

С.В. Позойский, Э.И. Рудковский, М.П. Шмидт

## Случайное и закономерное в физике

В системе научных знаний о природе – естествознании – важное место занимает физика. Многовековую историю развития физики можно разделить на следующие периоды и этапы [1].

I. Предыстория физики (от древнейших времен до XVII в.).

Эпоха античности (VI в. до н.э. – V в. н.э.)

Средние века (VI-XIV вв.)

Эпоха возрождения (XV-XVI вв.)

II. Период становления физики как науки (начало XVII в. – 80-е гг. XVII) от Галилея до Ньютона.

III. Период классической физики (конец XVII в. – начало XX в.).

Первый этап (конец XVII в. – 60-е гг. XIX в.): от Ньютона до Максвелла.

Второй этап (60-е гг. XIX в. – 1894 г.): от Максвелла до Рентгена.

Третий этап (1895-1904 гг.): от Рентгена до Эйнштейна.

IV. Период современной физики.

Первый этап (1905-1931 гг.).

Второй этап (1932-1954 гг.)

Третий этап (с 1955 г.).

Заметим, что есть другие подходы к периодизации развития физики.

Предыстория физики – это период накопления физических знаний об окружающем человека мире. Физика как отдельная наука начала формироваться в XVII в. Основателем физики как точной экспериментальной науки является Г. Галилей. Дальнейшее становление и развитие классической физики связано с именем И. Ньютона.

Именно он построил первую физическую картину мира – механическую картину мира (МКМ). Она была определяющей до второй половины XIX в. После создания Дж. Максвеллом теории электромагнитного поля и ряда экспериментальных открытий в оптике, молекулярной физике, не укладывающихся в рамки существующей МКМ, она была заменена на новую, электродинамическую картину мира (ЭДКМ, вторая половина XIX – начало XX в.).

Выделение в качестве отдельного этапа временного интервала 1894-1905 гг. обусловлено целым рядом открытий. Важнейшие из них – рентгеновское излучение, естественная радиоактивность, экспериментальное доказательство существования светового давления, рождение новой, квантовой физики (М. Планк, 1900 г.).

Период современной физики начинается с 1905 г. – года создания А. Эйнштейном специальной теории относительности и квантовой (фотонной) теории света. На основе новых представлений была создана третья физическая картина мира – квантово-полевая (первая треть XX в.). Далее в развитии физики выделяются время создания квантовой механики, «проникновение» физиков внутрь атомного ядра, и, наконец, этап субъядерной физики и физики космоса.

За весь период развития физики кардинально менялся подход к изучению природы: от непосредственного созерцания природы как целого (эпоха античности) к анализу, расчленению ее на части, изучению отдельных явлений

(средние века) и, наконец, воссозданию целостной физической картины мира (классическая физика и далее).

Развитие физики определяется несколькими факторами: потребностями производства, уровнем экономического и социального развития общества, внутренней логикой развития самой науки. Важную роль в развитии науки вообще и физики в частности играют личности ученых, несмотря на то, что познание человеком природы – это объективный процесс, не зависящий от сознания людей. Своим современным состоянием, своими достижениями физика обязана целому ряду выдающихся ученых: Аристотелю, Архимеду, Демокриту, Леонардо да Винчи, Н. Копернику, Г. Галилею, И. Ньютону, М. Ломоносову, Дж. Максвеллу, М. Планку, А. Эйнштейну, Э. Резерфорду, Н. Бору, А.Ф. Иоффе, П.Л. Капице, Л.Д. Ландау, И.В. Курчатову, Ж. Алферову и многим другим. Следует учесть также влияние на развитие физики других наук: математики, астрономии, химии, биологии, геологии и т.д.

Внутренним содержанием процесса развития физики является борьба старого с новым, замена одних теорий и законов другими – новыми, которые объясняли новые экспериментальные факты, не укладывающиеся в рамки старых теорий и законов. В процессе развития физики менялись концепции, стиль мышления.

В одном из своих выступлений академик П.Н. Капица говорил: «Развитие науки заключается в том, что в то время, как правильно установленные факты остаются неизменными, теории постоянно изменяются, расширяются, совершенствуются и уточняются. Наиболее мощные толчки в развитии теории мы наблюдаем тогда, когда удается найти эти неожиданные экспериментальные факты, которые противоречат установившимся взглядам. Таким образом, основным двигателем развития физики, как и всякой другой науки, является отыскание этих противоречий. Нахождение всякого нового явления в природе надо оценивать тем значительнее, чем больше изменений оно может потребовать от существующих в данное время взглядов или теорий» [2].

