины мира, главным образом являются языком и письменами физики, т.е. аппаратом построения физических теорий. «Философия природы, которая написана в величайшей книге всегда открыта перед нашими глазами, - я разумею Вселенную, но понять ее сможет лишь тот, кто сначала выучит язык и постигнет письмена, которыми она написана. А написана эта книга на языке математики, и письмена ее - ... геометрические фигуры, без коих нельзя понять по-человечески ее слова: без них – тщетное кружение в темном лабиринте», - писал Галилей. Знаки математики, геометрические фигуры удивительное творение человечества. Именно они сокращают путь к постижению истины и экономит во всем.

Например, Ньютон и Лейбниц вводя знаки и правила применения дифференциала и интеграла в физику открыли нам удивительный мир языка математики и письма геометрии в науке. Благодаря их, мы познали микромир, компьютерную технологию, космическую даль, нанотехнологию и природу черных дыр. И сколько открытий ждет нас впереди никому пока не известно. Но они придут новыми идеями. Лейбниц писал, что «Если обозначения удобны для открытий, то поразительно сокращается путь к истине». А «одной из основных задач теоретического исследования в любой области знания является установление такой точки зрения, с которой объект исследования проявляется с наибольшей простотой» - писал Гиббс. И продолжая эту мысль Эйнштейн писал, что

«Теория производит тем большее впечатление, чем проще ее предпосылки, чем разнообразнее предметы, которые она связывает, и чем шире область ее применения ...».

Например, применение фазового пространства, его геометрии в физике стало вершиной классической Гамильтоновской механики, а механики Лагранжа и Ньютона, и геометрии конфигурационного и Евклидова пространств частными случаями более общего фазового пространства. Аналогично и другие разделы теоретической физики, по принципу от общего к частному, и может иметь место обратное, что мы делаем сегодня в физике, от частного к всеобщему.

Все это доказывает, что существует глубокая, неразрывная связь между двумя способами описания реального мира – физическим и математическим. «Физическое знание как источник плодотворных математических идей» (И.М. Гельфанд) и «о непостижимой эффективности математики в физических науках» (Ю. Вигнер), мы знаем хорошо.

«Все развития теоретической физики убедительно показало, что только последовательная геометризация делает обозримым все многообразие наблюдаемых явлений. Достижения Ньютона и Гамильтона, Маквелла и Гиббса, Эйнштейна и Дирака, Фейнмана и Янга доставляют многочисленные и хорошо известные примеры плодотворности геометрических концепций в физике. Сегодня, однако мы стали свидетелями обратного процесса ...Физики оказались способными предсказывать глубокие математические факты в топологии и алгебре, в теории чисел и алгебраической геометрии» - пишет крупнейший Российский математик В.И. Арнольд [137].

И продолжая мысль в книге [138] он пишет, что «... Симплектическая геометрия упрощает и делает обозримым устрашающий формальный аппарат гамильтоновской динамики ...».

Эти связи позволили предложить новые геометрии, такие как контактная, спектральная, информационная, дифференциальная, мнимая, и т.д.

Основная мысль, которую мы проводим в данной статье,

состоит в том, что для успешного построения и изложения разделов физики необходим адекватный математический язык, и этот язык оказывается геометрическим. И это позволяет сделать изложение физической теории не зависящим от конкретного выбора независимых переменных. Геометрический подход открывает путь к единообразному изложению не только феноменологической, но и квантовой, конкретной, статистической физической теории.

«Всегда приятно посмотреть на уже известные вещи с неожиданной стороны» - пишет Фейнман. Стоит добавить, что двойне приятно существенно сократить при этом путь к получению результатов, а заодно почувствовать под ногами твердую математическую почву.

Главное достоинство применения геометрических идей – это построение, создание физической картины мира. Это механическая, электромагнитная, квантовая (вероятностная, статистическая) и современная картина мира. Они подкупают всех поразительной простотой, строгостью, последовательностью, системностью, наглядностью и фундаментальностью, надежным математическим обоснованием.

Механическая картина мира – это вещественность, макроскопичность, медленность движения материи, абсолютность \vec{r}, t, m в фазовом пространстве, с частными случаями применения. Электромагнитная картина мира – это полевое, микроскопическое свойство материи, относительность \vec{r}, t, m в пространствах Минковского (СТО) и Лобачевского, Римана (ОТО). Квантовая, вероятная, статистическая картина мира – это единое, вещественно-полевое, дискретное свойство материи в гильбертовом пространстве и т.д. Геометрический подход поразительно сокращает материал физики, отбрасывая устаревшие, не существенные и невостребованные темы, законы, уравнения и др.

4. *Четвертый этап реализации критического стиля мышления.* Обобщение полученных результатов и доказательство достоверности, и их строгости и наглядности. «Тяжкий жребий – писать в наши дни математические книги ... Если не

соблюдать надлежащей строгости в формулировках теорий, пояснениях, доказательствах и следствиях, то книгу нельзя считать математической. Если неукоснительно соблюдать все требования строгости, то чтение книги становится затруднительным» - писал Кеплер.

«... для Гауссовской строгости у нас нет времени» (Якоби), «... результат должен быть не строгим, а верным» (Колмогоров) и «будет большой ошибкой думать, что строгость в доказательстве есть враг простоты; ... иногда строгое наиболее доступно» (Гильберт): - писали выдающиеся математики. В этом споре геометрия всегда побеждает, доказывая, что строгость и наглядность единое свойство содержательности теории. Они должны присутствовать в любых доказательствах, теориях, идеях. В этом отношении геометрия является образцом строгости и наглядности науки. И применение геометрических идей в критическом мышлении становится необходимым условием построения, изложения и преподавания физики, обобщением теоретического восприятия проблемы. Это следует понимать как обладание и преподавателями, и студентами обобщенной структуры критического мышления, критического осмысления, а процедуры реализации как результат в этом этапе. А результаты полученные в предыдущих этапах конкретизируются, системно-моделируются как физические картины мира и как формирование критического стиля мышления и у преподавателя, и у студентов.

Резюмируя все это можно сказать, что для применения метода критического мышления в построении, изложении и преподавании теоретической физики необходимо во-первых, выдвижение логик, принципов и фундаментальных идей вытекающих из самой природы предмета, науки, подтвержденные практикой, теоретическим обоснованием; во-вторых, эти идеи должны отвечать научной строгости и методической наглядности, практической обоснованности и фактической верности; в-третьих, в результате применения этих идей, предмет принимал форму системности, последовательности, структурности и простоты для восприятия, раскрывая сущность и смысл явлений; в-четвертых,

способствовали мотивации преподавателя и студента к самостоятельной работе. Главное эти идеи приводили к критическому стилю мышления и преподавателя, и студентов, т.е. овладению новым видом деятельности.

Многолетний опыт показывает, что применение метода преподавания предмета критическим стилем мышления позволяет сократить путь к достижению цели до двух раз за счет современного применения математического языка и геометрических письмен, с использованием диалектической логики и принципов, идей и наглядности.

Данный процесс реализации критического мышления у преподавателя и у студентов вуза должен являться неотъемлемой составной частью их непрерывного образования.

Такой подход изложения позволяет выдвинуть новое направление в преподавании физики – метод критического стиля мышления, математическим подходом к построению и изложению физики, в котором важная роль принадлежат внутренним движущим силам, геометрическим идеям, выступающим как системообразующий фактор.

5.2 Геометрические идеи как метод активизации познавательной деятельности студентов

Подготовка студентов, отвечающих высоким требованиям науки, техники, производства, интересам социального и культурного прогресса является важнейшей задачей высшей школы. Она призвана готовить специалистов высокой квалификации, владеющих диалектической логикой, имеющих глубокие знания и практические навыки в специальных областях, развивать у студентов творческое мышление и стремление к научному исследованию. Кроме того, сегодня происходят крупные изменения в общественном укладе общества, в его структурах рожденные его потребностями. И этот процесс сопровождается перестройкой и в области образования. И все это выдвигает перед, без того неисчерпаемой и сложной, педагогической наукой новые проблемы и охватит все аспекты этих проблем не возможно. Мы хотим остановиться только на одной из этих проблем, активизации познавательной

деятельности студентов методом геометрических идей. Это обусловлено тем, что любые богатства, накопленные человечеством и, представленные системой научных концепций, понятий, законов, студенты могут усвоить лишь с помощью собственной особо активной деятельности и предложенный нами метод отвечает всем требованиям этой проблемы

Опыт показывает, что для успешного усвоения знаний пригодна любая форма активности обучающихся, а активность строго определенная, снабженная определенной методикой, конкретно направленная вытекающая из творческой потребности обучающихся.

В теоретической физике к таким условиям, создающим почву для такой активности студентов относится направленность ее на раскрытие тех сторон предмета, которые составляют его специфику, то есть применение геометрических идей в построении физических теорий.

Оно выступает как явление, исходное и связующее звено, раскроем смысл. Анализ развития любой науки показывает, как определить то простейшее звено, из которого складывается верное многообразие явлений, изучаемых данной наукой и которое само несет себе всю специфику данного явления. Например, клетка - в биологии, элемент - в химии, число - в математике, формы - в физике и т.д. - вот те исходные звенья, выявление и изучение которых, собственно, и обеспечило переход от эмпирического наблюдения над деятельностью к точному и строго научному исследованию ее. Они являются внутренними движущими силами. Потом рост информации, развитие наук привело к глубокому изменению характера самого научного знания. И все это требует изменить и характер обучения. Оно должно не завершаться идеей теорией и их анализом, а начинаться них. С самого начала идеи и теории должны стать путеводной нитью, направляющей мысль студента через массы фактов и наблюдений к истине, стать его методом для познания действительности. Здесь речь идет не о том, что сразу дать, например, научную теорию в той сложной и абстрактной форме, в какой она представлена в науке. Речь идет о построении наглядных моделей, систем предметных действий, которые в

зримой, чувственной, предельно доступной обучающимся форме раскрывают сущность теоретического положения. Вот такой подход позволяет максимально активизировать познавательную деятельность студентов.

В связи с этим, не останавливаясь на серьезные достижения современных психологов в теории поэтапного формирования умственных действий и других подходов в области общей дидактики, мы хотим показать, как использовались в процессе обучения основные идеи, вытекающие из самих основ построения физических теорий, то есть фундаментальных идей применяемых в теоретической физике, и их Роли и активизации познавательной деятельности студентов. Также хотим показать, как учитывались особенности обучения студентов в современном этапе, своеобразии цели, задач, содержания, условия подготовки специалистов. В последнем имеется ввиду своеобразии принципов обучения в вузе, которые отличаются от школьной дидактики принципами профессиональной направленности, динамичности содержания, форм и методов, единства учебной и научной деятельности опробованности обучения студентов.

