

УДК 165.3

## **РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГИПОТЕЗЫ В СТАНОВЛЕНИИ НЕКЛАССИЧЕСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**А.А. Шестаков\*, Т.Г. Стоцкая\*, Х.И. Мингулов\*\***

\*ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», г. Самара

\*\*ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара

Статья посвящена анализу роли математической гипотезы в становлении неклассического естествознания. Особое внимание уделяется осмыслению места математической гипотезы в процессе становления квантовой теории.

**Ключевые слова:** *научное исследование, предпосылки познания, математическая гипотеза.*

Базовым трендом истолкования *differentia specifica* *научного исследования* в современной методологии науки является его позиционирование в качестве постановки и решения возникающих в познании *проблем*. Такое понимание исследовательской деятельности было обстоятельным образом обосновано Карлом Поппером в целом ряде работ. Наиболее емко эта точка зрения представлена в «Некоторых замечаниях о проблемах и росте знания. Эволюция и древо познания: *«Рост знаний идет от старых проблем к новым проблемам, посредством предположений и опровержений»* (курсив К. Поппера. – Авт.) [1, с. 249]. Что же касается самой абстрактной формулировки «работать над проблемами», то она означает способность выдвигать и подвергать критическому осмыслению все новые и новые догадки, содержательно формулируемые в виде гипотез. В итоге получается картина в некотором смысле схожая с теорией естественного отбора Чарльза Дарвина: «...нежизнеспособные гипотезы устраняются в процессе... конкурентной борьбы» [там же, с. 250].

Изучение гипотезы, осмысление ее места и роли в научном познании имеют большую историю. Как уже можно было понять из изложенного выше, своего рода классиком в изучении данного теоретического конструкта является К. Поппер. Было бы несправедливым не указать в этой связи имя и Анри Пуанкаре (см.: [2]). Что же касается отечественной методологии науки, то следует особо выделить труды, если можно так выразиться, «пионеров» в изучении указанного когнитивного феномена – П.В. Копнина [3], Л.Б. Баженова [4] и И.Н. Меркулова [5]. Именно в их работах было обозначено предметное поле изучения названного конструкта, намечены перспективные направления его анализа. Стоит подчеркнуть, что достаточно полная общетеоретическая про-

работка данного вопроса оказалась сопряженной с недостаточным осмыслением рассматриваемой проблематики в контексте истории развития естествознания. В этом плане можно указать, пожалуй, лишь на диссертационные исследования А.Т. Геворкяна, В.П. Косолапова и С.Ю. Саурова, посвященные изучению этой многогранной проблемы (См.: [6; 7; 8]). Отдавая дань уважения работам авторов, обратившихся к материалам естественных наук, отметим, что в них вопросы, касающиеся функционирования гипотетического знания в структуре неклассического естествознания, анализируются лишь в первом приближении, без какого-либо обстоятельного уяснения специфических черт гипотезы как важнейшего средства постановки и решения научных проблем. Именно эта проблематика и будет предметом последующего рассмотрения.

Работы, посвященные различным аспектам становления неклассического естествознания, свидетельствуют, что определяющим методом построения новейших теорий является *математическая гипотеза*. История естествознания показывает, что теоретическая схема познания микромира – квантовая теория – была создана именно в результате математического приближения классических объектов и уравнений. С использованием такой исследовательской технологии получили свое обоснование теории Планка, Бора, Бора-Зоммерфельда, идея корпускулярно-волнового дуализма де Бройля, сформулирована механика матриц Гейзенберга, получила путевку в жизнь волновая теория Шредингера и целый ряд других весьма значимых теоретических конструкций. Можно высказать предположение, что именно метод математической гипотезы сыграл исключительную роль в становлении неклассического описания в физике, благодаря именно этому методу был разработан теоретический аппарат работы с микрообъектами. Для предметного осмысления данного вопроса обратимся к интеллектуальной истории обоснования квантовой механики.

