

НЕКЛАССИЧЕСКАЯ НАУКА. ОТ ПРЕДМЕТОВ К ПРОЦЕССАМ

NONCLASSICAL SCIENCE. FROM OBJECTS TO PROCESSES

В. И. НИКИТИН, канд. ист. наук

Раскрываются причины и содержание одной из переломных эпох в развитии науки, по существу означавшей научную революцию в познании человеком окружающей его объективной реальности. Показано, как в результате выдающихся открытий второй половины XIX – первой четверти XX вв. современная наука перешла от изучения материально-предметных объектов к исследованию фундаментальных процессов в природе и обществе. Делается вывод, что современная наука, отказавшаяся от ньютоновских линейных моделей, стала характеризоваться фундаментальным программным дуализмом.

Ключевые слова:

Вероятность, время, движение, дополненность, квант, масса, неопределенность, относительность, пространство, поле, электродинамика, энергия

The reasons and the content of one of the critical epochs in the development of science, essentially meaning a scientific revolution in human cognition of the objective surrounding reality. It is shown that as a result of the outstanding discoveries of the second half of the XIX century – first quarter of the XX century modern science has moved from the study of material objects to the study of fundamental processes in nature and society. It is concluded that modern science has abandoned the Newtonian linear models, and is characterized by a fundamental programmatic dualism.

Key words:

Complementarity, electrodynamics, energy, field, mass, motion, probability, quantum, relativity, space, time, uncertainty

На протяжении практически двух столетий возникшая в конце XVII в. наука в представлении ученых развивалась как бы по восходящей экспоненте, постоянно добавляя к полученным всё новые и новые знания, пополняя и наращивая уже имеющийся научный багаж.

Во второй половине XIX в. сложилась даже особая, так называемая кумулятивная теория, создателями которой считались О. Конт, Г. Спенсер и, особенно, П. Дюгем, который утверждал, что развитие науки всегда происходило абсолютно непрерывно, вне зависимости от споров и дискуссий среди ученых, т.е. кумулятивно.

В те времена наука развивалась как бы отдельными лакунами: физика, механика

и оптика сами по себе, геология и биология – тоже, химия только зарождалась и т.д., и т.п. В научном познании доминировали первые три отрасли знания, особенно механика, опиравшаяся на идеи И. Ньютона и заложившая основы многих технических наук на базе бурно развивавшегося в те годы промышленного капитализма.

Мир с научных позиций рассматривался как некий единый механический организм, в котором безраздельно правили законы механики. Предпринимались даже попытки создать особую «социальную механику», или некую «социальную физику» для обоснования процессов, протекающих в обществе.

Ученым и философам того времени наука представлялась в виде своего рода пирамиды, символизирующей цельную непротиворечивую картину мира, основанием которой выступали теоретические идеи И. Ньютона. Задача науки мыслилась как поступательное восхождение по ступеням знаний к вершине абсолютной истины (абсолютного знания), а философии – к абсолютному разуму.

Однако два выдающихся открытия в физике в конце XIX в. нанесли сокрушительный удар по ньютоновской модели построения мира. Это теория электромагнитного поля Джеймса Максвелла и открытие радиации, на базе которой в дальнейшем возникла квантовая теория.

Однако эти открытия не возникли случайно: они опирались на целую плеяду выдающихся научных достижений XIX столетия. Одни из них в дальнейшем не прошли проверку временем и были отброшены за ненадобностью; другие вроде бы способствовали упрочению ньютоновской модели науки; третьи явно не соответствовали ей или вступали с ней в неразрешимое противоречие. Достаточно лишь перечислить несколько примеров в подтверждение вышесказанного [2].

Так, в 1804 г. Т. Юнгом была выдвинута идея неподвижного, не увлекаемого Землей эфира, который якобы заполняет всё пространство Вселенной и не позволяет небесным телам срываться со своих орбит. Она настолько понравилась физикам, что до 80-х годов XIX в. ее никто не удосужился проверить экспериментально. И только в 1881 г. сначала А. Майкельсон а затем в 1887 г. он и Э. Морли провели эксперимент по обнаружению «эфирного ветра» для определения влияния Земли на скорость света. И тогда стало ясно, что никакого эфира не существует.