В настоящей работе сделана попытка систематизировать некоторые факты из истории развития физической науки, иллюстрирующие соотношение необходимости и случайности, возможности и действительности в процессе становления научной картины мира.

История развития физики свидетельствует, что многие фундаментальные физические открытия, оказывавшие революционное воздействие на дальнейшее ее развитие, и имеющие большое практическое значение, происходят, на первый взгляд, случайно, непредсказуемо. Вообще в науке часть экспериментов планируется заранее. Ученые, проводя тот или иной опыт, ставят перед собой конкретные определенные задачи: проверить выдвинутую гипотезу, исследовать связи между различными явлениями, измерить какую-то константу и т.д.

Например, Г. Галилей в опытах с наклонной плоскостью, описанных ученым в книге «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой» (1632 г.), проверил гипотезу о независимости ускорения свободного падения тела от его веса (массы).

Ш. Кулон (1785 г.) экспериментально исследовал зависимость силы взаимодействия точечных электрических зарядов от величины зарядов и расстояния между ними. Г.Кавендиш (1798 г.) целью своих опытов ставил измерение гравитационной постоянной (цель была достигнута).

20 лет затратил П.Н. Лебедев на подготовку и проведение опытов по измерению светового давления, существование которого следовало из электромагнитной теории Дж. Максвелла. Опыты П.Н. Лебедева явились блестящим подтверждением справедливости этой теории.

Р. Милликен и А.Ф. Иоффе измерили величину элементарного электрического заряда (заряда электрона) и т.д. Уравнение А. Эйнштейна для фотоэф-

факта, представляющее собой гипотезу о выполнимости закона сохранения энергии в микромире, проверялось в опытах Р. Милликена, П.И. Лукирского и С.С. Прилежаева.

О. Штерн и В. Герлах в опытах 1921-1923 гг. измерили магнитные моменты атомов и установили факт пространственного квантования их во внешнем магнитном поле. Из этих опытов следовало, что электрон обладает спиновым моментом (спином).

Но нередки случаи, когда в результате экспериментов обнаруживается совсем не то, что предполагалось открыть либо исследовать, причем сами ученые не всегда в состоянии объяснить полученный ими результат, который иногда представляет собой великое открытие, и суть которого выясняется позднее, а зачастую и другими учеными.

Не всегда авторы открытий могут определить их практическую ценность. Так, например, М. Фарадей, открывший явление электромагнитной индукции, не мог и предположить, что оно сыграет важнейшую роль в жизни человечества. Без электричества мы не представляем себе наш быт, без электричества не могла бы развиваться техника, наука и т.д. Не представляли себе практически возможности и последствия, к которым приведет практическое исследование человеком энергии атома, выделяющейся при цепной ядерной реакции, открывшие ее и не разобравшиеся в ее сути, немецкие ученые О. Ган и Ф. Штрассман. Эти примеры можно продолжить.

Х. Герц, открывший радиоволны, отрицал возможность их практического применения для связи без проводов.

Заметим, что развитие науки не сводится, а точнее, не состоит только из открытий, какими бы великими они ни были. Они, безусловно, важны и представляют собой пики взлета научной мысли, вехи на пути развития науки. Между этими вершинами (и наряду с ними) идет многотрудная, «рядовая» кропотливая и зачастую рутинная повседневная работа. Именно она и подготавливает гениальные всплески научной мысли, создает для них почву и затем реализует их результаты, а зачастую в процессе такой работы и выясняется глубокий смысл этих открытий. Что же понимается под открытием в науке? Есть несколько определений этого понятия: «Научное открытие – новое достижение, совершаемое в процессе познания природы и общества» (Большая Советская энциклопедия), «Под научным открытием понимается установление свойств и законов материальной Вселенной, до сих пор не познанных». (Всемирная организация интеллектуальной собственности – ВОИС)

