

УДК 378.16
ББК 74.4

DOI: 10.31862/1819-463X-2020-1-220-228

О СООТНОШЕНИИ СЛУЧАЙНОГО И ЗАКОНОМЕРНОГО В ФИЗИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЯХ

А. В. Овчаров, Ф. М. Бетеньков, А. С. Грязнов

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос о соотношении случайного и закономерного в процессе научных открытий. В учебных планах профессиональной подготовки бакалавров и специалистов, за исключением гуманитарных профилей, физика в разных объемах включена как обязательная дисциплина, в этой связи результаты, представленные в статье, будут интересны студентам как познавательные, а преподавателям – как учебно-методические. На конкретных примерах из истории открытия физических законов и явлений показано, что случайное и закономерное при открытии этих законов тесно связаны между собой, что характерно для разных областей естествознания. Открытия, рассматриваемые как случайные, практически всегда закономерно обоснованы, а в закономерных открытиях невозможно полностью исключить фактор случайности. Диалектический метод оценки соотношения случайного и закономерного предусматривает органичное проникновение элементов случайности в естественно-исторические закономерности развития науки.

Ключевые слова: закономерное и случайное в научных открытиях, физические открытия, диалектический метод.

THE RATIO OF RANDOM AND NATURAL IN PHYSICAL DISCOVERIES

A. V. Ovcharov, F. M. Betenkov, A. S. Gryaznov

Abstract. The article deals with the issue of the ratio of random to natural in the process of scientific discoveries. In the curricula of professional training of bachelors and specialists, except for the students of humanitarian profiles, physics is included as a mandatory discipline, in this regard, the results presented in the article will be interesting to students as cognitive, and teachers as educational and methodological. Specific examples from the history of the discovery of physical laws and phenomena show that random and natural when these laws are discovered are closely related, which is typical of different fields of

© Овчаров А. В., Бетеньков Ф. М., Грязнов А. С., 2020



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

natural science. Discoveries considered as random are almost always naturally justified, and in natural discoveries, it is impossible to completely exclude the factor of the random. The dialectical method of estimating the ratio of random to natural provides organic penetration of elements of random in natural-historical patterns of science development.

Keyword: *natural and random in scientific discoveries, physical discoveries, dialectical method.*

Вопрос о случайном и закономерном в научных открытиях привлекает внимание многих исследователей, так как многие из них уверены, что решение этой проблемы, в конечном итоге, может скорректировать направление научных поисков и способствовать их целенаправленности и рациональности [1–3]. Этот вопрос важен также и в методологическом плане, поскольку его изучение выявляет немало фактов, подтверждающих диалектический характер связи между случайным и закономерным [4].

В физической литературе нередко можно столкнуться с попытками разделения научных открытий на чисто случайные и чисто закономерные. В ряду неслучайных открытий упоминаются: законы Кеплера; явление электромагнитной индукции, открытого Фарадеем; открытие спектральной формулы Бальмера; открытие Герцем электромагнитных волн; открытие Лебедевым светового давления и т. д. К числу случайных чаще всего относят открытие Архимедом закона плавания тел; открытие Майером закона сохранения и превращения энергии; открытие Эрстедом магнитного действия тока; открытие Рентгеном X-лучей; открытие Беккерелем радиоактивности; открытие Андерсеном позитрона; открытие Гершелем планеты Уран и др.

Однако авторы работ, предлагая такое разделение, не учитывают всех обстоятельств, сопровождающих те или иные открытия. Они исходят из позиций классической логики, которая основывается на принципе «или то, или другое». Чаще всего подобные разграничения излагаются в популярной литературе, поэтому в массовом сознании фиксируется, что большинство

открытий и изобретений происходят совершенно случайно. Таким представлением способствует и то, что случайность проявляется в непосредственном стечении обстоятельств и в непредвиденном результате ряда современных открытий.

Следует помнить: случайно то, что происходит с малой степенью вероятности, поэтому не все открытия, считающиеся случайными, являются таковыми. А для научного открытия вообще понятие «случайность» имеет весьма ограниченное применение. На самом деле, если в природе существует какое-то неизвестное явление, то оно рано или поздно будет открыто. Вся его случайность определяется только временем и местом его открытия.

Однако еще в древности сложились и противоположные взгляды на явления природы. Известный древнегреческий материалист Демокрит категорически отвергал роль случая, заявляя, что никакой случайности вообще не существует, случайным люди считают то, чего они не знают или не понимают: «...они измыслили себе идол случая, чтобы пользоваться им как предлогом, прикрывающим их собственную нерассудительность». Он заложил основы детерминизма, утверждая, что «ни одна вещь не возникает беспричинно». Во все последующие эпохи естествоиспытатели не выходили за рамки понимания «либо закономерное, либо случайное». Заметим, что убежденным приверженцем принципа детерминизма в XX в. являлся великий Эйнштейн, доводы которого в пользу причинного характера в проявлении природных процессов повлияли на то, что закономерное от вело случайному лишь вторые роли.