В качестве предваряющего шага выскажем предположение, что удачное решение Максом Планком проблемы теплового излучения было связано с использованием математического подхода в изучении физической реальности, а конкретно – метода математической гипотезы. Основываясь на модельных представлениях (где излучающее тело – совокупность вибраторов, своего рода аналогов классических макроскопических вибраторов Герца), известный физик вывел уравнение, связывающее энтропию и энергию вибраторов. Убедившись в неполноте этого закона, ученый предпринял ряд шагов по изменению математических форм, связывающих названные выше переменные. Вполне естественно, что осуществление данной процедуры было ограничено целым рядом параметров – экспериментальными данными, с одной стороны, и математическими связями между физическими величинами (закон смещения Вина, термодинамическое соотношение) – с другой. В результате Планк, «находясь» между двумя пограничными случаями – результата-

ми, выведенными Вином, с одной стороны, и вновь полученными опытными данными, с другой – обнаружил новые математические формы, связывающие энтропию с энергией вибратора, и – в качестве следствия – описывает излучение черного тела. В процессе вывода формул ученый предпринял попытку экстраполировать на изучаемые явления математические принципы уже давно концептуализированных явлений классической физики. Данная процедура была выполнена успешно при условии сохранения математических форм. Классические формулы для непрерывных излучений известный физик использовал в области дискретности. Необходимо подчеркнуть, конечно, что проведенная процедура все же была неявной. Ее итогом стало выдвижение гипотезы о квантованности электромагнитного излучения и световых квантах. Конечно, вряд ли имеются основания квалифицировать гипотезу квантов именно как *математическую гипотезу*, поскольку речь идет о физической схожести процессов излучения и поглощения энергия. Но она позиционировала себя как сугубо *физическое* объяснение математической гипотезы, а также как результат математических преобразований, осуществленных над атомистическими формулами Больцмана и Вина. Как видим, наряду с физической идеей взаимосвязи энтропии и вероятности, Планк привлек и математический аппарат, раскрывающий эту связь. Результатом интеллектуальной операции стала идея дискретности. Итак, проведенные преобразования сделали возможным математическое обоснование описанного выше физического факта. В силу данных обстоятельств, хотя сама гипотеза световых квантов и относится к описанию физической реальности, конкретное количественное соотношение для энергии ( $E = h\nu$ ) является математической гипотезой (см. подр.: [9, с. 64]).

Поскольку рассмотренная выше гипотеза квантов была физической, то она и предполагала соответствующее обоснование. Отметим, что в тот период времени единственным подтверждением этой конструкции было то, что она позволяла получить аналитическую формулу для черного излучения. Представляется ясным, что только данного обстоятельства было недостаточно для выдвижения физической гипотезы. Особо подчеркнем, что великий физик предпринял поистине титанические усилия, пытаясь вписать квант в классическую физическую теорию. Однако подтвердить или же опровергнуть эту гипотезу могло только последующее развитие естествознания. Позднее систематическая опытная и теоретическая проверка данной гипотезы была осуществлена целым рядом ученых, в частности такими признанными авторитетами науки как, Бор, Эйнштейн, Эренфест. Нельзя не отметить, что работы Эйнштейна в еще большей степени усугубили противоречия, связанные с изучением природы света. В самом деле, способность объяснить явление фотоэффекта содержалась в квантовой трактовке света, в то время как были проведены сотни опытов, утверждавших, что свето-

вой поток – феномен волнообразный. Неверная трактовка, базирующаяся в описании квантовой гипотезы на теоретических постулатах *классической физики*, привела к отрицанию большинством ученых как теории Планка, так и эйнштейновской идеи о квантах света. Отметим, что полностью указанные выше идеи подтверждены были лишь после работ Франка-Герца и создания Нильсом Бором квантовой теории атома (см. подр.: [10, с. 50]).

Какие выводы можно сделать на основании изложенного выше материала? На примере создания Максом Планком основ квантовой теории можно проследить характерные признаки использования метода математической гипотезы: речь идет об экстраполяции классических уравнений на новую предметную область при абсолютном отказе от их физического представления, использовании в теории с самого начала фундаментальных законов физики, промежуточных проверках гипотезы фактами, основанными на экспериментах (излучение черных тел – фотоэффект – опыт Франка-Герца – теории атома), трудностях в собственно физической интерпретации выведенных математических уравнений.

Теория атома Нильса Бора была обращена на области спектрального анализа и химических свойств элементов. Отметим, что в теории излучения черных тел встречаются ссылки на «непрерывные спектры», которые были известны еще со времен Исаака Ньютона. Однако в 1859 г. Роберт Вильгельм Бунзен и Густав Кирхгоф, поместив в горящую горелку поваренную соль, обнаружили существование линий в спектре излучения. Впоследствии было доказано, что молекулы и других элементов также дают линейчатые спектры, и зафиксировано уменьшение расстояний между соседними линиями серий при движении к «фиолетовой» области. Также отмечалась и определенная закономерность в интенсивности линий спектра. Учеными предпринимались попытки подогнать математические формулы для длин волн линии спектра, которые все-таки привели к успеху в 1885 г. Речь идет о работе Иоганна Якоба Бальмера, эмпирическим образом получившего формулу для одной из серий спектра атомарного водорода. Впоследствии схожие формулы были получены Пфундом, Лайманом, Пашеном и Брэккетом. В результате анализа стало очевидным, что дискретность спектров связана со свойством атомной системы. Необходимо отметить, что классическая электродинамика, базируясь еще на доквантовых представлениях, вообще не могла объяснить устойчивое существование излучающего света атома в течение более чем  $10^{-9}$  сек. Решение этой проблемы, тем не менее, было предложено Бором. Оно состояло в идее квантования еще одной величины: момента импульса электрона. Это утверждение приводило к представлению о невозможности движения электрона по любой орбите [там же, с. 51].

