

Философские аспекты физики в работах М.А.Маркова

1. Интерес к философским проблемам физики
2. Трактовка представлений квантовой механики
3. О понятии элементарной частицы
4. Как может выглядеть «Теория Мира»
5. Утверждение примата познания мира

100-летие со дня рождения М.А.Маркова 13.05.1908



М.А.Марков, 100-летие со дня рождения которого мы здесь сегодня отмечаем, большинству присутствующих известен как оригинально мыслящий физик и крупный организатор науки.

Менее известно, что М.А.Марков уже со студенческих лет проявлял большой интерес к философии, в свое время увлеченно изучал труды древних греков и всегда большое внимание уделял теории познания.

О том, каким образом этот интерес к философии отразился в работах М.А.Маркова, я хотел бы рассказать в настоящем докладе.

Становление научных интересов М.А.Маркова

Научное становление М.А.Маркова пришлось на конец 20-х, начало 30-х годов 20 века. Как известно, в первой трети 20 века фактически произошел революционный пересмотр очень многих существовавших ранее представлений об окружающем мире. Я имею в виду:

- а) открытие первых элементарных частиц,**
- б) выявление необычных квантовых свойств материи, приведших к созданию фактически новых наук – квантовой механики и квантовой теории поля;**
- в) пересмотр представлений о пространстве и времени – формулировку специальной, а затем и общей теории относительности; установление математического формализма (уравнение Эйнштейна), связавшего геометрические свойства пространства с материей, обсуждение первых моделей строения Вселенной, открытие нестационарности Вселенной**

Физика в первой трети 20-го столетия

Открытие первых элементарных частиц

- 1897 г. – открытие электрона (Дж. Дж. Томпсон)
- 1919 г. – открытие протона (Э. Резерфорд)
- 1932 г. – открытие нейтрона (Дж. Чэдвик)
- 1932 г. – открытие позитрона (К. Андерсон)

Изменение представлений о пространстве и времени

- 1905 г. – формулировка специальной теории относительности (А.Эйнштейн)
- 1916 г. – формулировка общей теории относительности (А.Эйнштейн)

Формирование представлений квантовой теории

- 1900 г. – представление о квантах (М.Планк)
- 1905 г. – фотон как квант света (А.Эйнштейн)
- 1923-24 гг. – частица как волна (Л. де Бройль)
- 1925 г. – матричная формулировка квантовой механики (В.Гейзенберг)
- 1926 г. – квантовая механика на языке ψ – функции (Э.Шредингер)
- 1927-28 гг. – формулировка квантовой электродинамики (П. Дирак)

Становление научных интересов М.А.Маркова

Это был грандиозный прорыв в науке.

За относительно короткое время были пересмотрены и видоизменены многие базовые физические понятия и представления.

Для человека, проявлявшего обостренный интерес к теории познания (каким был М.А.Марков), подобная трансформация понятий не могла не произвести самого сильного впечатления и существенно повлиять на его творческие устремления.

Он пишет о себе: "Я принадлежу к поколению, во времена которого рождалась и развивалась современная теория элементарных частиц, современная квантовая теория".

Довольно естественно, что именно тогда, в начале 30-х годов, М.А.Марков решил посвятить свои усилия исследованию основных ключевых вопросов физики: как устроена материя, как устроена Вселенная.

И он был последователен. Его основные работы были, как правило, посвящены изучению наиболее важных и принципиальных проблем квантовой теории поля, физики элементарных частиц, космологии.

И хотя эти проблемы далеко не всегда поддавались решению, он каждый раз выдвигал все новые и новые идеи, нередко угадывая и предвосхищая дальнейший ход развития исследований.

Становление научных интересов М.А.Маркова

В качестве примера нетривиальных предлагаемых решений
укажем некоторые из них:

при поисках ответа на появление расходимости в квантовой теории поля
– **делается предположение о некоммутативности оператора поля и
координаты (нелокализуемые поля),**

при анализе значения возможной фундаментальной длины в теории поля
– **предлагается выход на предельные планковские длины ($\sim 10^{-33}$ см),**

при обсуждении возможной предельной массы элементарной частицы
– **возникает идея максимона ($m \sim 10^{-5}$ г) , которая затем перерастает в идею
элементарной черной дыры,**

при обсуждении проблемы сингулярности в космологических моделях
– **выдвигается гипотеза о существовании предельной плотности материи
и зануления гравитационной постоянной при предельных плотностях
(асимптотическая свобода гравитационных взаимодействий).**

Приведенные примеры говорят не только о смелости предлагаемых
решений, но также и о том, что М.А.Марков осознанно отклоняется от
устоявшихся физических представлений, чтобы на новых путях найти
ответ на сложные вопросы теории. Одновременно эта и иллюстрация
того, как современная физика может напрямую вторгаться в сложные
вопросы теории познания и восприятия мира.