В практике обучения по вопросу о способах развития активности студентов встречаются различные подходы. Среди них наиболее эффективным в организации мыслительной, поисковой деятельности студентов являются методы создания проблемных ситуаций. Как известно, это обусловлено тем, что решения проблем, задач и применение идей в обучении являются одним из важнейших факторов повышения поисковой активности, возбуждения познавательной потребности обучающихся и стимулирования активности человеческого организма. Последнее часто не учитывается в процессе обучения. Она возникает, когда человек испытывает необходимость в некоторых отсутствующих, то есть неизвестных ему знаниях и способах решения проблем. Следовательно, геометрические идеи, применяемые в теоретической физике, выступают как одни из важнейших моментов усвоения знаний и как метод обучения.

5.2.1 Геометрические идеи как метод применения педагогических принципов

Следует согласиться с мыслью, что в коренном пересмотре преподавания в первую очередь нуждается понимание самого предмета. Правильно определить его значит установить природу самих явлений, которые изучает предмет. Мы, например, в теоретической физике находимся в плену самого физического явления, оно хорошо само по себе, но должно стать предметом усвоения, объектом исследования и понятным каждому студенту.

Преподаватель, читая лекцию должен видеть, что данный материал, тема, даже курс не укладываются в рамки прежней методики, она не раскрывает глубину, содержание материала. Тогда лектор должен переработать последнюю и создать новую, более гибкую, наглядную и верно отражающую истину методику, то есть предложить новую и рациональную. Да, опытный педагог может отобрать нужные и необходимые материалы, а неопытные, молодые, начинающие педагоги, будут читать все подряд и потерять массу времени на второстепенных материалах, не успев дать главные, содержательные. В этом плане метод, предложенный нами, по своей наглядности, системности, последовательности и эффективности превосходит все другие методы. Это подтверждено опытом.

В теоретической физике заметную роль играет принцип наглядности, как один из методов обучения. Провозглашение его было подлинной революцией когда-то в дидактике. Однако нельзя забывать, что принцип наглядности в той форме был сформулирован в те времена, когда в науке еще преобладал эмпирический характер, а наглядность была натуральной, созерцательной. Современное научное знание давно превратилось из эмпирического в строго теоретическое, структурное, логико-математическое. Это требует изменить и характер обучения и принципы наглядности. С самого начала теория должна стать путеводной нитью, направляющей мысли студента через массы фактов и образов к истине, стать его методом для познания действительности. В роли "чувственного" должны выступать не только натуральные физические вещи, явления, процессы, но и их модели, образы (новые принципы

наглядности), которые в зримой, доступной форме раскрывают студентам сами закономерности, лежащие в их основе. Это создает новые, не виданные еще возможности обучения, которые лежат не тронутыми. Лекция должна не навязываться человеку, а стать такой же творческой формой его деятельности, и она станет таковой только тогда, когда в ее основу ляжет педагогическое творчество педагога. Только выиграв время на рациональных методах творчества педагога, можно податься в усвоение сверх программных материалов, в эврику.

Луи де Бройль писал, что "Разрывая с помощью иррациональных скачков ... жесткий круг, в которой нас заключает дедуктивное рассуждение, индукция, основанная на воображении и интуиции, позволяет осуществить великие завоевания мысли; она лежит в основе всех истинных достижений науки, ... и о выдающейся роли, которую играют научном процессе ... нерациональные элементы" [139] и в этом была его дерзость, когда он предложил свою знаменитую гипотезу, применяя геометрическую модель атома.

Объем научного знания растет настолько стремительно, что трудно проследить за ним. В таком случае необходим некоторый механизм регулирования информационной емкости лекции на какой-то основе. В этом плане предложенный нами метод, то есть изложение теоретической физики методами геометрических идей, дает ключ к резкому увеличению емкостной характеристики лекции и значительному сокращению объема каждого курса, но не сокращая содержательную ее основу.

Мы начали забывать теорию Ушинского [140], которая охватывала почти все вопросы дидактики: соотношение науки и учения предмета, сущность системы знаний, значение ведущих идей, правила, принципы и методы изучения, организацию и методику лекции, считая, что все это для школы, запустив методику высшей школы. Мы также забыли о развитии активной роли самого студента.

"Познание есть вечное, бесконечное приближение мышления к объекту", и оно соткано из противоречий. Диалектика познавательного процесса студента в обучении еще

полностью не изучена, но дидактами вскрыты существенные противоречия, которые выступают как движущие силы учебного процесса. Основным движущим противоречием обучения является противоречие между постоянно усложняющимися требованиями, накоплением новых открытий, вымиранием старых, ненужных и возможностями студентов, то есть уровнем их знания. Мы учитываем ли все эти противоречия? Нам кажется, нет.

Например, сложная, громоздкая Птолемеяева система мира, просуществовавшая около полутора тысяч лет, умерла с открытиями Каперника, Бруно, Галилея. Можно привести множество подобных примеров. Возникает вопрос, а почему должны ходить в почете некоторые потерявшие значения законы и методы (физические и педагогические) по инерции. В век стремительного развития науки, постоянного обновления и старения информации в процессе обучения мы должны систематически заниматься поисками нового, хотя представляют они большую сложность, особенно в отборе необходимых знаний, соблюдение правильной взаимозависимости между кругом классических знаний, составляющих основу образования, и современными достижениями научной мысли. Но мы знаем, что главное же назначение функции научения состоит не только в отборе нужной информации, но и в процессе «приручения» знаний и в отборе форм методов обучения, то есть в выборе способов выполнения действий, а отсюда вытекают, что принципы научности, системности и последовательности обучения отданные каждому преподавателю, требуют серьезного пересмотра структуры и содержания почти всех учебных программах по теоретической физике, которые должны учитывать старение и отмирание одних, преобразование и возникновение других, то есть происходящих генерализаций в физике.

Освоение науки сопряжено не только с пониманием ее истин, но и с овладением методом познания, приобщением студентов к методам науки, обучением их исследовательскому подходу, самостоятельному добыванию знаний,

прослеживанием за развитием процессов и анализом литературных источников. Опыт показывает, что чем больше многообразных приемов, нетрадиционных подходов, тем эффективнее обучение. И оно зависит от их научности, системности и последовательности.

На пути к реализации принципа научности в обучении немало трудностей. Не решен вопрос о соотношении материала классической, традиционной и современной науки, нет еще полного согласования между программами отдельных разделов теоретической физики. Научность обучения без системности - хаос. В этом хаосе живет сейчас физика, в том числе и теоретическая физика. Возникает вопрос, почему? Потому что не работает дидактика высшей школы. В процессе обучения нельзя воспроизводить в точности систему науки, не учитывая ее внутреннюю логику и психологические особенности, возможности студентов.

Принцип системности обеспечивается последовательностью. Классические правила от конкретного к абстрактному, от близкого к далекому, от известного к неизвестному, от простого к сложному, от легкого трудному-не могут быть приложены к рассмотрению любого содержания. И они требуют пересмотра. В решении проблем этих принципов, большую услугу оказывают предложенные нами методы геометрических идей. Они почти автоматически решают их со своим внутренним развитием, системностью и переходообразующим свойством. Например, развития геометрии и геометрических идей в теоретической физике от евклидова пространства до суперпространств, от простого перемещения до нарушений суперсимметрии, как процесс есть тождество демонстрации педагогических принципов научности, системности и последовательности, которые позволили представить в единстве всю теоретическую физику. И мы не имеем право не воспользоваться этим даром геометрии.

5.2.2 Активизация учебной деятельности студентов

Современный темп развития научно-технического

прогресса указывает на коренные изменения цели, содержания образования с учетом особенностей предъявляемых не только обществом, но и личностью. Это ставит перед нами следующие задачи.

Первая - наука как непосредственная производительная сила должна приводить к движению и расширению творческой мысли и повышению качества научной продукции, то есть подготовить людей творчески мыслить и удовлетворять личную потребность. Главными источниками решения этих задач является:

- во-первых, отбор молодежи, способной к творческой научной деятельности;
- во-вторых, решение проблемы вузовской подготовки;
- в-третьих, организация научно-практической деятельности личности.

Так как наша работа имеет непосредственное отношение к проблемам вузовской подготовки, в том числе активизации учебной деятельности студента, то наша цель, исследуя эту проблему, отобрать и проверить наиболее эффективные формы, методы, приемы и средства обучения для развития творческой активности обучающихся. Это может быть достигнуто в результате систематического обновления содержания преподаваемых учебных дисциплин активным внедрением новых, прогрессивных методов обучения студентов с применением новых достижений науки, всемерным развитием форм творческого овладения знаниями, включением студентов в творческую деятельность усвоения конкретного учебного материала, совместным анализом рассматриваемых явлений, поиском новых черт в самом предмете и индивидуальное работой со студентами, способствующей развитию их творческой способности.

Вторая - современная личность, выбравшая себе специальность, должна учитывать изменения в общей сумме знаний и обновлять свои звания на уровне современного развития науки. Следовательно, высшая школа должна дать ему не только систему знаний вообще, а главное, основу науки обучить студентов постоянному совершенствованию своих

знаний, развить у них способности к систематическому приобретению новых знаний на творческой основе, то есть вуз должен готовить студента к самообразованию, умению хорошо ориентироваться в условиях интенсивного роста научно-технической информации, умению отобрать самые нужные для практической деятельности знания.

Третья - вооружая молодых специалистов глубокими знаниями, вуз должен вырастить из них активных творческих субъектов. Это в корне меняет задачи и функции не только педагога, но и самого субъекта. Студент, прежде всего, должен сам захотеть учиться и знать. Иначе нет смысла в обучении, и труд педагога в любом случае неэффективен и напрасен. Значит, задача педагога в этих условиях - построить свою деятельность таким образом, что бы студент загорелся приобретением знания. Во-первых, любовь к предмету, говоря словами Л.Н.Толстого "наука есть наука и ничего не носит в себе. Воспитательный же элемент лежит в преподавании наук, в любви учителя к своей науке и любовной передаче ее в отношении учителя к ученику. Хочешь наукой воспитать ученика, люби свою науку и знай ее, и ученики полюбят и тебя, и науку, и ты воспитаешь их; но ежели ты сам не любишь ее, то сколько бы ты ни заставлял учить, наука не произведет воспитательного влияния", во-вторых, методы и мастерство педагога многие другие факторы.

Анализ работ последних 40-60 лет показывает, что проблема активизации познавательной и творческой деятельности студентов, в дидактике высшей школы исследована еще недостаточно, особенно методике преподавания, в том числе по теоретической физике. Не разработанность данной проблемы и нераскрытость ее роли и значения являются одной из причин неудовлетворенности и низкого качества знания студентов.

Общеизвестно, что вузовские педагоги обладают глубокими знаниями по своей специальности, являются хорошими лекторами, некоторые прекрасно владеют мастерством преподавания. Но они достигнуты в результате большого труда, длительных поисков, часто методом проб и ошибок. Кроме того, они сочетают свою педагогическую

деятельность с большой наукой, которая требует огромных напряжений. Также среди педагогов вуза сложилось мнение, что для работы в вузе достаточно отличное знание предмета, увлеченность и умение увлечь студентов, владение практикой и общий научный кругозор. Однако, опыт показывает, что для педагога вуза, чтобы обучение было более эффективным, плодотворным и на высоком научно-педагогическом уровне, этого недостаточно.