П.Л. Капица к новым открытиям относил только те, которые не могли быть предсказаны на основании существовавших физических теорий. В речи на Международном симпозиуме по планированию науки (Прага. 20 сентября 1959 г.) он говорил: «Я хочу оговориться, что выражение «новое явление» я прилагаю к такому физическому явлению, которое нельзя ни полностью предсказать, ни объяснить на основе уже имеющихся теоретических концепций, и поэтому они открывают новые области исследований» [2, с. 261-262]. Исходя из этих представлений, например, обнаружение Х.К. Эрстедом магнитных свойств электрического тока, открытие С. Герцем фотоэффекта, А. Беккерелем – естественной радиоактивности, обнаружение Дж. Томсоном электрона, открытие цепной ядерной реакции О. Ганом и Ф. Штрассманом он относил к новым открытиям, а открытие М. Фарадеем явления электромагнитной индукции – нет, так как после открытия Эрстедом «превращения электричества в магнетизм» можно было ожидать и обратного явления – «превращения магнетизма в электричество».

Исследование проблемы соотношения случайного и закономерного в физике предполагает анализ исходных философских категорий: необходимости и случайности, возможности и действительности. Названным категориям по-

священо необозримое море философской литературы. Пристальное внимание их анализу уделяли Демокрит, Гоббс, Гольбах, Кант, Гегель, Маркс.

Существенным для содержания категории «необходимость» является неизбежность появления или существования тех или иных связей, сторон, свойств, процессов, открытий. Весьма распространенными являются определения, связывающие необходимость с внутренней обусловленностью явления, с тем, что закономерно вытекает из его сущности обусловлено всем предшествующим развитием. Случайность – это то, что имеет основание и причину не в самом себе, не в сущности тех или иных процессов и событий, а в другом, что вытекает не из внутренних, а из внешних связей и в силу этого может быть, а может и не быть, может произойти так, а может произойти и по другому. Случайность возникает, как правило, в результате перекрещивания различных по своей природе процессов и внешних причин.

Следует учитывать, что противопоставление необходимости и случайности относительно и условно. Во-первых, следует учитывать, что одно и то же событие выступает как случайное в одном отношении и как необходимое в другом. То, что какое-то научное открытие было сделано и стало достоянием человечества, с точки зрения основных тенденций научного познания и развития науки является необходимостью, ведь рано или поздно оно должно было произойти. Но то, что оно было сделано именно в это время, в данных обстоятельствах и именно этим ученым является случайностью.

Во-вторых, необходимость прокладывает себе путь через массу случайностей. В противном случае история носила бы мистический характер. «Во всемирной истории, – отмечает Гегель, – посредством действий людей получают вообще несколько иные результаты, чем те, к которым эти люди стремятся и которых они желают; люди осуществляют свои интересы, но благодаря этому ими осуществляется также еще и нечто дальнейшее, что хотя и содержится внутренне в них, но что ими не сознавалось и не входило в их намерения» [3]. Ярким подтверждением этой мысли великого философа являются открытия Эрстеда, Рентгена, Беккереля и др. В то же время следует учитывать, что случайность есть форма проявления и дополнения необходимости. На первый взгляд, какое-то научное открытие нам может показаться случайным. Но поставим вопрос: могло ли, к примеру, открытие Беккереля произойти на несколько столетий раньше? Вопрос риторический. В этом открытии, кажущемся случайным, как и во многих других, проявляется необходимость.

Таким образом, реализацию возможности того или иного научного открытия надо рассматривать не как однозначную предопределенность, а как такое превращение, которое предполагает влияние случайностей. И здесь мы подходим к анализу категории «возможность» и «действительность», их связи с категориями «необходимость» и «случайность». Действительностью является то, что существует реально, что уже наступило, проявилось. Возможность – это определенная предпосылка нового, тенденция в развитии, то, чего еще нет, но что может наступить, проявиться. Возможность – это потенциальная действительность. Как известно, различают реальную и формальную возможность. Первая связана с необходимыми и существенными тенденциями развития действительности. Гегель считал, что реальная возможность – это форма проявления необходимости. Если бы это было так, то все возможности в природе и обществе неизбежно реализовались бы, чего на самом деле не бывает. Возможность может вплотную приблизиться к необходимости. Но от этого она не перестает быть возможностью, то есть способностью появления чего-то нового. Категория «возможность» отражает вызревание, формирование необходимости, т.е. постепенное накопление детерминирующих факторов, достаточных для того, чтобы возникла необходимая, существенная связь.