В 1846г. И. Галле по расчетам У. Леверье открыл новую планету – Нептун, что было очередным триумфом механики Ньютона.

В 1842 г. Ю. Майер открыл закон сохранения энергии, который с исчерпывающей полнотой сформулировал и описал в 1847 г. в своей работе «О сохранении силы» Г. Гельмгольц. Несколько ранее, в 1844 г. М. Фарадей выдвинул идею поля. Она выкристаллизовывалась у него из представления о силовых линиях и приобрела в дальнейшем фундаментальное значение для всей современной физики.

По мнению А. Эйнштейна, идея поля Фарадея является самым важным открытием со времен Ньютона, которое со временем разорвало рамки механического описания природы. У Ньютона и его последователей пространство выступало как пассивноеместилище тел и электрических зарядов, а у Фарадея оно принимало участие в явлениях.

Со времен Фарадея материя стала выступать не только в форме вещества, а и в фор-

ме поля. Полям стали придавать объективный смысл физической реальности. Понятие сил, действующих на расстоянии (мгновенно распространяющихся) заменяется новым фундаментальным понятием — понятием поля.

И всё же заслуга в формулировании точных пространственно-временных законов электромагнитных явлений принадлежит другому выдающемуся ученому — Джеймсу Кларку Максвеллу. В 1860–1865 гг. всё разнообразие этих явлений, всю совокупность законов, которым они подчиняются, он свел в одну систему, состоящую из четырех уравнений. В третьем из них Максвелл высказал гениальную догадку о так называемом токе смещения – переменном электрическом поле, которое, подобно току проводимости, также создает свое магнитное поле.

Идея о токе смещения позволила Максвеллу построить замкнутую систему дифференциальных уравнений для электрического и магнитного полей, представших как единое целое – электромагнитное поле. Уравнения Максвелла показали, что электромагнитные поля могут распространяться в свободном пространстве в виде поперечных магнитных волн, движущихся со скоростью света.

В то же время получалось, что если электромагнитное поле может существовать независимо от материального носителя, то электрическое взаимодействие уже нельзя объяснить действием на расстоянии, как это предусматривало ньютоновское дальнее действие. Поэтому ньютоновский принцип дальнего действия был заменен Максвеллом на принцип ближнего действия, т.е. полем, распространяющимся в пространстве с конечной скоростью.

На основе своей теории Максвелл теоретически определил (фактически предсказал) величину давления света, идея о наличии которого была впервые высказана Иоганном Кеплером в 1619 г. Это предсказание Максвелла блестяще доказал экспериментально в 1900 г. наш соотечественник П.Н. Лебедев.

Все эти идеи Максвелла, тем более — выраженные в математических формулах, были настолько необычными, что более 20 лет физики вообще не воспринимали его теорию. Физик Хенрик Лоренц писал, что он ничего не понял в уравнениях Максвелла. Он, конечно, понял сами уравнения, но ему было не ясно, какие процессы они описывают. По словам другого выдающегося физика Г. Герца: «Теория Максвелла – это уравнения Максвелла». К подобному тогдашние физики еще не привыкли. И лишь в 1888 г., когда тот же Герц экспериментально открыл электромагнитные волны, сопротивление новой теории было сломлено.

Как это нередко бывает, признание пришло к ученому уже после его смерти. Выдающийся ученый-физик Анри Пуанкаре считал теорию Максвелла «вершиной теоретической мысли». А. Эйнштейн вспоминал, что «самым увлекательным предметом во время моего учения была теория Максвелла». Он же отмечал, что «специальная теория относительности обязана своим возникновением уравнениям Максвелла ... ». В книге А. Эйнштейна и Л. Инфельда «Эволюция физики», вышедшей в 1938 г., о теории Максвелла было сказано следующее: «Формулировка этих уравнений является самым важным событием со времен Ньютона не только вследствие их содержания, но и потому, что они дают образец нового типа законов» [2].