На современном этапе подготовить специалистов на высоком уровне невозможно чисто на практической и эмпирической основе. Она нуждается во всестороннем изучении форм, методов, закономерностей и средств обучения и воспитания студентов на научно-теоретическом уровне. Всесторонняя подготовка специалистов требует, чтобы организация учебного процесса была построена на единстве науки, теории и практики, поиске нового, оригинального, эффективного и интересного пока каждая лекция педагога не станет событием в его деятельности, и в учении студентов, она свое назначение не выполнит. Например, великий Планк и многие другие ученые перед каждой лекцией доводили ее до совершенства по методике и репетировали по 5-10 раз перед зеркалом и мысленной аудиторией для того, чтобы она стала именно событием в жизни лектора и студентов.

Однако надо отметить, что педагогика высшей школы, как часть педагогической науки развивается очень медленно. Особенно это наблюдается, как отмечалось нами, в последние 40-60 лет. В этом, по нашему мнению, повинно субъективное отношение к педагогической науке некоторых органов и руководителей, далеких от педагогики. Правда, сейчас можно ругать кого угодно и сваливать все на прошлое. Это не выход из создавшего положения. Задача заключается в том, чтобы заново взглянуть на педагогику, на современную методику с учетом требования сегодняшнего дня. Наша республика в этом отношении уникальна, она находится на стыке Востока и Запада, многонациональна и богата талантами. А что касается методики теоретической физики, то здесь нет почти ни одной фундаментальной работы.

В нашей работе сделаны некоторые попытки в решении этой проблемы на примере преподавания теоретической физики методом геометрических идей. К этому привело еще то, что предлагаемый нами метод позволяет интенсифицировать и оптимизировать учебный процесс за счет активности познавательной и творческой деятельности студентов. Рассмотрим его.

Опыт показывает, что для этого необходимо рассмотреть теоретическую физику не только как объект познания и как науку о природе вообще, а как источник будущей трудовой и научно-практической деятельности и как метод научного исследования

Последнее невозможно без глубокого рассмотрения предмета эффективными методами и без мысленного представления результата своего труда, способа его осуществления и средства достижения цели. Это достигается возбуждением у студентов активности и развитием познавательной и творческой деятельности. Деятельность и активность процесс единый и поскольку познание есть не просто восприятие того, что лежит на поверхности предмета, а исследование природы предмета, то оно требует высокой творческой активности личности во время изучения. Деятельность субъекта объективно обусловлена не только его потребностями, но и уровнем развития самой науки и ее методики изложения. Кроме того, получить новое от предмета очень трудно, без активной помощи собственной деятельности студента.

Эффективность передачи знания, естественно, зависит прежде всего от характера действий обучаемых и от качества управления со стороны обучающегося. Следовательно, весь этот сложный психолого-педагогический процесс требует глубокого анализа. В связи с этим в данной работе ставилась задача - исследовать пути и способы развития активности, творчества личности в обучении в высшей школе на примере преподавания теоретической физики. В практике обучения встречаются различные подходы. Их обычно подразделяют на три[134]:

- первый: "излагать материал на занятиях доступно, ясно. Освещать на лекциях все содержание программы",
- второй: "изложение только узловых вопросов программы, а все остальное студент усваивает самостоятельно",
- третий: "организация учебного процесса через активность, самостоятельность студента, развитие мыслительной, поисковой деятельности".

На наш взгляд, процесс обучения будет эффективным в том случае, когда педагог сумеет сочетать все три подхода в зависимости от задач поставленных перед каждым занятием, а это зависит от многих факторов. Что касается предмета теоретической физики, то здесь должен преобладать, нам кажется, третий, проблемный, поисковый и мыслительный подход. "Начальным моментом мыслительного процесса обучения является проблемная ситуация. Мыслить человек начинает, - писал Рубенштейн С.П., - когда у него появляется потребность что-то понять" [141]. Отсюда, важнейшим фактором процесса обучения является создание определенных условий, использование таких форм и методов обучения, при которых возникает потребность в познании, поиске новых знаний и возбуждается интерес.

Например, когда читаешь теоретическую физику методом геометрических идей, студенты приходят в оживление, и, притом, познавательное, и это не потому что появилась геометрия, а это возбуждает появление нового, не встречавшегося ранее в физике, почти "не имевшиеся отношения" к физике новые математические подходы в форме геометрических идей. И сознание того, что они изучали высшую геометрию не зря, приводит их к возбуждению того интереса, которого не хватало в старых традиционных методах. В этом методе появляются совершенно новые вещи, такие, которые раньше не встречались донапример, дифференциальная геометрия, топология, геометрии пространств, расслоенных пространств, суперпространств, суперсимметрий, супергравитаций, суперструн, а также известные пространства, но уже с другими свойствами. А это требует и одновременно возбуждает творческую активность студентов.

Творческую активность можно развивать, как отмечалось выше, только приобщая ее к работе, требующей творческого подхода. Предмет теоретической физики является именно таким объектом изучения, где главную роль играет активная поисково-мыслительная деятельность личности. При другом подходе теоретическую физику не усвоит.

Прежде чем перейти к рассмотрению условий, форм и методов развития, творческой активности студентов на занятиях теоретической физики, ответим вкратце на вопрос: что такое активность? Каковы особенности творческой активности студентов в их познавательности творческой деятельности на предмете теоретической физики?

Теоретическая физика является особым объектом изучения и обладает своеобразной специфичностью, находясь на стыке физики и математики. Также она требует и от преподавателя, и от студента особого подхода и особой познавательной активности последнего к ее изучению. На наш взгляд, активность студента должна проявляться как важнейшая черта личности; как проявление усилия, как напряжение умственных сил и, дополнительно, как признак развития самостоятельности. Хотя последнее неидентично с активностью, играет важную роль в усвоении сложных материалов, а в теоретической физике их бесконечное множество.

Не останавливаясь на других видах активности студентов, хотелось бы особо отметить такой вид активности, как творческая, как высший уровень активности.

Творческая активность - это научное, диалектическое отношение человека к действительности, внутренний и внешний мир человеческих свойств, где в единстве выступают интеллектуальные, волевые, эмоциональные процессы. Это стремление студента проникнуть в сущность изучаемых вещей, явлений, стремление и инициатива к применению новых приемов и методов преодоления затруднений, способность вносить элементы новизны в способы выполнения задания, решения задач и т.д.

Творческая активность вызывает положительное эмоциональное состояние - подъем, радость проникновения в

суть явления, открытия, возбуждает на дополнительные, самостоятельные поиски, активизирует его.

Творческая активность студента тут же погаснет, если преподаватель не будет создавать пространство для развития ее, то есть если он не организует условия активизации учебной деятельности студента. Известно, что активизация учебной деятельности студентов есть целеустремленная деятельность преподавателя, направленная на совершенствование содержания, форм, методов, приемов и средств обучения, с целью возбуждения интереса, повышения активности, творчества, состоятельности студентов в усвоении знаний, формировании умений и навыков, применении их на практике.

В процессе обучения студент усваивает систему знаний, формирует у себя умения и навыки, то есть он получает образование. Однако обучение - процесс не только накопления знаний, получения образования. Оно всегда воспитывает. В этом процессе наука, сам предмет, их истоки, методы построения теории играют направляющее значение. Н.И. Пирогов писал: "Наука нужна не для одного только приобретения сведений. В ней кроется - иногда глубоко, и потому для поверхностного знания незаметно, - другой важный элемент - воспитательный. Кто не сумеет им воспользоваться, тот еще не знает всех свойств науки и выпускает из рук своих рычаг, которым можно легко поднять большие тяжести"[142].

Воспитывающее обучение в то же время является развивающим. Оно обеспечивает развитие мышления, воображения, наблюдательности, памяти, умственных операций, то есть развития психологических свойств и качеств личности.

Всегда ли мы учитываем эти три компонента (образовательного, воспитывающего и развивающего) обучения и их единство? В дидактике, в соответствии с целью, задачами и закономерностями учебного процесса, установлены принципы, определяющие содержания, формы организации, методы и средства обучения. А как эти принципы применяются в вузовской дидактике? Как влияет их единство на учебную и творческую активность студентов?

Вопрос не праздный. К нашему сожалению, эти вопросы

даже эмпирически слабо исследованы, не говоря о научной форме. Нам кажется, это обусловлено тем, что мы, вузовские преподаватели, слабо владеем комплексами, характерами и принципами обучения, четко не представляем себе их сущности и требования, правила их использования. Кроме того в вузовской дидактике состав принципов обучения четко не определен, преподаватели вузов часто пользуются перечнем принципов, установленных в школьной дидактике, тогда как в вузе своя специфика. Она должна учитывать, в первую очередь, профессиональную, научную направленности, умение применять знания в созидательной практике на более высоком уровне.

В данный момент, нам кажется, проблемы педагогики высшей школы, заключаются в том, чтобы, разрабатывая частные методики преподавания для высшей школы, надо выявлять общие закономерности методики обучения в вузе. Они же коренным образом отличаются от методики преподавания в общеобразовательных школах. Здесь принципы преемственности даже мешают. Нам кажется, не надо преломлять методику преподавания общеобразовательных школ в методику высшей школы. А надо разрабатывать ее совершенно по другому. Здесь главными принципами должны быть - принцип связи учебной работы с наукой, исследованием, принцип проблемности, принцип профессиональной направленности и т.д. Если названия некоторых принципов обучения высшей школы совпадают с названиями принципов общеобразовательных школ, то это не говорит о том, что они идентичны. Нет. Например, принципы научности, активности студентов, связи теории с практикой, систематичности, индивидуального подхода и другие имеют совершенно другие содержания, чем школьные. Если в эти принципы будет вкладываться то же содержание, что определено в школьной методике, то это будет уже не методикой преподавания в высшей школе, а методикой преподавания общеобразовательной школы в вузе. Так и мы сейчас работаем в вузе. Например, принцип научности - это научно-исследовательский метод, связь теории с практикой - это

например, не решения задач, а это исследование процесса, явлений, ситуаций и т.д. Это очень интересная и сложная проблема.

Таким образом, мы приходим к выводу о том, что для развития творческой активности личности студента необходимо создание условий. Творческое отношение к труду, готовность к труду не приходят по призыву, это процесс желаний души, потребность, мотивы, интерес, моральная, психологическая, профессиональная готовность к труду, умение работать самостоятельно и творчески. А умение работать самостоятельно и творчески требует от личности студента интеллектуальных, волевых способностей, упорства, работоспособности, эмоциональных черт и эрудиции, выработанные длительной подготовкой. А сущность творчества - это деятельность человека, создающая новые материальные и духовные ценности, обладающая общественной значимостью (по Рубинштейну С.П.), это внесение новизны в процесс и как "новизна". В творчестве особо важное значение имеют новизна и процесс созидания, то есть эффективность, целесообразность, полезность, рентабельность, облегченность, развитие педагогических и психологических качеств, эстетических чувств, совершенствование, обновление, пополнение, вооружение и т.д. Это обусловлено тем, что, если по Рубинштейну, мы получаем конечный результат деятельности, то последние, то есть новизна и процесс созидания, характеризуют процесс деятельности, ее динамику, что является важнейшим фактором творческой деятельности.