Пока их недостаточно, данная возможность не реализуется. При достаточных условиях и детерминирующих связях возможность превращается в действительность, т.е. происходит качественное превращение тенденции в открытую, проявляющуюся в форме случайности существенную связь.

Рассмотрим некоторые примеры «случайных» открытий в физике.

Однажды царь Сиракуз Гиерон попросил Архимеда (3 в. до н.э.) проверить, не обманул ли его мастер, заменив часть выданного ему золота для изготовления короны серебром.

Вот как, по словам знаменитого историка Витрувия (1 в. до н.э.), пытаюсь решить поставленную царем задачу, Архимед открыл свой знаменитый закон. «...Однажды, когда целиком занятый этим делом Архимед садился в ванну, он заметил, что по мере погружения его тела в воду последняя переливается через край. Это наблюдение сразу позволило ему найти нужную идею, и радость настолько переполнила его душу, что он сразу выскочил из ванны и, бегая голым по дому, кричал, что он нашел то, что искал, говоря по-гречески «Эврика», «Эврика».

Случайно ли Архимед сделал открытие одного из важнейших законов природы? На первый взгляд – да, случайно! Но, во-первых, он много дней думал над решением поставленной Гиероном задачи, а во-вторых, для того, чтобы связать проверку чистоты короны с вытеснением воды из ванны, погружившимся в нее телом, нужен был гений Архимеда. Ведь и до Архимеда, и в его время, и в наши дни в ванну погружаются тысячи людей, но никому из них и в голову не приходила мысль о том, что в этом действе проявляется некая общая закономерность, представляющая один из законов природы!

Общеизвестна легенда о том, что открытие И. Ньютоном (1643-1727 гг.) закона всемирного тяготения связано с яблоком, упавшим на глазах ученого с яблони.

Так было ли это знаменитое яблоко на самом деле? Согласно одной версии о падении этого яблока и его роли в великом открытии рассказал (вернее, написал) сам ученый. По другой версии об историческом яблоке поведал миру Вольтер, посетивший в последние годы жизни Англию, со слов племянницы Ньютона Катерины Бартон.

Но если и было яблоко, то, очевидно, что не его падение привлекло Ньютона к формулировке этого фундаментального закона. Его падение могло послужить «спусковым крючком», толчком, благодаря которому итоги многолетних размышлений о причине, удерживающей планеты на своих орбитах при движении вокруг Солнца, приняли окончательный вид. Наблюдая за падающим яблоком, Ньютон задумался: не одна и та же ли сила заставляет падать яблоко и удерживает Луну на ее орбите? Проанализировав движение планет, Луны, спутников Юпитера, Ньютон приходит к выводу, что они движутся под действием центральных сил, величина которых обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Этот вывод он проверяет, рассчитав центростремительное ускорение Луны двумя способами: а) по данным астрономических наблюдений, считая траекторию движения Луны вокруг Земли окружностью; б) исходя из того, что Луну на ее орбите удерживает сила тяготения Земли, обратно пропорциональная квадрату расстояния от Земли до Луны.

При обоих подходах получился один и тот же результат.

К идее пропорциональности силы тяготения массам взаимодействующих тел ученый пришел к выводу, исходя из высказанного им положения, по которому сила тяготения, действующая на тело, пропорциональна его массе.

Из приведенного легко определить место знаменитого яблока в открытии закона всемирного тяготения.