Нельзя не видеть, что разработанная датским физиком теория содержала множество новаций: она пояснила спектр водорода, позволила теоретически рассчитать постоянную Йоханнеса Ридберга, уточнила представления о спектре элемента гелия, показала отличие постоянной Ридберга для атомов водорода и гелия. Основываясь на спектроскопических данных, известный ученый вычислил основную величину электронной теории – отношение заряда и массы электрона. Позднее идеи датского физика были развиты Вудро Вильсоном и Арнольдом Зоммерфельдом, осуществившими замену круговых орбит электрона на эллиптические. Этим шагом в научный оборот были введены элементы релятивистской механики. Такого рода нововведения имели весьма глубокие эвристические следствия, позволившие объяснить структуру спектров, эффект Йоханнеса Штарка и спектроскопию рентгеновских лучей. Весьма наглядные успехи данной теоретической конструкции свидетельствовали, что в ее основании в какой-то мере заложена сущность явлений микромира. Это подтверждало гносеологическую установку Нильса Бора, отказавшегося от создания классической модели атома. Основываясь на существующей модели атома Резерфорда и используя классические уравнения, известный физик поменял смысл входящих в них величин, проквантовал их, «забрав» у электрона тем самым возможность излучать при движении по орбите (хотя он и движется с ускорением), и вывел новую физическую теорию. Нетрудно увидеть, что в отличие от формулы Йоганна Бальмера постулаты Бора не являются эмпирическими, а построены с помощью математической гипотезы (см. подр.: [11]).

Попробуем пояснить этот тезис. Начав с вопроса, какие изменения нужно внести в классическую механику и электродинамику, великий физик создал для кинетической энергии электрона новую математическую форму, аналогичную кинетической энергии осциллятора Планка. Однако из названной теории ученый сохранил лишь математическая форму, заменив ее физический смысл. Квантованный вид энергии ротатора привел, соответственно, к квантованию импульсов и дискретности орбит. Отметим, что постулат квантованности орбит представляет собой, в свою очередь, математическое соотношение между параметрами системы, а методом его построения выступает аналогия. Условия частоты у Бора – это аналогии между вибратором Планка и атомом как излучающими системами. На этом основании квантовый закон излучения можно квалифицировать как закон, основанный на принципе соответствия посредством видоизменения классического уравнения.

Нельзя не отметить, что в начале 20-х гг. прошлого века наряду с успехами теории Бора-Зоммерфельда стали выявляться и ее недостатки: она, в частности, не объясняла таких явлений, как «дисперсия», «поглощение», «рассеяние света», а точные количественные расчеты спектров были получены только для атома водорода. Кроме того, в ней мы

не находим объяснения целого ряда физических феноменов – эффектов Пашена-Бака, аномального эффекта Зеемана, тонкого и сверхтонкого расщепления спектральных линий и т.д. Представляется ясным, что сложившуюся ситуацию могла разрешить лишь новая теория кванта, новая, подчеркнем, как в сугубо физическом смысле, так и чисто математически. Речь, как можно догадаться, идет о квантовой механике.