Рассматривая особенности творчества студентов, Т.В. Кудрявцев отмечает, что "можно рассматривать два вида творческой деятельности: творчество как "открытие для себя" и творчество как "открытие для других". В первом случае результат (продукт) творчества не имеет общественной значимости, во втором - он обладает этим свойством. Однако и в том и в другом случае есть известное сходство в механизме самого процесса" [143].

Следующий момент в творчестве студентов отмечен А.Матейко. Он утверждает, что "допустимо говорить о "низшем

и высшем" уровнях творчества. Первый состоит в использовании уже существующих знаний - расширении их применений. Творчество "высшего уровня" связано с созданием какой-то совершенно новой концепции"[144]. Смысл этого момента творчества заключается в том, что в первые годы студенчества определены субъективным творчеством и субъективно-объективным, а последние более объективным. Это означает, что студент свое творчество начинает с "открытия для себя" давно известного, затем студент, проводя исследования в процессе выполнения различных научно-исследовательских работ, курсовых и дипломных проектов, делает "открытие для других".

В этих "открытиях" как источник творчества великую роль играет связь научного исследования и преподавания предмета, и сочетание Их в процессе обучения. По этому поводу де Бройль писал, что "Исследование и преподавание почти неотделимы друг от друга и чаще всего страдают от взаимной разобщенности. Исследование питает преподавание, а преподавание, необходимое для того, чтобы факел науки переходил от предыдущего поколения к последующему, укрепляет исследование. Однако существует вполне определенная противоположность между этими двумя источниками, питающими развитие уровня познания. Преподавание, по крайней мере на высшем уровне, и исследовательская работа являются как бы двумя братьями-врагами, объединёнными тесными родственными узами, которые нельзя разорвать но между ними тем не менее существуют своеобразные секреты и постоянный антагонизм. Исследование непременно предполагает вечное беспокойство, преподавание, как таковое, установление невозмутимой уверенности, которая противопоставляется беспокойству"[115, С. 182-183]. Да это реальный, правильно подмеченный и указывающий, какова роль диалектики педагогического процесса в развитии познавательной и творческой деятельности студента, момент.

Многие считают, что у исследования и преподавания цели и результаты не совпадают и различны. Мы считаем, что это

решительно не верно. Да, они различны и не совпадают там, где преподавание не достигло и не поднялось до уровня исследования, где методики и принципы обучения остались на уровне общеобразовательных школ. Об этом убедительно доказывают результаты наших работ. Для студента нет никакой разницы, что он делает "открытие для себя" или "для других", результат один, для него - открытие, знание, овладение знанием. И деление на "для себя" и "для других" - это условно, это для студента понятие относительное. Когда мы делим открытие на "для себя" и "для других", мы возбуждаем у них "обиду" за то, что это "легкое открытие" сделано не им, а другим. Если бы он родился раньше, он бы сделал это открытие, которое для него не оставили.

Задача педагога в процессе преподавания - рассеять эту "ущемленность", и доказать, что существует множество способов для их решения. Только так можно возбудить познавательную и творческую активность студентов, доведя преподавание и его методы до уровня научного исследования, до "открытия для себя и для других". Однажды был такой случай. Во время очередной проверки ректоратом преподавания на физическом факультете, комиссия во главе проф. исторического факультета и двумя доцентами из математического факультета посетила мою лекцию по квантовой механике. Оценка была такова. "Я жалею, что я не физик, с сегодняшнего дня полюбила физику навсегда, я не знала, что так можно преподнести физику, это было для меня настоящим открытием". Я считаю, что это и моя заслуга, я как исполнитель, а заслуга в том, что я читал лекцию методом научного исследования и методом геометрических идей [145].

Таким образом, отмечая роль "новизны", особенности творчества "открытия для себя и для других", связей исследования и преподавания можно сформулировать некоторые дидактические рекомендации, способствующие развитию познавательной и творческой активности студентов.

1. Преподавание должно быть построено подобно научному исследованию. Студент должен быть участником научного поиска знаний, соавтором.

2. Научное исследование не возможно без применения конкретных методов познания. Следовательно, должно быть предложено конкретная методика, форма изложения предмета на научной основе (Например, метод геометрических идей в теоретической физике).

3. Создать такие условия, что бы каждая лекция, каждое занятие было открытием для студента со своей новизной, поиском и исследованием, чтобы они возбуждали интерес студента к предмету.

4. Чтобы эти перечисленные условия воспитывали у студентов, определенные психологические и моральные качества: решительность, настойчивость, наблюдательность, самостоятельность, привычку доводить начатое до конца, стремление вносить изменения в способы выполнения заданий и т.д.

5.3 Применение принципов смысловой педагогики в методике преподавания теоретической физики

В настоящее время в науке происходит ряд изменений, связанных с более глубоким ее осмыслением, открытием новых фактов, выдвижением новых идей и теорий. Педагогика не является исключением. Современная педагогика уже не может существовать в тех рамках, которыми она была ограничена. Она больше не может быть творением отдельных личностей, мыслителей и педагогов, а должна вытекать из жизненных потребностей самой личности.

В связи с бурным ростом количества информации, которое необходимо познавать человеку, необходимо пересмотреть способы ее передачи. При этом требуется проанализировать не только методику преподавания той или иной дисциплины, но и тщательно отобрать материал для изучения. При этом важно, чтобы он был не просто очередной «порцией для зубрежки», а мотивом для возбуждения мышления. То есть должно измениться представление личности о себе, о своей деятельности и о мире объектов познания. Необходимо расширить представления традиционной педагогики и развить новую педагогику, учитывающую системно-смысловое и

ценностно-профессиональное строение мира объектов познания. Эту особенность учитывает смысловая педагогика, содержанием которой является взаимодействие мира объектов познания и мира личности в учебной деятельности как единого целого. Ее трехкомпонентность (субъектно-объектно-субъектные отношения) позволяет учесть отношения и чувственности субъекта к миру объектов познания и их творческую деятельность [146].

Одним из принципов смысловой педагогики является принцип установления и использования закона внутренней тенденции развития науки в познании действительности в целостном педагогическом процессе.

Согласно ему не человеческая природа должна быть приведена в соответствие с научными предметами, а научные предметы с человеческой природой, причем по системно-смысловому и ценностно-профессиональному строению человеческого сознания.

Начинать надо с введения таких генетически исходных понятий, которые содержат всю систему понятий и информацию, описывающую изучаемый предмет. В соответствии с ними формируются особые отношения и чувственности личности к знаниям.

Рассмотрим применение указанного принципа для курса теоретической физики, читаемого в высшей школе. Однако приведенные рекомендации могут быть использованы и для других дисциплин.

Физика, как одна из фундаментальных наук о природе, которая создает картину мира, образ мира и профессиональный образ мира нуждается в самых разнообразных методах ее передачи новому поколению и орудиях исследования. Источниками познания физических явлений являются логический анализ тех способов, которыми мы устанавливаем соотношение между математической теорией и существующими в природе физическими объектами, явлениями, и формирование особых отношений и чувственности личности к этим объектам познания.

В преподавании предмета преподаватель сначала должен

создать свой собственный профессиональный образ мира, базируя его на объективной реальности с учетом системно-смыслового и ценностно-профессионального подхода. Лишь после этого он может приступить к формированию профессионального образа мира студента, как будущего специалиста.

Так как цели и принципы преподавания дисциплины реализуются в педагогическом процессе через содержание самого курса, то его научный уровень должен соответствовать не только современному уровню развития науки, но и быть педагогически организованным, доступным для понимания студентов. А это требует пересмотра методики преподавания с учетом новых идей и методов.

Предмет должен иметь дело не только с исходными данными, как с объектом исследования, но и с раскрытием его структуры. Закономерности должны отыскиваться не только в понятиях, законах, теориях, но и в смыслах, ценностях, которые формируют профессиональный образ мира.

Для получения более глубокого знания одной систематизации не достаточно. Она лишь позволит более продуктивно использовать память, сгруппировав материал в блоки. Однако она не может раскрыть смысла, значения предмета и не развивает творческие возможности личности.

Для учета всех сторон преподавателю важно уметь определять генетически исходные понятия, которые выступали бы системно- и смыслообразующим фактором. Самое сложное в любой деятельности – это научиться вычленять отдельное и раскладывать общее. Таким общим для физики являются геометрические идеи. Они позволяют генерализировать учебный материал и поставить все методы обучения на единый фундамент. При этом возникает возможность избавить науку от избыточного материала и сгруппировать его.

Геометрические идеи выступают как метод описания и конструирования единства геометрии пространства-времени и физического объекта. Данный метод позволяет применить принцип наглядности и соответствия для преодоления сложности и непознаваемости теоретической физики.

Применение геометрических идей освобождает физику от зависимости от разрозненных аксиоматических принципов и постулатов и позволяет превратить предмет физики в логический последовательно устроенный комплекс. Они позволяют рассматривать физику в единстве с геометрией. Они подсказывают логику построения теории, составляют теоретическую основу и указывают на дальнейшее развитие и физики, и геометрии.

В качестве примера рассмотрим применение геометрических идей при изложении материала в теоретической механике. Она базируется на трех механиках: Ньютона, Лагранжа и Гамильтона, каждая из которых описывает свои процессы и решает свой круг задач.

При описании физического объекта необходимо учитывать свойства пространства и времени, то есть его геометрию. Механика Ньютона описывается геометрией евклидова пространства, Лагранжа – геометрией конфигурационного пространства, а Гамильтона – фазового. Причем все эти геометрии, а соответственно и механики, взаимосвязаны. Наиболее подробная и совершенная – геометрия фазового пространства, так как она учитывает и геометрические характеристики объекта (координаты), и физические (скорости). При ее упрощении, то есть отбросе физических характеристик, получаем конфигурационное пространство. Оно имеет структуру дифференцируемого многообразия и получается при прямом произведении n экземпляров трехмерного (например, евклидова) пространства. То есть евклидово пространство является частным случаем конфигурационного и действует на касательном расслоении последнего.

Таким образом, очевидна взаимосвязь всех геометрий, и, следовательно, всех трех механик (Ньютона, Лагранжа и Гамильтона), которые описываются в соответствующих пространствах.

Такой подход позволяет уже на первых занятиях рассмотреть взаимный переход геометрий и механик из одной в другую, а на остальных занятиях рассматривать их применение к частным вопросам и задачам. Это будет способствовать

формированию целостной картины мира у студентов, развивать их творческую активность, активизировать познавательную деятельность и поможет им лучше решать предлагаемые задачи.

Аналогично можно рассмотреть и другие разделы теоретической физики, используя геометрии Минковского, Римана, геометрию векторов состояния, Гильберта и др.

Ценность генетически исходных понятий заключается в том, что их правильное использование в теоретической физике рождает в студентах чувство познаваемости, дают им «знание о незнании» как результат чувственно представленной картины мира. Главное заключается в том, что студенты начинают осознавать смысл и ценность знания и своих действий. А это является непосредственным вкладом в формирование смысловой картины мира.