Интересна история открытия так называемого «гальванического электричества», сделанного итальянским врачом, профессором медицины в университете г. Болонья Луиджи Гальвани (1737-1798 г.). Исследуя роль электричества в деятельности живого организма, он в качестве объекта исследования использовал препарированную лягушку. Когда ученый развесил препарированных лягушек на железной решетке за медные крючки, пропущенные через спинной мозг, то заметил, что при прикосновении медных крючков к железной решетке мышцы лягушки сокращаются. В опыте было установлено, что сокращение мышц лягушки происходит, когда ее нервы и мускулы соединены с помощью двух разнородных металлических проводников. Объясняя результаты опытов, Гальвани решил, что он открыл «животное» электричество, вырабатываемое организмом лягушки. Заинтересовавшись опытами Гальвани, итальянский физик Алессандро Вольта (1745-1827 г.) провел ряд аналогичных исследований и сделал вывод о том, что электричество не вырабатывается организмом лягушки, а возникает вследствие контакта разнородных металлов. Лягушка же представляет собой прибор, фиксирующий появление электрического тока. Исходя из этого, Вольта вскоре создал первый источник постоянного тока – вольтов столб (1800 г.). Таким образом, появление первого источника постоянного тока, сыгравшего важную роль в дальнейших исследованиях электрических явлений, во многом обязано открытию Гальвани. Установка Гальвани представляла собой первый гальванический элемент: железо, медь – электроды, жидкость в лапках лягушки – электролит. В открытии Гальвани случайное тесно переплетается с закономерным. Действительно, Гальвани исследовал физиологическое действие электричества, которое интересовало многих ученых того времени. Поэтому в опытах присутствовало «животное» (лягушка). Сокращение мышц препарированной лягушки он наблюдал при прикосновении к ним металлических предметов, когда вблизи проскакивали искры от лейденской банки или кондуктора электрофорной машины и при газовых разрядах. Затем он проводил аналогичные опыты в ясную погоду и, наконец, в закрытой комнате. Мы видим, что опыты проводились Гальвани закономерно, а получение именно такого результата было непредсказуемым, т.е. в известной мере случайным.

В 1819 г. профессор Копенгагенского университета Ханс Кристиан Эрстед (1777-1851 г.) открыл магнитное действие электрического тока. Произошло это на лекции, которую ученый читал студентам-медикам университета. Проводя демонстрационный опыт, ученый обнаружил, что при замыкании цепи, состоявшей из вольтова столба и платиновой проволоки, магнитная стрелка компаса, случайно оказавшегося на демонстрационном столе, отклоняется от своего обычного положения. После этого Эрстед на протяжении более двух месяцев всесторонне и целенаправленно исследует открытое им явление и сообщает о нем в печати (он дает качественное описание). На основании опытов Эрстед сделал следующие выводы:

1. Проводник с током действует только на магнитную стрелку. Латунная стрелка, подвешенная так же, как и магнитная, остается неподвижной.
2. Действие на магнитную стрелку зависит от ее расстояния до проводника с током и изменяется обратно пропорционально этому расстоянию.
3. Эффект наблюдается с различными проводниками, природа металла влияет только на величину эффекта.
4. Действие проводника передается сквозь стекло, металлы, дерево, камень, воду, смолу и гончарные сосуды.
5. Направление отклонения стрелки определяется направлением тока в проводнике и взаимной ориентацией проводника и магнитной стрелки.

Сам Эрстед в существе открытого им эффекта не разобрался. В работе «Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку» он пишет о том, что положительное и отрицательное электричество, двигаясь в проводнике навстречу друг другу, «вступают в конфликт», вследствие чего проводник раскаляется, вокруг него возникает «вихревое движение силы или материи», поворачивающее магнитную стрелку. Объяснение открытого Эрстедом эффекта было дано позднее А. Ампером и М. Фарадеем. Но, несмотря на это, исследования Эрстеда послужили мощным стимулом для интенсивных работ по электромагнетизму (Ампер, Фарадей, Максвелл и др.). Так каково же соотношение случайного и закономерного в открытии Эрстеда?

Скорее случайно не то, что на демонстрационном столе оказался компас, (магнитный компас был непременной принадлежностью любой физической лаборатории), а то, что проводник и стрелка компаса не были перпендикулярны друг другу. Если бы не это, то стрелка компаса не отклонилась бы при замыкании цепи, и эффект не был бы обнаружен. Все остальное – закономерно. С вольтовым столбом Эрстед экспериментировал много лет, а задачу обнаружить связь между электричеством и магнетизмом он поставил перед собой еще в 1813 г. под влиянием существовавшей в то время в физике идеи о наличии связи между различными «силами природы». Справедливости ради отметим, что о связи электричества и магнетизма думали и многие другие ученые. Но успех, удача пришли именно к Эрстеду, причем между созданием вольтова столба и открытием Эрстеда прошло почти 20 лет.

Итак, и в этом открытии переплелось случайное и закономерное: тот факт, что стрелка под воздействием тока в проводнике повернулась в плоскости ее вращения, оказался неожиданным для ученого, а то, что электрический ток должен действовать на магнитную стрелку, Эрстед предвидел заранее.