Для новой теории атомных процессов характерны два аспекта: во-первых, она означала собой признание идеи дискретности. Законы классической физики, как известно, не ограничивали количественные значения входящих в них величин, т.е. утверждалось, что они выполняются для сколь угодно малых масс, энергий и т.д. Новая теория была замечательна тем, что ввела постулат Планка в свои исходные уравнения. На этом основании уравнения оказались приемлемыми для описания микропроцессов, где величины действия сравнимы с постоянной Планка. Иными словами, указанная теория выступала как уточнение классической механики, результат последовательного отображения роли дискретности в процессах микромира. Как известно, первый вариант квантовой механики (так называемая матричная механика) был предложен в работах В. Гейзенберга, М. Борна, П. Йордана. На протяжении нескольких лет в физике доминировала следующая схема: сначала изучаемый процесс рассматривался в рамках классической теории с использованием квантовых условий Бора–Зоммерфельда, потом в соответствии с принципом соответствия координата и импульсы раскладывались в ряды Фурье, и от полученной совокупности классических частот эти ряды переходили к квантовой частоте. Данный метод можно охарактеризовать как «обходной»: отсутствие точных правил преобразования часто приводило к ошибкам. В этой связи Вернер Гейзенберг предложил заменить операции над величинами операциями над их совокупностями. Анализ материала позволил ученому вывести основные уравнения своей теории, приблизить квантово-механическое явления к старым уравнениям, придав им новый смысл. Если обстоятельно рассмотреть предысторию создания матричной механики, можно увидеть, что этот мыслительный анализ стал возможен на основании накопленного опыта применения математической гипотезы на протяжении многих лет в рамках теоретической концепции Бора.

В исследованиях Луи де Бройля основную роль играла гипотеза световых квантов Эйнштейна. Ученый, пытаясь найти выход из затруднений теории Бора–Зоммерфельда, пришел к заключению, что для объяснения дискретности в явлениях микромира нужно использовать понятие *волны*, т. е. опереться на представления о непрерывности. Отметим, что теория Эйнштейна к середине 20-х гг. прошлого века обрела еще большую популярность. И определяющую роль в ее признании сыграло объяснение эффекта Комптона, противоречившего, как известно, классической теории излучения. Возврат к корпускулярной теории света ак-

туализировал вопрос о том, корректно ли признавать свет только волнами или только потоком частиц. К сходному выводу пришел и де Бройль, когда размышлял над схожестью математической формы уравнений оптики и механики. Конкретно речь шла об аналогии между фундаментальными законами: принципом наименьшего действия (ПНД) в механике и принципом Ферма в оптике. В качестве необходимой исторической справки отметим, что впервые этот вопрос был поставлен в работах П.Л. де Мопертюи еще в XVIII в., но тогда он носил полуэмпирический характер, обусловленный представлением о свете как потоке корпускул, да и сам французский естествоиспытатель объяснял принцип наименьшего действия (ПНД) божественным провидением. Математически конкретную форму ПНД обрел в работах Гамильтона, явившихся результатом использования оптико-механической аналогии. Что удивительно, после Гамильтона оптико-механическая аналогия была практически забыта. Ее заново открыли, когда развитие науки стало просто невозможным без ее использования (см. подр.: [12, с. 139]). Возвращаясь снова к исследованиям де Бройля, отметим, что он увидел аналогию математического выражения между принципами Ферма и Мопертюи, поэтому и пришел к выводу, что корпускула и волна тесно связаны между собой. Путем преобразования классического уравнения ученый пришел к новому, которое получило соответствующую физическую интерпретацию. Речь идет, как видим, опять о применении метода математической гипотезы.

Следующий шаг в изучении рассматриваемой проблемы был сделан Э. Шредингером. Основываясь на аппарате классической физики, этому ученому удалось найти уравнение, которое было положено в основание волновой механики. В отличие от создателя матричной механики, Шредингер стремился связать квантовую теорию с классической физикой, демонстрируя их тесную связь. В марте 1926 г. этот ученый оперировал обычными дифференциальными уравнениями. Это привело к утверждению, что вместо квантового условия можно свести задачу квантования к математическому условию. Иными словами, математический аппарат классической физики уже позволял решать отдельные задачи, где важную роль играли дискретные физические величины, к примеру задачу о колебаниях закрепленной струны или мембраны, когда возбуждаются лишь те колебания, которые целое число раз укладываются в длину струны. Математически же эти колебания описываются дифференциальным уравнением в частных производных, а дискретность частот или длина волн логично возникают при решении такого уравнения. Похожий характер имеет целый класс волновых уравнений. Немецкий физик, выводя эти уравнения, преобразовал известные в классической механике уравнения Гамильтона–Якоби к квантовому виду, наделив входящие в них величины новым физическим смыслом. Это также был чисто математический вывод. Опять математический переход

был осуществлен, оставалось только придать ему соответствующий физический смысл (см.: [13, с. 134]).