Такой подход позволяет формировать не только профессиональный образ мира, но и [147]:

- развивать логическое мышление и творческие способности;
- вырабатывать у студентов возможность подходить к ранее изучаемым явлениям с новой точки зрения;
- умение переходить границы своих способностей, возможностей и включить ранее полученные знания в систему новых знаний;
- выработать гибкость мышления, что в свою очередь позволит решать задачи на стыке нескольких проблем и наук.

Таким образом, генетически исходные понятия должны быть рассмотрены и применены как инновационная модель обучения и воспитания.

5.4 Применение метода геометрических идей при изложении материала в курсе «Теоретическая механика»

Теоретическая механика является первым разделом, который начинают изучать студенты. Основы, заложенные при ее изучении, являются важными при рассмотрении всех последующих разделов. Поэтому важно преподнести материал данного курса так, чтобы заложить основы, которые будут в

дальнейшем развиваться.

Мы считаем, что одним из способов, который позволит объединить все разделы теоретической физики, оптимизировать и интенсифицировать учебный процесс за счет возросшей познавательной активности является использование метода геометрических идей.

Геометрические идеи выступают как метод описания и конструирования единства геометрии пространства – времени и физического объекта. Благодаря наглядности геометрии данный метод позволяет преодолеть большинство сложностей, которые возникают при усвоении материала.

При использовании традиционного подхода изучение начинается с механики Ньютона, затем последовательно рассматриваются механики Лагранжа и Гамильтона. Также показывается, что для каждой из механик существует свое пространство, т.е. геометрия: для механики Ньютона – это евклидово пространство, для механики Лагранжа – конфигурационное с обобщенными координатами, а для механики Гамильтона – фазовое пространство. При использовании такого подхода первостепенной задачей является определение механики, уравнения которой будут использоваться. Однако при этом у большинства студентов на практических занятиях возникают трудности с выбором механики, которая бы позволила им наиболее быстро решить ту или иную задачу. Возможно, это возникает из-за того, что они не видят принципиальной разницы между ними, а выбор соответствующего уравнения осуществляется изучаемой темой или при подсказке преподавателя [148.149].

В рекомендуемом нами подходе, в начале изучения курса необходимо познакомить студентов с основными геометрическими понятиями, определениями, различными пространствами и способами перехода между ними. Т.е., сначала рассмотреть геометрическую сторону процесса и выбрать пространство, которое будет наиболее оптимально характеризовать объект, а потом уже записать соответствующее уравнение механики.

Например, одним из самых простых пространств является

пространство, в котором справедлива геометрия Евклида, с которым можно связать декартову систему координат. Эту геометрию очень удобно использовать в том случае, если рассматриваются несложные задачи, в которых можно точно предсказать какие координаты будут описывать движение объекта и как будут действовать силы в рассматриваемой системе. Если ответ на эти вопросы очевиден и не вызывает сложностей, то тогда необходимо использовать механику Ньютона.

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{r}}{dt} &= \vec{v}, & \frac{d\vec{v}}{dt} &= \vec{a}, \\ \int d\vec{r} = \vec{r} &= \int \vec{v} dt + const, & \int d\vec{v} = \vec{v} &= \int \vec{a} dt + const. \\ \vec{P} &= m\vec{v}, & \vec{M} &= [\vec{r}, \vec{P}], \\ E &= \frac{mv^2}{2} + mgh, & m\vec{a} &= \vec{F}. \end{aligned}$$

которые вытекают из комбинации \vec{r} , t и m через дифференцирование и интегрирование.

В случае если ответ на эти вопросы вызывает сложности по ряду причин (неудобно использовать, декартовы координаты, невозможно указать все силы, действующие в системе (особенно силы реакции) и т.д.), то для описания объекта вводятся любые параметры, которые позволят его охарактеризовать. Это могут быть площади, углы, длины или др. Эти выбранные параметры (или один параметр) называют обобщенными координатами, описывающими конфигурацию системы, а соответствующее пространство будет называться конфигурационным. При выборе этого пространства при решении поставленной задачи используется механика Лагранжа.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = Q_j,$$

где L является функцией Лагранжа - $L(q, \dot{q}, t)$, которая

представляет собой разницу кинетической и потенциальной энергии:

$$L = \frac{p^2}{2m} - U(q)$$

Достаточно часто приходится рассматривать задачи, в которых требуется определить не просто движение системы, а изменение ее состояния с течением времени. Тогда необходимо к «чисто» геометрическим обобщенным координатам добавить еще координаты, которая будет описывать состояние самого движущегося объекта. Такими параметрами являются импульсы. Данное пространство (пространство состояний) будет называться фазовым, а линия, которую будет описывать движущийся объект – фазовой траекторией. В фазовом пространстве объединяются геометрические и физические параметры системы. И за счет этого можно определять не просто положение, а состояние системы или точки в определенный момент времени. В данном случае при решении задач удобнее использовать уравнения механики Гамильтона [150].

$$\dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q}, \quad \dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p},$$

где H - функция Гамильтона $H = H(q, p, t)$, явно зависящая от времени; $H = E_{кин} + E_{пот}$, т.е. представляет собой сумму кинетической и потенциальной энергий; p - обобщенный импульс, $p = p_j$, $j = 1, 2, \dots, s$, где s - число степеней свободы; $q = q_j$ - обобщенные координаты.

Т.о. видно, что наиболее общим является фазовое пространство, при упрощении которого (т.е. отбрасывании физических характеристик), мы получаем конфигурационное. А евклидово пространство можно построить на касательном расслоении конфигурационного.

Также на первых занятиях необходимо сразу показать, что механика Лагранжа получается из механики Ньютона, а

уравнения механики Гамильтона выводятся из уравнения Лагранжа. Для перехода между уравнениями разных механик используются: принцип наименьшего действия, принцип Даламбера-Лагранжа, принцип Морпетюи. После такого введения можно начинать более подробное рассмотрение каждой из механик в отдельности.

Проведем сравнительный анализ вводной лекции по теоретической механике. Она может быть проведена без всякой постановки проблемы и исследований, т.е. путем сообщения готовых истин и выводов. Среди рассматриваемых преподавателем вопросов – предмет теоретической механики, ее место среди естественных наук, принципы, этапы развития, математический аппарат. Все перечисленное соответствует стандартному содержанию программы по этой дисциплине. Этот подход нельзя считать методически ошибочным, однако изложение материала в данном случае не способствует развитию мыслительной деятельности студентов.

При проблемно-исследовательском методе с использованием метода геометрических идей эту же вводную лекцию можно представить иначе. В начале преподаватель выдвигает проблему: например, какие разделы существуют в теоретической физике, чем они отличаются, как зависят от свойств, состояний и форм движения физического объекта и изменения геометрии пространств? Какие существуют принципы и постулаты? Какова роль математических законов сохранения и геометрических структур физических объектов в построении физических теорий и их разделов? Такое начало сразу же ставит студентов перед проблемой, необходимостью задуматься, внимательно слушать, мобилизовать мыслительную деятельность и искать ответы на выдвинутые проблемы. Затем преподаватель конкретизирует вопросы, обсуждая их совместно со студентами, анализируя научные факты, организуя поисковую деятельность, указывая острые, спорные и неразрешенные вопросы и высказывая возможные направления решения этих проблем [151].

Предлагаемое построение лекции является более эффективным. Оно активизирует интерес к теоретической

механике, делает изложение материала более доказательным, способствует органической связи обучения с научным поиском студента, учит мыслить и показывает пути решения проблем в физике.

Нами был проведен педагогический эксперимент по применению геометрических идей в курсе теоретической механики. Как показал эксперимент, проблемно-исследовательский подход с использованием метода геометрических идей обладает большим преимуществом по сравнению с традиционным, информационным изложением материала. Эффективность проявляется в том, что он заставляет постоянно думать, внимательно следить за ходом занятия, позволяет лучше организовать самостоятельную работу студентов.

Анализ результатов исследования показал, что [152-154]:

1) несмотря на то, что в начале изучения курса требуется дополнительное время на изучение основных геометрических понятий и аксиом, оно в дальнейшем компенсируется тем, что нет необходимости объяснять многие факты (так как они автоматически вытекают из геометрии);

2) сокращение числа часов необходимых на изучение материала стало весьма актуальным решением нехватки времени из-за большого объема информации, которую необходимо усвоить студентам.

3) изменение подхода к преподаванию многих разделов от традиционного к проблемному позволило активизировать студентов, которые привыкли пассивно усваивать предлагаемый материал.

Таким образом, несмотря на то, что традиционный метод считается более экономным по времени, чем проблемный, эксперимент показал, что время, наоборот, выигрывается.

Это происходит за счет эффективности метода геометрических идей, которые позволяют исключить из лекции много лишних фактов, объяснений, выводов и примеров. Все они автоматически вытекают из геометрических идей и аксиом.

Кроме того, в результате такого подхода активизируется познавательная деятельность, развивается мышление и

способность решать практические задачи.

Учебный материал нельзя представлять как сумму застывших фактов. Чтобы информация стала знанием, т.е. осмысленным отражением окружающего мира, нужно его развивать. Связь студента и преподавателя должна осуществляться не как передача «порции информации», а как создание «ситуации», как средство реализации деятельности.

Следовательно, чтобы развивалась познавательная деятельность студентов необходимо, чтобы система научных взглядов имела единое логическое основание и позволяла студентам представить знания объемно в целом.

Как показали проведенные нами исследования, данный подход способствует формированию целостной картины мира у студентов, так как в данном случае исчезает «фрагментарность» изучаемых понятий. На занятиях становится гораздо интереснее обсуждать и выяснять, в каком пространстве лучше рассматривать объект, и какие параметры будут наиболее полно описывать его движение и состояние с течением времени. Кроме того, данный подход позволит студентам лучше понимать все последующие разделы теоретической физики.

Заключение

Таким образом, в последние годы в исследованиях по анализу обоснования научных теорий, их построения и научного языка, особое внимание стало уделяться проблемам, связанным со структурой, классификацией и формированием их основ, фундамента. Это должно быть вполне понятным, так как с помощью теории если наиболее полно выражать результаты научного познания, то методы их построения раскрывают глубину явлений и проявляют себя как программа действия.

В сущности каждая достаточно развитая наука составляет систему теории, методов их построения и методологии их интерпретации. Если теория составляет систему понятий, утверждений, гипотез, теорем и законов, то методы их построения и методология как способ достижения цели, решение поставленных задач, совокупность приемов или операций практических и теоретических освоений (познания) действительности, как учение о принципах построения, формах и способах научного познания, придают им строгость и образуют педагогическую систему. Только в таком понимании предмет может стать как система формирования знаний, пониманий, применений, анализа и синтеза, отображенных из определенной отрасли науки, техники и деятельности для изучения. Таковым должен быть предмет теоретической физики.