В ноябре 1865 г. в Германии в г. Вюрцбурге профессором Вюрцбургского университета Вильгельмом Конрадом Рентгеном (1845-1923 гг.) был открыт новый вид излучения. Рентген назвал его X-лучами, а позднее это излучение в честь ученого было названо рентгеновским. Об огромном, не только научном, но и практическом значении этого открытия все знают из школьной физики. И в этом открытии есть элемент случайности. В этот день Рентген экспериментировал с катодными лучами, образующимися в разрядной трубке, к электродам которой приложено высокое напряжение. На лабораторном столе неподалеку от разрядной трубки случайно оказался бумажный экран, покрытый флуоресцирующим веществом – платино-синеродистым барием. Этот экран, как было установлено ранее, светился под действием солнечного света, ультрафиолетовых и катодных лучей. Во время опыта при каждом разряде в трубке бумажный экран светился бледно-зеленым светом. Чтобы выяснить, не вызывается ли свечение ультрафиолетовым излучением разрядной трубки, ученый обернул ее плотным черным картоном. Но свечение не исчезло. Отсюда ученый сделал вывод об открытии нового вида излучения. В течение семи недель после этого Рентген проводил фундаментальные исследования свойств нового излучения. При этом он доказал, что источником x-лучей была та часть разрядной трубки, куда падали катодные лучи (в опытах она светилась зеленоватым светом). Опыты показали также, что новое излучение, обладая огромной проникающей способностью (оно проходило сквозь бумагу, дерево, резину, воду и др. жидкости), вызывало почернение фотопластины, ионизировало газы. Причина возникновения рентгеновских лучей и их природа были установлены позднее. Поставим традиционный вопрос: какова доля случайности в открытии Рентгеном нового излучения?

Существует несколько версий, описаний обстоятельств открытия Рентгена, поскольку сам ученый, не отличавшийся большой словоохотливостью, о том, как было все на самом деле, никогда никому не рассказывал. Близкий к Рентге-

ну видный немецкий физик В. Герлах (1889-1980 гг.) по этому поводу сказал, что подлинные обстоятельства открытия рентгеновских лучей – «вечная тьма».

Существенным, на наш взгляд, является следующее: с катодными лучами во времена Рентгена экспериментировали сотни, а может быть и тысячи ученых во многих лабораториях мира, и многим из них во время экспериментов выпадал такой же случай открыть новое излучение. Но воспользовался им один человек и именно Вильгельм Конрад Рентген, великий физик и первый экспериментатор Европы. Открытие рентгеновских лучей явилось своеобразным завершением изучения явлений электрического разряда в разряженных газах.

*Примечание:* Приоритет в открытии нового излучения – (X-лучей) – много лет безосновательно оспаривал у Рентгена другой немецкий физик-экспериментатор, Нобелевский лауреат Филипп Ленард.

Еще одно случайное (случайное ли?) великое открытие – открытие естественной радиоактивности – произошло 1 марта 1896 г. в Париже. Автором его был французский ученый, профессор национального музея естественной истории Анри Беккерель (1852-1908 гг.). О том, как и почему произошло это открытие, Беккерель рассказал следующее: «В начале 1896 г., в тот самый день, когда в Париже стало известно об опытах Рентгена и о необычайных свойствах лучей, испускаемых фосфоресцирующими стенками кружковых трубок, я задумал исследовать, не испускает ли такие же лучи и всякое другое фосфоресцирующее вещество». В качестве такого вещества ученый использовал уранил-калиевый бисульфат ( $K_2UO_2(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ).

Кристаллы соли, положенные на фотопластинку, завернутую в плотную черную бумагу, ученый облучал в течение некоторого времени солнечным светом. После проявления фотопластинки на ней обнаруживались контуры кристаллов соли урана. Это свидетельствовало о том, что соли урана после предварительного облучения действительно испускают какие-то невидимые глазом лучи.