Классическая наука в своем методологическом объяснении мира опиралась на три базовых принципа: принцип относительности Галилея, принцип дальнего действия Ньютона и принцип причинности Лапласа.

Принцип относительности Галилея утверждает, что все инерциальные системы отсчета с точки зрения механики совершенно равноправны (эквивалентны). По Галилею, время везде течет одинаково, масса тела остается неизменной, ускорение тоже одинаково, так как скорость является величиной постоянной. Х. Лоренц же научно доказал, что масса тела изменяется с изменением скорости движения этого тела.

Ньютон считал, что взаимодействие передается мгновенно и промежуточная среда в передаче взаимодействия участия не принимает. Это положение и носит название принципа дальнего действия. Выше уже говорилось, что опыты Фарадея и расчеты Максвелла это опровергали, и последний заменил принцип дальнего действия на принцип ближнего действия.

Лапласовский детерминизм научным считал лишь всесторонне обоснованное знание, опирающееся на строгие причинно-следственные связи. Фактор случайности вообще исключался, так же как и вероятность. Последняя в классической науке рассматривалась как недостаточная обоснованность, проблематичность, неуточненность, как бы «неподлинность» знания, в то время как в современной науке это неотъемлемый элемент любого знания.

Получалось так, что к концу XIX в. классическая наука не только не могла объяснить новые научные открытия, но и утратила свои базовые методологические принципы. Всё это можно было преодолеть, только привлекая совсем новые понятия и идеи, кардинальным образом отличающиеся от господствовавших в тогдашней науке классических представлений. Возникший кризис в физике перенесся на математику (как заметил Максвелл, математизация привела к тому, что наука утратила наглядность), а затем — и на другие области естествознания. Не обошел он и тогдашнюю философию.

Период с 1895 по 1905 гг. в истории науки рассматривается как этап революционных изменений в физике и других областях научного знания, когда новейшие естественнонаучные открытия разрушали старые метафизические представления о неделимости атомов, неизменности химических элементов, постоянства массы. Отбрасывались старые принципы науки и открывались новые свойства материального мира.

Достаточно перечислить лишь отдельные, наиболее значимые вехи этого поистине критического периода в развитии науки. 8 ноября 1895 г. ректор Вюрцбургского университета Вильгельм Рентген открыл излучение, впоследствии названное его именем (рентгеновские лучи). За свое открытие он первым среди физиков получил самую престижную среди ученых Нобелевскую премию.

В 1896 г. Беккерель открыл естественную радиоактивность урана и в этом же году Мария Склодовская-Кюри высказала предположение, что излучение урана является свойством его атомов. В 1897 г. Дж. Дж. Томсон и В. Вихерт открыли электрон, что свидетельствовало о делимости атомов.

Во второй половине XIX в. был открыт ряд законов о тепловом излучении, которые вступали в противоречие с законом сохранения и превращения энергии и получили

в физике название «ультрафиолетовой катастрофы». Для выхода из этой ситуации немецкий физик-теоретик Макс Планк в 1900 г. выдвинул гипотезу (квантовая гипотеза Планка), что электромагнитное излучение испускается отдельными порциями – квантами, величина которых пропорциональна частоте излучения (постоянная Планка). Эта гипотеза положила начало новой квантовой физике, которая в 20-е годы XX в. легла в основу квантовой механики.

Следует отметить, что сам Планк целых 25 лет считал свою гипотезу частью классической физики и призывал к этому своих коллег. И только в 1945 г. он вынужден был признать: «Теперь я точно знаю, что квант действия играет в физике большую роль, чем я вначале был склонен считать» [4]. Если атомизм вещества и дискретность заряда были тяжелым нокаутом для классической физики, то дискретность энергии и действия были для нее настоящим нокаутом, но далеко не последним. Назовем еще ряд важных научных открытий, которые решающим образом повлияли на углубление кризиса в классической науке.