Традиционный подход почти не касается анализа теорий и методов их построения и предмета как целостность. Он рассматривает лишь отдельные теории или их элементы, такие, как понятия, гипотезы, принципы, теоремы, и рассматривает их только с чисто физической точки зрения, не затрагивая основу их идей построения. В связи с этим мы считаем, что в современных исследованиях теории и предмета, например, теоретической физики, внимание должно уделяться структуре и обоснованию их основы и фундамента. В качестве важнейшего средства такого исследования должен использоваться определенный метод, позволяющий раскрыть глубину явлений, теорий и самого предмета. И мы считаем, что таковыми являются методы геометрических идей, эффективность которых

была продемонстрирована Ньютоном, Эйнштейном и другими основоположниками теоретической физики.

В настоящее время методы геометрических идей в построении и изложении теории играют доминирующую роль в теоретической физике, и не только в физике, но и в других математизированных естествознаниях.

Начиная с 60-х годов, прошлого века эти методы стали откровенно ведущими в теоретической физике в связи с тем, что они создают простор и предварительные условия для первоначального анализа и представления физических явлений, раскрывают их структуру и природу, закладывают фундамент теории. Кроме того, учитывают методологические критерии, такие, как адекватность, область применения, точность, глубина, способность объяснить и предсказать явления, и составляют основу современного теоретического анализа.

Наиболее значительные успехи в этом плане достигнуты в настоящее время в связи с выходом в некоторой степени из кризиса, возникшего в физике в связи с обнаружением несостоятельности классических и даже квантовых, и, казавшихся незыблемыми, некоторых других теорий, принципов и открытием многих "парадоксов" в физике элементарных частиц и Вселенной. Геометрические идеи и изощренная, логическая математическая техника также были использованы для анализа явлений и процессов, которые опираются на геометрии пространств как на свой основной фундамент.

Не повторяя выводы из результатов наших анализов, которые были сделаны в работе, и в области фундаментальных, и в области методических исследований, вкратце можно определить следующее. Для определения структуры и обоснования теории методами геометрических идей надо задавать несколько отношений, в которых находятся их элементы, затем постулировать, что данные отношения удовлетворяют некоторым условиям, которые перечислены в работе стали исходными идеями, аксиомами рассматриваемой структуры. Эта мысль красной нитью проходит через всю работу. Отсюда можно сделать вывод, что применить

геометрические идеи в длинной физической структуре это значит в дальнейшем вывести логические следствия из них, отказавшись от других предположений относительно рассматриваемых элементов, то есть от других исходных положений, чуждых данному физическому объекту и его состояния, и использовать данные идеи для данного явления и объекта как фундамент теории.

Может показаться, что при таком подходе физической теории все внимание обращается лишь на дедукции следствий из теоретических идей. Это неверно. Сущность самих геометрических идей приводится здесь не столько в их предмете, сколько в методе. Однако такой взгляд вряд ли может помочь понять подлинную специфику физических теорий через них. Здесь важен способ логики и качественный фундамент, по каким правилам физико-математической логики выводятся теории из этих геометрических идей, выяснить как они входят в физический процесс, то есть рассматривать их как важный компонент самих явлений.

Анализ этой проблемы во всем ее объеме составил главную задачу работы и логику метода. В этом отношении он отражает содержательную сторону работы и определяет предметную основу метода построения и изложения теоретической физики на формализованных логических геометрических языках, которые свободны от неясностей и неточностей обычного языка, языка объяснительной физики. И на этой основе можно констатировать, что с чисто формальной точки зрения все выводы, фигурирующие в физической теории, могут претендовать на роль геометрических идей, а сама теория рассматриваться как совокупность выводов, замкнутых для дедукции, то есть будет представлять замкнутую систему. И с помощью этих двух исходных понятий – осмысления выводов идей и следствия, оказывается можно получить весьма интересные результаты в области не только методологии теоретической физики, но и терминов, в которых могут быть определены такие важнейшие свойства физических теорий, как неопределенность, вероятностность, ковариантность, странность и т.д. Они показаны в работе. Однако, в отличие от других

формальных методов, методы геометрических идей отличаются тем, что они дают ключ к выбору того способа описание явлений, которые верно отражают физическую реальность, возможность сделать правильный вывод из предложенных математических моделей и геометрических качеств. В результате, вопреки внешнему различию физических явлений и их теорий, они оказываются тождественными по своей структуре.

Как отмечалось, в основе любой абстрактной структуры лежит одно или несколько отношений, в которых находятся элементы некоторого геометрического пространственно-временного множества, причем конкретная природа этих элементов остается безразличной для целей геометрического исследования. Например, когда два элемента геометрического множества однозначно определяют третий элемент как функцию двух первых, то такое отношение называют "законом композиции" (на физическом языке эта процедура называется суперпозицией и в зависимости от природы явлений, она может обладать определенными свойствами, классическими или квантовыми и т.д.). Такое можно допустить только геометрически и отражать через нее потом физическую реальность. Отсюда структуры, исходные отношения которых представляют "законы композиции", называются элементами геометрических идей. Соответственно этому, геометрическими идеями будут считаться теории, обладающие определенной структурой.

Следующей фундаментальной формой применения геометрических идей в современной теоретической физике могут служить конкретные методы, например, калибровочно-топологические проявления физической реальности, которые в существенной степени опираются на геометрии пространств и их внутренние симметрии, то есть суперсимметрии, супергравитации, суперструны и т.д.

Отсюда вытекает, что с помощью этих, только двух основных геометрических структур, можно проводить дальнейшую классификацию физических теорий по степеням их общности. При этом главную же роль играют геометрические

идеи иерархии структур, согласно которым многие физические теории возникают за счет композиции или синтеза нескольких основных, или порождающих, геометрических структур и идей.

Таким образом, естественно то, что в последнее время физики-теоретики все чаще стали обращаться к геометрическим идеям и структурам, рассматривая их как новый фундамент для построения физических теорий. Это обусловлено еще тем, что они выделяют конструктивный аспект творческой деятельности физического мышления благодаря подчеркиванию роли геометрии пространств в физической теории. Отсюда мы считаем, что физические теории определяются как совокупность физических и геометрических принципов, которые связаны между собой следующими условиями:

1. С физическим величинам сопоставляются некоторые геометрические объекты и их образы (например, в классической физике, законы сохранения, в квантовой механике самосопряженные операторы, в теории относительности постоянство скорости света и искривление, в современных теориях калибровочные и другие поля, суперсимметрии, суперструны и т.д.).

2. Принадлежность этих моделей и образов только определенному из множества математических пространств, геометрия которых определяется природой физического объекта. Например, Гамильтонова механика может работать только в фазовом пространстве, СТО в пространстве Минковского, ОТО в пространстве Римана и т.д. и с соответствующими геометриями).

3. Эти образы могут быть приведены в движения и подчиняться только законам математических преобразований (это раскрыто в работе множеством примеров).

4. Инвариантность и неинвариантность, ковариантность и контрвариантность, как отмечалось в работе, являются основополагающими.

По нашему мнению при исследовании оснований физики нас должны интересовать не сущности или сами физические объекты, инвариантные формы, которые несут соответствующую физико-метрическую информацию о природе

и об их закономерностях физические объекты становятся известными и признанными исключительно в результате выявления геометрических структурных свойств, которые их характеризуют.

Следовательно, классификация, структурирование физических теорий, основанные на исследовании их геометрии являются существенным моментом для самих теорий. При этом нас интересовали различия по глубине объяснения исследуемых физических явлений и предсказания ими новых фактов.

Геометрические идеи делают физику наглядной по причине того, что для них нет границы между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми, отсюда без различия эмпирического и теоретического, они выступают как вспомогательные конструкции, всецело зависящие от проявления физических явлений и их природы. Если всякий эксперимент немислим без соответствующей теории, ибо последняя необходима как для его планирования, так и, в особенности, для объяснения результатов, то для физической теории геометрические идеи необходимы как для ее построения и структурирования, обоснования и интерпретации. Если теория выступает как идеализированное отражение мира, то геометрические идеи как образ, форма и начало в теоретическом познании, как единство противоположностей мира образов и мера объективной реальности, служат моделью изучаемой физической реальности и методом ее построения.

Следующим существенным моментом является то, что методы геометрических идей выдвигаются вообще не только для того, чтобы показать и подчеркнуть их роль в построении физических теорий главное, как отмечалось, - как метод изложения теоретической физики, то есть решить проблему, как научить студентов овладеть теоретическим материалом на основе оптимального сочетания репродуктивного и прогнозирования изучаемых знаний.

Рассматривать предмет, в частности предмет теоретической физики, не только как объект познания и как науку о природе, а как источник научно-практической деятельности будущего специалиста и как метод научного

исследования. Здесь главными принципами должны быть принцип связи учебной работы с наукой, исследованием, принцип проблемности, принцип профессиональной направленности.

Репозиторий КарГУ

Список использованной литературы

1. Фейнмановские лекции по физике. - М.: Мир, 1976.- Т.1.2.
2. Арынгазин К.М. Геометрические идеи в теоретической физике.- Алматы, Изд. Рауан, 1994. - 360 с.
3. Эйнштейн А. Физика и реальность.-М.: Наука, 1965.- 175с.
4. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения.- М.:Наука,1975.-161 с.
5. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. -М.:Просвещение, 1974. - 448 с.
6. Григорьян А.Т. Механика от античности до наших дней. -М.: Наука, 1971. - 312 с.
7. Спасский Б.И. История физики. -М.: Изд. МГУ, 1983. - 359 с.
8. Декарт Р. Изб.произ.-М.: Госполитизд, 1950. - 712 с.
9. Лурье С.Я. Демокрит. Тезисы. Перевод и исследования.- М.: Наука; 1970. - 664 с.
- 10.Аристотель. Аналитики первая и вторая.-Л.: Госполитизд, 1952. - 234 с.
11. Леонардо да Винчи. Избранн. Естественно-научные произведения.Серия "Классики науки".-М-Л.:Наука, 1955.- 80с.
- 12.Декарт Р. Рассуждение о методе. //Серия "Классики науки".- М.:Наука, 1953.-137с.
- 13.Ньютон - И. "Математические начала ..." перевод А.Н.Крылова: Сб. собр.- Т. 7.- М.: Наука, 1936.-156с.
- 14.Гюгенс Х. Три мемуара по механике. //Серия. "Классики науки".-М.: Наука, 1951.-610с.
- 15.Максвелл К. Избранн. сочин. по теории электромагнитного поля.- М.: Гостехизд, 1952.-164с.
- 16.Максвелл К. Статьи и речи.-М.: Наука, 1968.- 412 с.
- 17.Лоренц Г.А.Теория электронов.-М.:Наука,1956.-472 с.
- 18.Пуанкаре А. Избранные труды. Т.3.-М.:Наука, 1974. - 722 с.
- 19.Риман Б. О гипотезах, лежащих в основании

геометрии.-М.: Наука,1956.-211с.

20.Решевский П.К. Риманова геометрия тензорный анализ. - М.: Наука, 1967.-176с.

21.Minkowski H. Address on "Space and Time" 1908. In: The Principles of Relativity. Methuen, London, 1923- p.81.