Работы М.А.Маркова, посвященные философским проблемам

- 1947 г. “О природе физического знания” , Вопросы философии № 2
- 1960 г. “О современной форме атомизма”, Вопросы философии № 3
(о понятии элементарной частицы)
- 1960 г. “О современной форме атомизма”, Вопросы философии № 4
(о будущей теории элементарных частиц)
- 1970 г. “ О понятии первоматерии “ Вопросы философии № 4
- 1973 г. Макро-микросимметрическая Вселенная, М. Знание, Вып.6
- 1991 г. “О трех интерпретациях квантовой механики” М. Наука

Трактовка квантово-механических представлений

«О природе физического знания»

Статья “О природе физического знания” 1947 г. – исторически первая и наиболее известная статья М.А.Маркова. Была написана в очень сложный период, когда в стране начался поход за искоренение идеализма в науке, и, в частности, в физике. Статья была написана М.А.Марковым по просьбе тогдашнего директора ФИАН академика С.И.Вавилова. Обращаясь к Маркову, Вавилов многозначительно добавил: “Это не только моя личная просьба”. По своим личным склонностям М.А.Марков, может быть, лучше других был подготовлен к написанию такой статьи, но нужно было иметь в те годы нетривиальное научное и гражданское мужество, чтобы написать такую статью. За публикацией статьи последовали нападки, которые превзошли все худшие ожидания. Маркову приписывали проповедь идеализма, агностицизма и, бог знает, чего еще. По счастью компания по искоренению идеализма вскоре закончилась. После тех лет за М.А.Марковым в шутку закрепилось название «классик физического идеализма»

Трактовка квантово-механических представлений

«О природе физического знания»

Название статьи “О природе физического знания” видимо преднамеренно перекликается с названием известной поэмы в стихах древнеримского автора Тита Лукреция Кара «О природе вещей» (1в. до н.э.)

Скрытый смысл – каждому времени необходимо производить критический анализ происхождения своего знания об окружающем мире.

Началу этой философской статьи предшествует замечание М.А.Маркова: «Не случайно физики стали философствовать: они вынуждены философствовать, ибо для современной физики особенно характерно, что ее нельзя излагать, не затрагивая глубоких вопросов теории познания»

В ней для широкой публики излагается привычная для физиков трактовка понятий и представлений квантовой механики в духе принципа дополнительности Н.Бора (так наз. «копенгагенская интерпретация»). Подчеркивается, что «соотношение неопределенности» Гейзенберга есть следствие использования для описания микромира макроскопических переменных: импульса и координаты

Трактовка квантово-механических представлений

«О природе физического знания»

Хотел бы отметить ряд красивых аналогий и сопоставлений в тексте

- Макроскопический прибор **переводит** язык микромира на язык наблюдателя
- Прибор дает **проекцию** микромира на окружающий нас макромир
- Знание всех пересечений конуса с двумерной плоскостью может позволить жителям двумерного мира **восстановить** образ трехмерной фигуры – конуса.

Далее следует важное утверждение

- Макроскопический прибор не ограничивает нашего знания, а лишь придает ему макроскопическую форму

Это означает, что вопреки противоположным утверждениям:

квантовая механика является полной теорией.

Трактовка квантово-механических представлений

«О природе физического знания»

Еще два важных замечания в тексте статьи:

а) о полноте теории

все предложения экспериментов, рассчитанные на то, чтобы привести квантово-механические построения к противоречию, успеха не имели

б) о физической реальности при описании микромира

для математического описания изучаемой реальности и в классической, и в квантовой физике используются физические образы;

критерием правильности описания реальности в терминах этих образов в обоих случаях является требование адекватного отражения поведения изучаемых объектов, независимо от степени наглядности этих образов

- уравнения Максвелла – предсказуемо описывают поведение электромагнитного поля;
- уравнение Шредингера – предсказуемо описывает поведение ψ -функции

Физическая реальность в обоих случаях правильно отображена.