Общеизвестно, что первая половина XX в. связана с формированием неклассической науки. Эта трансформация была подготовлена, в первую очередь кризисом мировоззренческих установок классического рационализма (см. подр.: [14;15]). В сфере научного поиска этот кризис сопровождался цепью фундаментальных открытий в разных областях знания. Научное сообщество пришло к пониманию относительной истинности не только отдельных научных теорий, но и всей картины природы. При этом важно подчеркнуть, что неклассическая наука отнюдь не вытеснила классическую, а лишь ограничила сферу ее применимости. Именно в неклассическую эпоху теоретическая физика начала активно использовать метод математической гипотезы [16, с. 63]. Что же касается современной постнеклассической науки, то ее ориентация на исследование исторически развивающихся систем вновь перестраивает нормы исследовательской деятельности: вводятся новые методы исторической реконструкции, аппроксимации, широко применяется компьютерное программирование. Для решения возникающих теоретических задач применение метода математической гипотезы остается вполне оправданным и может привести к ценным познавательным результатам. Корректно продемонстрировать это – задача последующих исследований.

### **Список литературы**

1. Поппер К. Р. Некоторые замечания о проблемах и росте знания. Эволюция и древо познания // Поппер К.Р. Объективное знание. Эволюционный подход. М.: Эдиториал УРСС, 2002. С. 249–255.
2. Пуанкаре А. Наука и гипотеза. М.: Либроком, 2010. 240 с.
3. Копнин П. В. Гипотеза в познании действительности. Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1962. 179 с.
4. Баженов Л.Б. О гипотезе в естествознании // Вопросы философии. 1962. № 9. С. 154–164.
5. Меркулов И.Н. Метод гипотез в истории научного познания. М.: Наука, 1984. 188 с.
6. Геворкян А.Т. Место гипотезы в методологии физики конца XIX и начала XX века: дис. ... канд. филос. наук. Ереван, 1973. 176 с.
7. Косолапов В.П. Гипотеза в структуре познавательной задачи: дис. ... канд. филос. наук. Саратов, 1978. 180 с.
8. Сауров С.Ю. Феномен гипотезы в естественнонаучном познании: дис. ... канд. филос. наук. Киров, 2007. 189 с.
9. Хайтун С.Д. Трактовка энтропии как меры беспорядка и ее негативное воздействие на современную научную картину мира // Вопросы философии. 2013. №2. С. 62–73.

10. Агошкова Е. Б., Новоселов М.М. Интервальность в структуре научных теорий // Вопросы философии. 2013. № 4. С. 44–57.
11. Бряник Н. В. Философский смысл картины мира неклассической науки // Вопросы философии. 2013. № 1. С. 93–103.
12. Степин В.С. Философская антропология и философия науки. М.: Высшая школа, 1992. 191 с.
13. Степин В.С., Елсуков А.Н. Методы научного познания. Минск: Высшая школа, 1974. 152 с.
14. Шестаков А.А. Мировоззренческие основания познания: Критика идеалистических концепций. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1988. 127 с.
15. Шестаков А.А. «Telos» европейской мысли: трансцендентальная традиция как философский опыт спасения человека. // Вестник Самарского государственного университета. Гуманитарный выпуск. 1999. № 3. С. 3–10.
16. Степин В.С. Наука и философия // Вопросы философии. 2010. №8. С. 58–75.

## **THE ROLE OF MATHEMATICAL HYPOTHESIS IN THE FORMATION OF NON-CLASSICAL NATURAL SCIENCE**

**A.A. Shestakov\*, T.G. Stotskaya\*, H.I.Mingulov\*\***

\* Samara State University of Architecture and Civil Engineering, Samara

\*\* Samara State University of Economics, Samara

The article examines the role of mathematical hypothesis in the formation of non-classical natural science. Particular attention is paid to the understanding of mathematical hypothesis significance in the development of quantum theory.

**Keywords:** *scientific research, background knowledge, mathematical hypothesis.*

*Об авторах:*

ШЕСТАКОВ Александр Алексеевич – доктор философских наук, профессор кафедры социально-гуманитарных наук ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», Самара. E-mail: shestakovalex@yandex.ru

СТОЦКАЯ Татьяна Геннадьевна – доктор философских наук, профессор кафедры социально-гуманитарных наук ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», Самара. E-mail: stotskaya@yandex.ru

МИНГУЛОВ Хамзя Ильясович – кандидат физико-математических наук, проректор ФГБОУ ВПО «Самарский государст-

венный экономический университет», Самара. E-mail: mingulov@mail.ru

*Authors information:*

SHESTAKOV Alexandr Alexeevich – Ph.D., Prof. of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering, Samara. E-mail: shestakovalex@yandex.ru

STOTSKAYA Tatiana Gennadievna – Ph.D., Prof. of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering, Samara. E-mail: stotskaya@yandex.ru

MINGULOV Hamzya Ilysovich – Ph.D., vice-president of the Samara State University of Economics, Samara. E-mail: mingulov@mail.ru