А далее идут известные случайные события: из-за плохой погоды (небо было закрыто тучами) Беккерель убрал пластинку с теми же кристалликами соли урана в ящик стола, положив сверху на пластинку медный крест. Через два дня он на всякий случай проявил пластинку, прежде чем вставить новую, и к своему удивлению обнаружил на ней почернение в форме отчетливой формы креста. Этот и специально поставленные опыты свидетельствовали о том, что испускаемое урановой солью излучение не связано с люминесценцией и возникает оно самопроизвольно, без влияния внешних факторов (в данном случае солнечного облучения). Дальнейшие исследования Беккереля, Марии Склодовской-Кюри и Пьера Кюри, Э. Резерфорда и др. ученых позволили установить основные свойства и состав излучения (оно было названо радиоактивным). Но счастливая случайность проявилась еще раньше: если бы Беккерель взял в качестве источника излучения не соль урана (из всех известных в то время химических элементов только два – уран и торий обладают радиоактивностью), а какое-либо другое вещество (исключая соответственно торий и его производные), то никакого открытия не было бы. Но...! И снова «но»! Почти одновременно с Беккерелем аналогичные опыты проводились в Англии (С. Томпсон) с флуоресцирующими веществами, среди которых было несколько соединений урана; во Франции (академик Ш. Анри, математик Б. Нивенгловский). Но только Беккерель представившуюся счастливую случайность сумел превратить в великое открытие. Сам Беккерель по поводу случайности своего открытия писал, что такой опыт «... я все равно провел бы рано или поздно, когда систематически изучил бы для фосфоресцирующих веществ формы воздействия на фотографическую пластинку и их продолжительность...».

В 1932 г. английский ученый Дж. Чадвик открыл нейтральную элементарную частицу – нейтрон. Мысль о возможном существовании нейтральной частицы, обра-



зующейся при слиянии протона с электроном, высказал в одной из своих лекций Э. Резерфорд в 1920 г. На протяжении нескольких последующих лет он вместе с Дж. Чадвиком безуспешно пытались в экспериментах обнаружить эту частицу.

В 1930 г. немецкие ученые В. Боте и Г. Беккер при бомбардировке  $\alpha$ -частицами некоторых легких элементов (бериллий, литий, бор, углерод и др.) обнаружили излучение, обладающее большой проникающей способностью. Кроме того, оно не отклонялось ни электрическим, ни магнитным полями. Это излучение было названо «берилиевым». В то время было известно, что свойством проходить через толстые слои вещества обладают только  $\gamma$ -лучи. Поэтому ученые предположили, что открытое ими излучение представляет собой  $\gamma$ -кванты большой энергии. В 1932 г. Чадвик экспериментально установил, что новое излучение представляет собой поток нейтральных частиц. Он измерил массу этой частицы, названной нейтроном. Открытие нейтрона сыграло чрезвычайно важную роль в дальнейшем развитии ядерной физики и ее практическом использовании: в том же 1932 г. была создана протонно-нейтронная модель ядра; в 1938 г. осуществлена реакция деления ядра урана нейтронами, на которой построена атомная энергетика; облучение различных веществ нейтронами позволяет получить радиоактивные изотопы и т.д.

Открытые Чадвиком нейтроны стали основным вспомогательным средством в ядерных исследованиях, заменив  $\alpha$ -частицы, которые испытывали сильное кулоновское отталкивание со стороны ядер.

В 1934 г. итальянский физик Э. Ферми с сотрудниками, облучая ряд химических элементов медленными нейтронами, получили новые радиоактивные изотопы ближайших элементов, входящих в периодическую систему. Но при облучении урана ситуация оказывалась иной: полученные изотопы были далеки от исходных элементов. Ферми сделал ошибочный вывод о том, что в этих реакциях образуются «трансураны», т.е. элементы, следующие за ураном в периодической системе. Эти выводы Ферми не убедили немецких ученых Отто Гана, Лизу Мейтнер и Фрица Штрассмана, и они начали свои исследования, повторявшие опыты Ферми, которые длились несколько лет. Цель опытов – выяснить, действительно ли Ферми получил трансурановые элементы или в результате реакции получают изотопы протактиния, ближайшего к урану элемента с меньшим порядковым номером. Вершиной этих экспериментов и явилось открытие в 1938 г. Ганом и Штрассманом цепной ядерной реакции при бомбардировке урана медленными нейтронами. Сами ученые разобрались в физической сущности механизма реакции и полученных результатов не смогли и отнести к ним весьма острожно и сдержанно. Дело в том, что в продуктах деления ядер урана оказались, как вскоре было выяснено, ядра бария и инертного газа криптона с зарядами 56 и 36 соответственно, что противоречило всему предыдущему опыту и всем теоретическим предсказаниям: продукты известных ядерных реакций всегда по заряду ядра были очень близки к зарядам ядер облучаемых элементов, отличаясь от них на единицу либо двойку, т.е. стояли в периодической системе рядом. А здесь произошел скачок на несколько десятков мест.