Трактовка квантово-механических представлений

«О трех интерпретациях квантовой механики»

Спустя много лет М.А.Марков возвращается к философским проблемам квантовой механики и в 1991 г. публикует небольшую брошюру

“О трех интерпретациях квантовой механики” М. Наука.

В ней обсуждаются три интерпретации квантовой механики: копенгагенская, статистическая и многомировая

(последняя восходит к Эверетту, 1957 г.)

В этой брошюре М.А.Марков, спустя более чем 40 лет после статьи 1947 г., **снова решительно поддерживает копенгагенскую интерпретацию.**

Важным доводом он считает эксперимент Бибермана, Сушкина и Фабриканта, посвященный дифракции поочередно летящих электронов (1949 г.).

Фактически он делает ненужной конструкцию из ансамбля одинаково приготовленных систем для объяснения результатов этого эксперимента.

А предположение об ансамбле одинаково приготовленных систем есть основа так наз. статистической интерпретации квантовой механики.

Эвереттовскую интерпретацию он находит чрезмерно экзотической (она предполагает одновременное существование множества вселенных для сохранения детерминизма).

Вывод М.А.Маркова – Эвереттовская интерпретация имела бы право на существование, если бы в каких-то экспериментах проявилось существование других вселенных.

Трактовка квантово-механических представлений

«О трех интерпретациях квантовой механики»

В последней брошюре особый акцент делается на вероятностной трактовке измерений в квантовой механике.

В философии существует тезис – случайность есть непознанная необходимость. В известной мере это справедливо по отношению к классической статистической физике. Но это не так в квантовой механике. М.А.Марков подчеркивает, что в этом случае физики столкнулись с новым свойством природы – появлением случайного события как чистого шанса, ничем не обусловленного. М.А.Марков даже использует слова

«абсолютная случайность» и **«абсолютный шанс»**

Известно, что вероятностный характер предсказаний в квантовой механике не согласовывался с той картиной мира, какой ее видел А.Эйнштейн.

Эйнштейн писал: **«Бог не играет со Вселенной в кости».**

Марков мог только возразить: **«Природа играет в кости сама с собой».**

Например, квантовые распады элементарных частиц есть проявление акта абсолютной случайности.

Понятие элементарной частицы

М.А.Марков пришел к необходимости обсудить вопрос о понятии элементарной частицы в конце 50-х годов, когда число частиц стало неудержимо увеличиваться. В момент написания статьи их было 32. Можно ли говорить при современном развитии физики о существовании **истинно** элементарной частицы (современный «атом»)?

При общепhilosophическом обсуждении этого вопроса Марков считает, что **идея существования исходных элементарных сущностей бесспорно предпочтительнее, чем бесконечное дробление этих сущностей.**

В то же время он делает два важных замечания:

- 1) наблюдаемые массивные частицы являются квантами соответствующих полей, поэтому соотношение дискретного и непрерывного в современной физике носит весьма нетривиальный характер: **поле и его кванты;**
- 2) каждая частица в силу присущим им взаимодействиям окружена облаком других частиц и поэтому вопрос: **«что» из «чего»** состоит, вообще говоря, теряет свой простой смысл.

Понятие элементарной частицы

Обсуждая в этом плане модную в те годы модель «ядерной демократии»

(для сильно взаимодействующих частиц) М.А.Марков пишет:

«Если все частицы необходимы для построения образа каждой из них, то естественно искать какой-то другой **«материал»**, **более элементарный** в том смысле, что он явился бы **общим для всего списка элементарных частиц»**

Если угодно, можно это высказывание М.А.Маркова в 1960 г. расценивать как предвидение «кварков». Модель «кварков» была предложена в 1964 г.

Кстати, систематика элементарных частиц, предложенная М.А.Марковым в 1955 г., также шла в направлении уменьшения числа элементарных объектов.

С позиций сегодняшнего дня Стандартная Модель элементарных частиц, в основе которой лежат три семейства кварков и три семейства лептонов, в какой-то мере выполняет програму Маркова по минимизации элементарных сущностей. Но она далека от того, чтобы претендовать на роль будущей теории элементарных частиц.