1901 г. В. Кауфман впервые экспериментально доказал зависимость массы частицы от скорости. В 1904 г. Х. Лоренц нашел преобразования пространственных координат и времени в самом общем виде, названные его именем (преобразования Лоренца), и в этом же году получил выражение для зависимости массы от скорости в случае электрона. Тогда же Анри Пуанкаре дал общую формулировку принципа относительности, ввел в научный оборот такой термин как «преобразования Лоренца», показал, что невозможно обнаружить абсолютное движение, исходя из представлений об эфире и связанной с ним привилегированной системе отсчета.

Но решающий удар по классической физике непосредственно и по классической науке в целом нанес Альберт Эйнштейн. Именно его идеи положили конец разброду и шатаниям среди естествоиспытателей и философов, заложили основы преодоления кризиса в тогдашней науке и ознаменовали переход к ее новому этапу, получившему впоследствии название неклассического. Начало его связано с разработкой А. Эйнштейном третьей после механики Ньютона и электродинамики Максвелла великой физической теории – специальной теории относительности. При этом переход от классической науки к неклассической характеризовался не только возникновением новых идей, концепций и понятий, но и новыми способами мышления, новым языком формул, изменением ее духа в целом.

Весной 1905 г. Эйнштейн отправляет сразу три свои статьи в немецкое периодическое издание «Анналы физики». Все три статьи вышли одновременно в 17-м номере журнала. В первой статье под названием «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света», он исследовал феномен кванта света, предположив, что свет следует считать совокупностью независимых частиц энергии, не приведя при этом никаких данных наблюдений. Он просто выдвинул гипотезу о существовании «кванта света» из чисто эстетических соображений [5, С. 193-203].

Им было выдвинуто предположение, что свет не только излучается квантами, но распространяется и поглощается ими же. Световые кванты позднее были названы фотонами. Таким образом, свет, по Эйнштейну, представляет собой поток световых частиц

– фотонов, что являлось возвращением к корпускулярным воззрениям Ньютона, но на новом уровне. И что удивительно: в 1921 г. Нобелевскую премию по физике Эйнштейну присудили не за работы по теории относительности, а за его первую статью с объяснением фотоэлектрического эффекта, заложившего в будущем основу существенной части квантовой механики. В 2007 г. группой немецких ученых-экспериментаторов было установлено, что скорость движения фотона превышает скорость света.

Вторая статья «Размер молекул» стала его докторской диссертацией, а в третьей Эйнштейн предложил метод определения размера и движения атомов, тем самым подтвердив атомную теорию строения вещества. В конце этого же года в четвертой статье – «К электродинамике движущихся тел» — объемом в 9 тыс. слов и написанной всего за пять недель, он формулирует специальную теорию относительности (СТО), которую историки науки считают не менее фундаментальной и революционной, чем «Начала» Ньютона.

В 1916 г. вышла в свет работа Эйнштейна «Основы общей теории относительности» (ОТО), в которой он завершил создание релятивистской теории гравитации, дав систематизированное изложение ее физических основ и математического аппарата. Помимо идеи гравитационных полей вокруг больших космических тел, Эйнштейном было высказано предположение о наличии гравитационных волн, которые то сжимают пространство, то расширяют его. Эта догадка почти через 100 лет, 14 сентября 2015 г. была экспериментально подтверждена группой ученых. Представления классической науки о стационарной (неподвижной) Вселенной, абсолютности пространства и времени, неизменности массы тела и его линейных размеров и ряда других постулатов были блестяще теоретически опровергнуты Эйнштейном, а затем подтверждены и экспериментально.

Взяв за основу принцип постоянства скорости света в вакууме как предельную скорость в природе, в противовес закону сложения скоростей в механике, он пришел к выводу, что время в разных системах отсчета течет по-разному и что промежуток времени между двумя какими-либо событиями относителен: он будет зависеть от выбора системы отсчета.