22.Л.деБройль. Революция в физике. -М.: Знание, 1963. – 533 с.

23.Янг И.Н. и Миляс Р.А. Элементарные частицы и компенсирующие поля.- М.: Мир, 1964.-147с.

24. Вейнберг С., Глэшоу Ш., Сапам А.. Идейные основы единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий// УФН. - 1980.- Т.132. - С.201 - 229.

25.Kaluza, T. Zum Unitätsproblem in der Physik.-Sitzungsber: Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.), -1921. – 966р.

26.Klein, O. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie// Zeitschrift für Physik A. - 37, 895- 1926.- P. 41-57.

27.Faddeev L.D., Popov V.N // Phys. Lett.- 1967.- V.B 25.- P. 29-37.

28.Огиевецкий В.И. и др. Уравнения движения для суперполей. Нелокальные нелинейные и перенормируемые теории поля: Сб. конф.-Дубна, 1976.-С.158-169

29.Огиевецкий В.И. и др. Простейшая группа супергравитации Эйнштейна// ЯФ -1980. -Т. 31.

30.Волков Д.В., Сорока В.А. Эффект Хиггса для Гольдстоновских частиц со спином 1/2 //Письма в ЖТФ.- 1973.-Т.18.- вып.8.-С.529–532.

31.Зумино Б. Супергравитация и великое объединение. Геометрические идеи в физике. -М.: Мир, 1983.- 253 с.

32.Весс Ю., Беггер Дж. Суперсимметрия и супергравитация. -М.: Мир, 1986. - 118 с.

33.Уэст П. Введение в супергравитацию. М.:Мир, 1985.- 416 с.

34.Вавилов Н.И. Сбор.соч.- М.: Мир, 1972. - 183 с.

35.Эйнштейн А. Сб. науч. тр.- М.: Наука, 1964.- Т.4. -211с.

36.Эйнштейн А. Сб. науч. тр. -М.: Наука, 1964. -Т.3. -186с.

37.Манин Ю.И. Калибровочные поля и комплексная

геометрия. М.: Наука, 1984. - 265 с..

38.Лагранж Ж. Л. Аналитическая динамика. - Л.: ГТТЛ, 1950.- Т.1,2. - 594 с.

39.Лагранж Ж. Аналитическая механика.-М.:Наука, 1950.- Т.1. - 332с.

40.Полак Л.С. Вариационные принципы механики. -М.: Наука. 1954.- 817 с.

41.Арнольд В.И. Математические методы классической механики. -М.: Мир, 1989.-160с.

42.Дирак П.А.М. Пути физики. -М.: Энергоатомизд, 1983.- 157с.

43.Эйнштейн А. Сб. науч.тр.- М.: Наука, 1966.- Т.2.-113с.

44.Эйнштейн А. Сб. науч. тр.-М.:Наука,1966.- Т.1.-158с.

45.Пуанкаре А. Избранн. тр. -М.: Мир, 1975.-251с.

46.Логунов А А. Лекции по теории относительности.- М.: Изд МГУ,1983. - 154с.

47.Минковский Г. Пространство и время. Принцип относительности. -М.: Атомизд, 1973.-186 с.

48.Паули В. Физические очерки. - М.: Наука, 1975. - 256 с.

49.Лобачевский Н.И. Полное собр. соч. - М.: Гостехизд, 1949. - 197 с.

50.Пенроуз Р. Общая теория относительности. - М.: Мир, 1983. - 233 с.

51.Паули В. Теория относительности. - М.: Наука, 1983. - 117 с.

52.Абдильдина Ж.М. Диалектическая логика. - Алма-Ата: КазНУ, 1985. - 330 с.

53.Ландау Л Д. и Лифшиц Е.М. Теория поля. - М.: Мир, 1973. - 510 с.

54.Фейнман Р. Характер физических законов. - М.: Мир, 1968. -207 с.

55.Борн М. Теория квантов и метод возмущений. - М.: Наука, 1977. - 104 с.

56.Born M., Heisenberg W., Jordan P. On quantum mechanics.in: Sources of quantum mechanics. - 2011. - 322 p.

57.Дирак П А.М. Основы квантовой механики. - М.: МЛ, 1932.- 324 с.

58. Гейзенберг В. Квантовая механика и беседа с Эйнштейном // Природа. - 1972. - Т 5. - С. 87-99.

59. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. - М.: Наука, 1976. - 322 с.

60. Jammer M. Conceptual development of quantum mechanics. - N.Y., 1966. - 307 p.

61. И. фон Нейман. Математические основы квантовой механики. - М.: Наука, 1964. - 368 с.

62. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики. - М.: Наука, 1979. - 117 с.

63. Janch J.M. Foundations of quantum mechanics. - London: Redding.

64. Карнап Р. Философские основания физики. - М.: Прогресс, 1971. - 390 с.

65. В.А. Фок. Квантовая физика и философские проблемы // Физическая наука и философия. - М.: Наука, 1973. 277 с.

66. Коноплева Н.П., Попов В.И. Калибровочные поля. - М.: Атомизд, 1986. - 312 с.

67. Дирак П.А.М. Эволюция физической картины природы. // Над чем думают физики. - Вып. 3. - 1965. - С. 23-38.

68. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой механике. - М.: Мир, 1968. - 311 с.

69. Тамм И.Е. О работе философов области физики // УФН. - 1933. - №2. - С. 226-231.

70. Ricci G. Levi-Civita T. Math. Ann. 54.125. - 1901.

71. Абдильдин Ж.М. Проблема начала в теоретическом познании. - Алма-Ата: КазНУ, 1967. - 370 с.

72. Элиот Дж. Добер П. Симметрия в физике. Т.1. - М.: Мир, 1991. - 364 с.

73. Гегель. Наука логики. Т.3. - М.: Мысль, 1972. - 371 с.

74. Борн М. Физика в жизни моего поколения. - М.: Наука, 1963. - 536 с.

75. Подольский Р. Нечто по имени ничто. - М.: Знание, 1983. - 17 с.

76. Омеляновский М.Э. Диалектика в современной физике. - М.: Мир, 1973. - 293 с.

77. Kudusov A.S., Kirichenko V.T., Mussenova E.K. The Gravitational Models on the Base of tensor field in Minkowski Spase-Time./ Eurasian Physical Technical Journal.- Karaganda: KarSU, 2009. Vol. 6, №2(12). - P.34-41.

78. Планк М. Избранные труды. - М.: Наука, 1975. - 788 с.

79. Гейзенберг В. Физика и философия. - М.: Наука, 1988. - 113 с.

80. Арынгазин К.М., Архипов В.В., Кудусов А.С. Заметки к идеям современного научно-физического подхода к единству материи и пространства. /Актуальные проблемы мировой философии, развитие человека, его сознания, нравственности. Материалы 3 междунар. научн-практ. конф. - Астана, 2018.- С.67-80.

81. Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия. Методы и приложения - М.: Наука, 1979.-245 с.

82. Пенроуз Р., Риндлер В. Спиноры и пространство-время.- М.: Мир, 1987. - 365 с.

83. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Геометрические идеи – как метод построения и изучения теоретической физики // Физическое образование в вузах. - М.: Изд.дом. Московского физического общества. – 2012. - Т.18, № 3. – С.3-15.

84. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. The application of method of geometric ideas in classical mechanics// Вестник ПГУ. - №1. – Павлодар, 2010. – С.19-28.

85. Фейнман Р. Квантовая механика. - М.: Мир, 1978. - 241 с.

86. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Молдыбекова А. Применение метода геометрических идей при изучении квантовой физики.// В мире образования. -Алматы.– 2010. - №2(2). — С. 42-45.

87. Higgs P. W. Broken symmetries and the masses of gauge bosons // Phys. Rev. Let., 1964. - V. 12. - P. 132.

88. 'tHooft G. Renormalization of Massless Yang-Mills Fields // Nucl. Phys. – 1971. - V. 1335. - P. 173-199.

89. Taylor J C Ward identities and charge renormalization of the Yang-Mills field // Nucl. Phys. B. - 1971. - V.33. - P. 436-444.

90. Slavnov A.A. Ward's identities in Yang and Mills theory // Theoretical and mathematical physics. - 1972. - T. 10. - P. 99-112.

91. Weinberg S. A Model of Leptons // Phys. Rev. Lett. - 1967. - V.19. - P. 1264-1266.

92. Salam A., Proc. 8-th Nobel Symposium., Stockholm. - 1965. - P. 367.

93. Kant I. Critique of Pure Reason. Coll. Cit. V.3. M.: Mysl., 1964. - 799 p.

94. Wess J., Zumino B, Superspace formulation of supergravity // Phys. Lett. B. - 1977. - V. 66. - p. 361.

95. Zumino B. Model Estimates and Results // Proc 17-th Intern. Conf. on High Energy Physics. - 1974. - p. I243-I250.

96. Ramond P. and Schwarz J. Classification of dual model gauge algebras // Physics Letters B. - 1976. - V. 64. -P. 75-77.

97. Кудусов А.С. Суперсимметрия теоретико-полевой модели классической механики. // Проблемы высшей школы сквозь призму новых идей: Материалы Международного симпозиума. - Кокшетау: КГУ им. Ш. Уалиханова, 2006. - С.51-55.

98. Zhotikov V.G. Finsler geometry (according to Wagner) and the equations of the motion in the relativistic dynamics / V.G. Zhotikov // Физические интерпретации теории относительности: материалы XV международной научной конференции. - М., 2009. - С. 133-144.

99. Ходос А. Теория Калуцы-Клейна. Общий обзор / А. Ходос // Успехи физических наук. — 1985. — Т. 146. — № 8. — С. 647-654.

100. Perlick V. Fermat Principle in Finsler Spacetimes / V. Perlick // arXiv:gr-qc/0508029v1 8 Aug 2005. — 18 p.

101. Chern Sh.-Sh. Finsler Geometry Is Just Riemannian Geometry Without the Quadratic Restriction / Sh.-Sh. Chern // Notices of the AMS. - 1996. - Vol. 43. - No. 9. - 959-963p.

102. Beil R.G. Finsler Geometry and Relativistic Field Theory /

R.G. Beil // Foundations of Physics. -2003. -Vol. 33. - No. 7.-107–1127 p.

103. Бьёркен Дж.Д., Дрелл С.Д. Релятивистская квантовая теория // М., Наука 1978 Т.1.

104. Арынгазин К.М., Архипов В.В., Кудусов А.С. Фундаментальные принципы физики и геометрия Финслера//Вестник Карагандинского университета. Серия «Физика». – 2017. - №3(87). – С.14-18.

105. Aringazin K.M. and Aringazin A.K. BRST Gauge Fixing Approach to Hamiltonian Mechanics// Inst. for Basic Research preprint IBR-93/1993. 47 p.

106. Смирнов Е.В. Волновые свойства электронов в нанобъектах. // Физическое образование в вузах России.-Том 18- №3.- 2012. - С. 80-91.

107. Бенниг Г., Перер Г. Сканирующая туннельная микроскопия - от рождения к юности. Нобелевские лекции по физике. // УФН.- Т. 154.- в.2.- 1988. -С. 261-278.