Полное объяснение физической сути открытой Ганом и Штрассманом реакции деления ядер урана медленными нейтронами было дано в 1939 г. Лизой Мейтнер и Отто Фришем, учеником Нильса Бора: ядро урана, захватив медленный нейтрон, возбуждается и совершает колебания, приводящие к его распаду на два осколка, заряд и масса которых примерно равны половине заряда и массы исходного ядра урана. Эти осколки оказываются перегруженными нейтронами, поэтому они должны быть  $\beta$ -радиоактивными и могут испускать нейтроны. А это обуславливает возможность цепного характера протекания реакции. В результате реакции должно выделяться колоссальное количество энергии. Все эти выводы были подтверждены дальнейшими экспериментами.

Вот как оценила Лиза Мейтнер открытие Гана и Штрассмана: «доказательство расщепления урана Отто Ганом и Фрицем Штрассманом открыло новую эру в истории человечества. Научное достижение, лежащее в основе этого открытия, кажется мне таким удивительным, потому что оно было получено без какого-либо теоретического указания, чисто химическим путем» [4].

Итак, в этих (и некоторых других) великих открытиях переплетаются элементы случайного и закономерного. Как неизбежен прогресс науки, так неизбежны великие открытия в ней, нарушающие эволюционное развитие, являющиеся неким разрывом в логической причинно-следственной цепи. В развитии науки нет жесткого детерминизма, имеют место и элементы случайности, но нет и полной индетерминированности, действуют определенные закономерности. И то, и другое часто сосуществует рядом и дополняет друг друга, являясь двигателем научной мысли и прогресса. Но во всех случаях, и об этом свидетельствуют рассмотренные нами примеры, счастливый случай, удача сопутствуют великим ученым, достойным этих удач, этих подарков судьбы. И основой всех этих открытий являются талант и труд ученого.

Личностный фактор по своей значимости сопоставим с ролью личности в истории. Этот фактор может быть как иррациональным по своей природе, так и вполне объяснимым рационально. Человек, много думающий над той или иной проблемой, рано или поздно приходит к ее решению. Следует учитывать, что революционные открытия в науке не происходят на пустом месте. Помимо случайного или личностного фактора должны быть объективные предпосылки, своего рода потенциал причин, дестабилизирующий существующее положение вещей в том или ином научном направлении. Этим объективным фактором служат факты и наблюдения, противоречащие доминирующей на тот момент теории. Именно они приводят к фальсификации этой теории.

Таким образом, реальная возможность связана с необходимостью, закономерностью, но поскольку необходимость проявляется через массу случайностей, последние играют большую роль в превращении возможности (в нашем случае научного открытия) в действительность. Возможность не статична, а динамична, она изменяется, и ее развитие необходимо познавать в неразрывной связи с условиями ее становления, в которых наряду с необходимостью как ее форма и дополнение существует случайность. Безусловно, важную роль в превращении возможности в действительность играет субъективный фактор. То, что дано увидеть гению, не дано простому смертному. Великие открытия – это всегда «свадьба» между человеком и ситуацией. Во всех случаях, и об этом свидетельствуют рассмотренные нами примеры, счастливое стечение обстоятельств, удача сопутствуют великим ученым, достойным этих удач, этих подарков судьбы. И основой всех этих открытий являются талант и труд ученого.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гегель*. Сочинения. Т. VIII. М.-Л., 1971. С. 27.
2. *Гернек Ф.* Пионеры атомного века. М., 1974. С. 337.
3. *Капица П.Л.* Эксперимент. Теория. Практика. Статьи. Выступления. М., 1974. С. 18.
4. *Храмов Ю.А.* История физики. Биографический справочник. М., 1983.

## S U M M A R Y

*In the article make an attempt to systematize the most remarkable discoveries in physics, which illustrate the correlation between accident and necessity in physics development.*

*Поступила в редакцию 7.05.2003*