О будущей теории элементарных частиц

По мысли М.А.Маркова будущей теорией элементарных частиц
должна быть теория

«...из которой могли бы быть выведены все массы частиц,
все специфические константы взаимодействия»

В связи с обсуждением контуров будущей теории элементарных частиц М.А.Марков обращает внимание на серию статей В.Гейзенберга (1958-59 гг), в которых была сформулирована теория спинорного поля с наличием принципиальной нелинейности (самовзаимодействие!). В ней была сделана первая попытка получения электромагнитной постоянной из системы уравнений. И хотя сама попытка была не очень успешной, Марков видел в ней возможный прообраз теории, в которой характеристики частиц выводились из написанных уравнений (типа задачи на нахождение собственных значений).

Нелинейность позднее пришла в аппарат физики частиц с утверждением в ней калибровочных теорий поля и формулировкой Стандартной Модели, но это была все же не та нелинейность, которая играла важную роль в построении теории В.Гейзенберга

О будущей теории элементарных частиц

Стандартная Модель не может пока претендовать на то, чтобы быть будущей теорией частиц, хотя бы потому, что она заимствует все характеристики частиц из эксперимента. На конференциях, как правило, присутствует секция “Beyond Standard Model” («За пределами Стандартной Модели»). Это указание на необходимости расширения модели, изучения физики за пределами существующих энергий, при существенно меньших длинах и т.п.

Хотелось бы подчеркнуть, что в обсуждаемой статье 1960 г. Марков с целями более глубокого проникновения в закономерности микромира настоятельно подчеркивает необходимость изучения процессов на очень малых расстояниях (вплоть до длин $\sim 10^{-33}$ см). Это могло быть шагом в направлении создания будущей теории элементарных частиц.

С долей иронии Марков в 1960 г. называет будущую теорию частиц «Теорией Мира». Но спустя 30 лет за рубежом уже совершенно серьезно стали обсуждать построения, которые без ложной скромности именуется «Теорией Всего» («Theory of Everything»). Иногда эта теория называется M-theory (Master Theory)

О будущей теории элементарных частиц

По идее «Теория Всего» могла бы мыслиться как всеобъемлющее математическое построение, которое, учитывая все связи в микромире и макромире, должно было бы выдать в качестве самосогласованного решения не только весь набор элементарных частиц, их массы, все их характеристики, но и все устройство Вселенной.

Мыслимо ли это даже в принципе – большой вопрос.

Скорее всего мы будем приближаться к такому решению по стадиям

Есть другой важный вопрос, относящийся к решениям уравнений, фигурирующих в «Теории Всего». Единственно ли их решение?

Или есть много различных версий «Всего»?

Этот вопрос перекликается с известным высказыванием А. Эйнштейна:

"Что меня действительно интересует, это имел ли Бог выбор, когда он создавал Мир"

Вопрос единственности законов природы в окружающем нас мире постоянно занимал также и М.А.Маркова.

Упомянутое высказывание А. Эйнштейна не раз цитируется в его статьях.

О будущей теории элементарных частиц

«Макро-микросимметрическая Вселенная»

В связи будущей теорией элементарных частиц хотел бы упомянуть об одной экзотической возможности возникновения элементарных частиц, которую Марков обсуждал в статье «Макро-микросимметрическая Вселенная» Марков обращает внимание на то, что замкнутый мир с критической плотностью при наличии в нем электрического заряда размыкается и предстает внешнему наблюдателю как микроскопическая частица с малой массой и небольшим зарядом ($m \sim 10^{-6}$ г, «фридмон»)

Марков пишет: «Если бы Господь Бог по своему произволу начал творить вселенные с критической плотностью, вселенные, различные по числу галактик..... по полному электрическому заряду, то через некоторое время творец увидел бы вместо различных вселенных ансамбль тождественных микроскопических частиц –электростатических фридмонов».

О понятии первоматерии

Понятию первоматерии М.А.Марков посвящает специальную статью
Эта тема тесно переплетается с задачей построения
будущей теории элементарных частиц

Первоматерию можно мыслить более узко – как материал, из которого строятся так наз. «фундаментальные» частицы, например, кварки или на следующем этапе – составляющие кварков «преоны», лептоны и т.п. Или более широко – как материал, из которого строится на начальном этапе Вселенная, т.е. «Весь Мир». Здесь в качестве претендента на первоматерию в настоящее время выступает
первичное скалярное поле.