108. Eigler D.M., Schweizer E.K. Positioning Single Atoms With a Scannig Tunnelling Microscope. // Nature, V. 344, 1990, P.524-526.

109. Crommie M.F., Lutz C.P., Eigler D.M. Confinement of Electrons to Quantum Corrals on a Metal Surface.//Science, V. 262, 1993, P.218-220.

110. Fiete G.A, Heller E.J. Theory of quantum corrals and quantum mirages. // Rev. Mod. Phys.- V. 75.- 2003.- P.933-948.

111. Collins G.P. STM rounds up electron waves at the QM corral. //Physics Today.- V. 46.- 1993.- P.17-19.

112. Manoharan H.C., Lutz C.P., Eigler D.M. Quantum mirages formed by coherent projection of electronic structure. // Nature.- V.403.- 2000.- P.512-515.

113. Абрикосова А.А. Основы теории металлов. - М.: Наука, 1987. - 520с.

114. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Сейсембекова Т.Е. Роль геометрических идей в нанотехнологии// Вестник КарГУ - №2(70) – 2013. – С. 70-74.

115. Абдильдин М.М. Проблема движения в общей теории

относительности. - Алматы. «Қазақ университеті», 2006. – 310 с.

116. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Современные методы геометрических идей в теоретической физике// Вестник КарГУ.- № 2(62). - 2011. - С.60-65.

117. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Кисабекова П.А., Турсынова Ж. Применение геометрических идей в нанотехнологии// Актуальные научные исследования в современном мире. – Перезеляв-Хмельницкий – 2018. – №4(36) – С. 11-17.

118. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Сейсембекова Т.Е. Современные методы диалектической логики и принципов в физике// Вестник КарГУ. - Серия Физика. – 2014. - №1 (73). – С. 68-77.

119. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К. Математический язык познания и построения физической картины мира// В мире образования. – №5 – Алматы, 2014. – С. 3–8.

120. Копнин В.П. Логические основы науки.- Киев: КГУ, 1969.-180 с.

121. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К. Структуризация учебного материала по теоретической физике – как средство обобщения и систематизации знаний студентов. /Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: Материалы 8-й международной конференции. – Караганда, 2012. –С. 405-410.

122. Aringazin K.M., Mussenova E.K., Seyssembekova T.E., Omarova G., Utepova A.S. Modern methods of dialectical logic and principles in physics. //Вестник Карагандинского университета. – Серия Физика – 2016. – №3 (83). – С. 66-75.

123. Мусенова Э.К., Сейсембекова Т.Е., Каюмова А.С., Кисабекова П.А.. Геометрические идеи как метод активизации познавательной деятельности студентов: Материалы международной научно-практической конференции.– «Уалихановские чтения - 22» -Кокшетау, 2018. -Т4 – С. 26-30

124. Aringazin K.M., Aringazin A.K. and Arkhipov V.V. BRST symmetry in cohomological Hamiltonian mechanics// Hadronic J. -1994. - № 17. - P. 429-439.

125. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К. Диалектическая логика в теоретической физике. Актуальные проблемы развития мировой философии: Материалы II Международной научно-теоретической конференции (14-16 февраля). – Астана, 2013. – С.131-135.

126. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Сейсембекова Т.Е., Утепова А.С. Философские и психолого-педагогические аспекты преподавания физики. Отечественная в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени: Материалы X международной научно-практической конференции - Екатеринбург, 2015. - С. 7-11.

127. Рудой Ю.Г., Санюк В.И. Математика в физическом образовании. Необходимость геометризации.// Математика в высшем образовании. - том 6. -2008. - С.99-110

128. Арынгазин К.М. Методологические проблемы построения теоретической физики// Вестник КарГУ. - №3 (59). – 2010. - С. 56-61.

129. Кудусов А.С., Архипов В.В. Геометрическая интерпретация БРСТ симметрии классической механики. //Вестник ЕНУ.-2006.- №4(50). - С.64-73.

130. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Кипшаков М.С., Бабаханова А.К. Психолого-педагогические аспекты преподавания физики: Сборник научных статей «Современное образование», - 2016. – С. 267-273.

131. Волков В.Е. Развитие критического мышления: Опыт неспортивного, но здорового и полезного ориентирования в реальности и в себе . - М.: Республика, 2004. - 447 с.

132. Кусаинов Д.У. Некоторые вопросы совершенствования критического мышления преподавания современной высшей школы. //Высшая школа Казахстана. - Алматы. -2013. - С. 236-241.

133. Бустром Р. Развитие творческого и критического мышления. -М.: Изд-во н-та «Открытое общество», 2000. - 141 с.

134. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Новый образ мышления и становление смысловой педагогики. /Междун. научно-практический семинар, Кокшетау, 2006

135. Бутенко А.В. Ходос Е.А. Критические мышления: метод, теория, практика: учебно-методическое пособие.- М.: МИРОС, 2012. - 176 с.

136. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Применение геометрических идей при проблемном изложении материала в теоретической физике// Вестник КарГУ. - №3 (43). – 2006. - С. 5-8.

137. Арнольд В.И., Козлов В.В., Нейштадт А.И. Математические аспекты классической и небесной механики.- М.:Издательство «УРСС», 2002.- 414 с.

138. Арнольд В.И., Гивенталь А.Б. Симплектическая геометрия. 2 изд. – Ижевск: ИКИ РХД, 2000.-251 с.

139. Де Бройль Л. По тропам науки. - М.:Наука, 1962. - 291 с.

140. Ушинский К.Д. Сб.соч. -М.: АПН, 1969. -Т. 5.

141. Рубинштейн С. П. Основы общей психологии. Л.: Изд. Питер, 2001. - 347 с.

142. Пирагов Н.И. Избр. пед. соч. - М.: Мир, 2011. - 229 с.

143. Кудрявцев Т.В. Психологии технического творчества. - М.: Мир, 2001.- 335 с.

144. Матейко А. Условия творческого труда. - М.: Мир, 2011. - 226 с.

145. Низамов Р.А. Дидактические основы активизации учебной деятельности студентов. -Казань: Изд. Казанского университета, 2010. – 289 с.

146. Арынгазин К.М. Введение в смысловую педагогику. Монография.- Караганда: Изд-во КРУ, 2005.-410 с.

147. Мултановский В.В. Курс теоретической физики: классическая механика. Основы СТО. Релятивистская механика: уч. пособие.- М.:Просвещение,1988.- 304 с.

148. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Организация самостоятельной работы студентов по теоретической физике в условиях кредитной технологии. Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: Материалы 7-

й международной конференции (23-25 сентября). - Караганда, 2010. - С. 311-313.

149. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К. Методологические и мировоззренческие проблемы познания физики и роль мышления в них // Вестник АПН Казахстана. – Алматы. – 2011.- № 5. – С.25-32

150. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Применение метода геометрических идей при проблемном изложении материала в курсе «Теоретическая механика»// В мире образования. - №4 - Алматы.- 2009. - С. 10–15

151. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Особенности изложения материала в теоретической физике в условиях кредитной технологии обучения// Вестник ЕНУ. - №6 (73). - 2009. - С. 137-141.

152. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К. Дидактические проблемы преподавания теоретической физики. // Инновации в образовании: ориентиры и тенденции: Сб. докл V междунар. науч.-методической конф. (26-27 апреля 2013 г.) – Алматы, 2013. – С.185-187.

153. Арынгазин К.М., Васильева И.Ф. Трехкомпонентный субъектно-смысловой педагогический процесс// В мире образования. – №5 – Алматы. 2008. – С. 3–7.

154. Арынгазин К.М., Мусенова Э.К., Сейсембекова Т.Е., Кисабекова П.А. Физические и геометрические идеи как закон единства противоположностей. // Вестник Карагандинского университета. - Серия Физика – 2018. – №3 (91). – С. 84-91.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 <i>Геометрические аспекты в построении и развитии теоретической физики</i>	7
1.1 Исторический обзор становления теоретической физики и обоснование необходимости пересмотра методов ее построения	10
1.2 Методические особенности построения теоретической физики и применения геометрических идей	21
1.2.1 Классическая механика	37
1.2.2 Классическая физика	46
1.2.3 Квантовая механика	74
1.2.4 Современная теоретическая физика	83
1.3 Физические интерпретации геометрических пространственно-временных многообразий	89
2 <i>Место геометрии и геометрических идей в физической науке и в теории познания</i>	113
2.1 Геометрические идеи как начало в теоретическом познании физической природы	114
2.2 Физические и геометрические идеи как закон единства противоположностей	122
2.3 Структурно-геометрические проблемы физической теории	139
2.4 Некоторые методологические и мировоззренческие проблемы квантовой теории	154
2.5 Наглядность геометрии	163

3	<i>Применение геометрических идей</i>	174
3.1	Геометрические идеи – как метод построения и изучения теоретической физики	175
3.1.1	Применение метода геометрических идей в классической механике	175
3.1.2	Применение метода геометрических идей в классической физике (электродинамике, ОТО и СТО)	178
3.1.3	Применение метода геометрических идей в квантовой механике	181
3.2	Современные методы геометрических идей в теоретической физике	188
3.3	Фундаментальные принципы физики и геометрия Финслера	199
3.4	Новый подход к современной релятивистской квантовой теории	205
3.4.1	Релятивистские уравнения Дирака	210
3.4.2	Уравнения Эйнштейна	215
3.4.3	О механизме Хиггса	218
3.4.4	Темная энергия и темная материя	220
3.5	Роль геометрических идей в нанотехнологии	222
	<i>Логико-структурные проблемы построения теоретической физики</i>	231
4		
4.1	Современные методы диалектической логики и принципов в физике	231
4.2	Дидактические проблемы преподавания теоретической физики	248
4.3	Методы структурирования теоретической физики	254
4.4	Логико-структурные схемы построения теоретической физики	265
5	<i>Роль геометрических идей в активизации познавательной деятельности студентов</i>	277
5.1	Философские и психолого-педагогические аспекты преподавания физики	277
5.2	Геометрические идеи как метод активизации познавательной деятельности студентов	288
		337

5.2.1	Геометрические идеи как метод применения педагогических принципов	291
5.2.2	Активизация учебной деятельности студентов	295
5.3	Применение принципов смысловой педагогики в методике преподавания теоретической физики	306
5.4	Применение метода геометрических идей при изложении материала в курсе «Теоретическая механика»	311
	Заключение	317
	Список использованной литературы	324

**Арынгазин Канапия Мубаракович
Мусенова Эльмира Куанаровна
Кудусов Арыстан Сатыбалдинович**

МЕТОДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИДЕЙ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Монография

Рекомендовано Ученым Советом Карагандинского государственного
университета им. Е.А. Букетова

Рекомендовано Ученым Советом РК КП «Институт прикладной
математики» КН МОН РК

Подписано в печать 19.12.18 г. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Объем 21,2 п.л. Тираж 500 экз. Цена договор. Заказ № 620

Отпечатано в ТОО «Типография Арко»,
г. Караганда, ул. Сатпаева, 15.