По Эйнштейну, и масса тела не неизменна: она увеличивается при увеличении скорости тела, Последующие эксперименты показали, что небольшая частица вещества, разогнанная до 86% скорости света, обладает массой в два раза большей, чем в покое [5, С. 198]. Оказывается, что линейные размеры тела также зависят от скорости движения: по мере приближения скорости движения тела к скорости света его линейные размеры сокращаются в направлении движения, а ход времени замедляется. Важнейшим следствием СТО явилась знаменитая формула Эйнштейна о взаимосвязи массы и энергии $E = mc^2$.

В 1908 г., опираясь на положения СТО, Г. Миньковский высказал идею объединения трех измерений пространства и времени в одно четырехмерное пространство и развил современный четырехмерный аппарат теории относительности.

В ОТО Эйнштейн распространил принцип относительности на все движущиеся системы. Он считал, что гравитационная масса массивных тел воздействует не только на все остальные тела, но и на структуру пространства, искажая и искривляя его, также

как и время. По существу, гравитация изменяет время, замедляя его. Луч света в такой области пространства также искривляется.

Таким образом, материя, движение, пространство и время оказались неразрывно связаны друг с другом. Причем последние три выступают как неотъемлемый способ существования материи.

Фактически с 1905 г. и до начала 30-х годов, когда была сформирована новая, четвертая после механики, электродинамики и теории относительности фундаментальная физическая теория – квантовая механика, в науке идет процесс становления нового, неклассического этапа ее развития и, как замечал о таких периодах Томас Кун, «обращения ученых в новую веру» [3].

Это становление осуществлялось на основе представлений о мире как сложной системе, условно включающей как бы три уровня: микро-, макро- и мегамиры. В итоге создавались предпосылки для построения целостной картины природы, в которой прослеживается иерархическая организованность Вселенной как сверхсложной системы, требующей учета особенностей функционирования и развития каждого из этих уровней, чем-то напоминающего поведение Гулливера в стране великанов, среди себе подобных, и в стране лилипутов в знаменитом произведении Джонатана Свифта.

Подводя итоги, следует подчеркнуть, что главная черта неклассической науки – это усложнение научных представлений об окружающем мире и о возможностях его познания. Неклассическое мышление допускает существование самых различных, вероятностных, дискретных, парадоксальных явлений и процессов, неустранимого присутствия субъекта в изучаемых феноменах, отсутствия однозначной связи теории и реальности, возможности существования альтернативных теорий.

Как утверждал в своей работе «Факт, фикция и прогноз» (1954 г.) профессор Гарвардского университета Генри Нельсон Гудмен, сама реальность существует и определяется не одним, а многими способами, или, как принято считать в современной философии науки: «В каждой лаборатории создается своя реальность».

Таким образом, неклассическая наука предполагает наличие так называемой теоретической избыточности, т.е. существования альтернативных научных концепций по одному и тому же предмету исследования. Примером может служить достаточно долгое существование альтернативных квантовых механик Вернера Гейзенберга и Эрвина Шредингера (матричной и волновой), пока не была продемонстрирована их эквивалентность.

Безусловно, ситуация теоретической избыточности серьезно усложняет философское толкование объективной реальности – о реализме научного знания, о референте научной теории и т.д., что объективно вызвало к 30-м годам XX в. потребность с качественно иных философских позиций осмыслить процессы, происходящие в науке и создать новую отрасль философского знания – философию науки.

Библиографический список

1. *Дягилев Ф.М.* Концепции современного естествознания. — М.: Институт Международного права и экономики. ИНПиЭ им. А.С. Грибоедова. 1988. — С. 78–79.
2. *Кравченко А.Ф.* История науки и техники. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. — С. 73 – 103.
3. *Кун Т.* Структура научных революций. - М.: АСТ, 2003. — С. 198.
4. *Планк М.* Единство физической картины мира. – М.: Наука, 1966.
5. *Хокинг С.* На плечах гигантов. — М.: Изд. АСВ, 2018. — С. 193–203.

Автор

Валерий Иванович НИКИТИН, канд. истор. наук, профессор кафедры философии АО «НИЦ «Строительство», Москва

Valeriy NIKITIN, Ph. D. (History), Professor of the Department of Philosophy, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: kaffcenter@mail.ru

тел.: +7 (499) 170-70-94