Опасение, которое Марков высказывает в статье, – исходные свойства, приписываемые первоматерии, будут задаваться аксиоматически. В этом случае происхождение свойств первоматерии будет выведено из сферы обсуждения. Но если это так – это будет означать конец знанию! Такое понимание первоматерии, как оговаривается Марков, не соответствует его научному вкусу (эквивалентно абсолютному знанию)

О понятии первоматерии

Марков в обоснование своих опасений об абсолютизации первичных понятий и представлений приводит очень выразительные примеры из прошлого науки, используя цитаты из И.Ньютона и И.Канта.

Например, И.Ньютон (конец 17 столетия) с уверенностью пишет:
«Бог с самого начала сотворил вещество в виде твердых, весомых, непроницаемых, подвижных частиц и .. этим частицам он придал такие размеры и такую форму, и такие другие свойства, и создал их в таких относительных количествах, как ему нужно было для этой цели, для которой он их сотворил»

И, Кант в трактате «Критика чистого разума» (середина 18 столетия) утверждает, что «время (наряду с пространством) является **априорной** формой восприятия» и подробно это обосновывает.

Время у него – это абсолютное время в ньютоновской механике, пространство – это пространство с эвклидовой геометрией.

О понятии первоматерии

Симптомы похожей тенденции присутствуют и в наше время.

Например, физики единодушно приняли кварки как основу сильновзаимодействующей материи.

Но необычные свойства кварков (например, дробный электрический заряд, наличие трех цветов) пока принимаются как априорная данность.

Природа первичного скалярного поля практически также не обсуждается, хотя идее инфляции уже более 25 лет.

Марков в своей последней статье «Размышляя о Вселенной» пишет: «В существующей литературе нельзя получить какого-нибудь вразумительного описания начального состояния инфляционного периода, кроме пояснения основной идеи:

“на самых ранних стадиях эволюции вселенная могла бы находиться в неустойчивом вакуумообразном состоянии, обладающем большой плотностью энергии”

Вывод М.А.Маркова:

Первоматерия – философски достаточно спорная концепция

Утверждение примата познания мира

Если говорить о направлении исследований в микромире, которому М.А.Марков отдавал особое предпочтение, то оно четко сформулировано в статье «Будущее науки» (1973 г.):

«Генеральная проблема микрофизики – исследовать физические явления во все меньших пространственно-временных областях. Это генеральная проблема мировоззренческого характера – она имеет абсолютную ценность независимо от результата исследования... Это стремление знать для человечества представляет цель, к которой оно всегда будет стремиться»

На этом направлении (как полагал Марков) можно было бы ожидать нового изменения физических представлений и, возможно, новых подвижек как в теории познания, так и в плане общей философии восприятия мира.

(LHC – поиски Хиггс-бозона, SUSY-частиц, дополнит.размерности и т.д.)

Будучи более 20 лет академиком-секретарем, М.А.Марков делал все от него зависящее, чтобы его понимание генерального направления развития микромира претворялось в конкретные дела в нашей стране.

И сделано было немало.

Утверждение примата познания мира

В этом плане М.А.Марков демонстрировал удивительное сочетание ученого, интересовавшегося абстрактными проблемами философии, с человеком, постоянно проповедовавшего философию активного действия. Развитие физической науки и более общо распространение современных знаний о мире всегда были одними из важных приоритетов его деятельности.

Когда М.А.Марков стал членом Совета и Исполкома Пагуошского Движения ученых (1973 – 1987), это дало ему новые возможности для изложения своих взглядов на роль и значение науки и ученых в современном обществе «..сегодня мы говорим о высшей ответственности ученых – ответственности за дальнейшее существование человечества» «Ученые и будущее человечества» - 1981 г. Марков называет ученых «впередсмотрящими», людьми, которые должны предупредить человечество о грозящей ему опасности. Новое военное столкновение он расценивал как реальную угрозу цивилизации и, среди его возможных следствий, гибель великолепного здания науки.

Утверждение примата познания мира

Он не устает повторять:

«...познавательный аспект интеллектуальной деятельности, заложенный в самой природе человека, – одна из потребностей чувствующего и мыслящего существа, которая так же естественна и необходима, как и другие потребности живого организма»

«Будем надеяться, что накопление духовных ценностей станет играть все большую роль в будущей истории человечества».

М.А.Марков «Ученые и будущее человечества» - 1981 г.