Прогрессивно мыслящие ученые все в большей мере склонялись к тому, что про-

блема соотношения случайного и закономерного может быть разрешена только при использовании диалектического подхода [4, с. 55]. Ведь диалектика, как утверждали еще ученые Средневековья Никола Кузанский и Джордано Бруно, есть учение о совмещении противоположностей. Центром диалектического мышления являются противоречия, которые она пытается совместить в соответствии с логикой, основывающейся на принципе «и то, и другое». При подобном подходе случайность и закономерность для ученых неразделимы. Все случайные открытия с таким же успехом можно отнести к закономерным.

В этом плане обсудим соотношение случайного и закономерного на конкретных примерах ряда физических открытий. Зададимся вопросом: «Так ли случайным было открытие Архимеда?» Ведь ученый решал весьма сложную по тому времени техническую задачу – выявить, имеется ли в царской золотой короне примесь другого металла. Эта проблема долгое время не давала ему покоя и постоянно будоражила его мысль. Учитывая гениальность Архимеда, можно смело утверждать, что рано или поздно эта задача была бы решена, не в ванне, так еще где-то. Купание в ванне – это лишь тот счастливый случай, который ускорило получение результата кропотливого закономерного поиска.

Академик С. Л. Соболев говорил, что новая идея возникает тогда и только тогда, когда человек, отключившись на некоторое время решительно от всех мыслей, думает только об одном, вживается в эту проблему. Это высказывание всецело относится к Архимеду и его открытию.

В равной мере данные слова можно адресовать и Д. И. Менделееву, открывшему 150 лет назад Периодический закон химических элементов. Он, преподавая химию студентам, задался целью отыскать способ объяснения свойств химических элементов так, чтобы они могли восприниматься в определенной системе. Для этого он, используя различные комбинации, подобно пасьянсу, раскладывал карточки с написанными на

них символами известных в то время 63-х химических элементов. Тогда и возникла ценная мысль о сближении групп элементов по величине их атомных весов. Она постоянно заставляла думать ученого, не давая ему в буквальном смысле слова ни сна, ни отдыха. Он трое суток не спал, решая эту проблему. От чрезмерного напряжения, наконец-то, уснул и, как потом вспоминал сам [5, с. 224], увидел во сне таблицу, где все элементы расположены как требуется.

Так было ли открытие этого фундаментального закона случайным? Ответ однозначен: нет. Более того, открытие Периодического закона побудило химиков разных стран к закономерным поискам новых, еще неизвестных химических элементов, предсказанных Д. И. Менделеевым (в составленной таблице имелись свободные клеточки). И действительно, к таким вновь открытым веществам относится галлий, открытый в 1875 г. (его Менделеев назвал экаалюминий); скандий – в 1879 г. (экабор); германий – в 1886 г. (экасилиций).

Как уже отмечалось, к числу случайно открытых относят и закон сохранения и превращения энергии, основы которого заложены немецким исследователем Робертом Майером. При более пристальном ознакомлении с историей открытия этого закона выясняется, что изначально на мысль о возможности перехода из одного вида энергии в другой Майера натолкнули два факта случайных наблюдений, отмеченные им в ходе плавания на корабле, где он был судовым врачом [6, с. 73].

Первый из них связан с сильным штормом, обрушившим на корабль холодный ветер, холодные волны и холодный ливень. А после того, как стихия утихомирилась, наступило заметное потепление. Спутник Майера – опытный штурман судна – прокомментировал: «А это всегда так. После сильных бурь вода в море нагревается». Майера тут же осенила идея: море нагревается потому, что в тепло превращается механическая энергия ветра.

Второй факт. Оказавшись в тропиках, Майер лечил заболевшего матроса мето-

дом кровопускания. Каково же было его изумление, когда вопреки всем законам анатомии кровь из вскрытых вен оказалась алого цвета. В порту Майер узнал у местных врачей, что яркая окраска венозной крови в южных широтах – явление обычное. Он понял, что, так как в тропиках жарко, организму нужно меньше энергии для поддержания температуры тела. То есть чем меньше разница в температурах тела человека и окружающей среды, тем меньше потребление организмом кислорода, определяющего цвет крови.

Обобщив свои идеи, Майер приходит к общефилософскому выводу о том, что качественно различные виды энергии способны к взаимным превращениям. Таким образом, череда случайных наблюдений привела Майера к закономерному заключению, позволяющему ему дать философское обоснование одного из фундаментальных законов природы. Эти идеи дали толчок дальнейшим закономерным попыткам обосновать данный закон экспериментально, что с блеском удалось сделать английскому ученому Джеймсу Джоулю.

Свои усилия Джоуль направил на экспериментальные исследования по превращению различных форм энергии – механической, электрической, химической в тепловую. Кропотливые измерения, повторяющиеся многократно, позволили ему с большой точностью определить механический эквивалент теплоты, устанавливающий соотношение между количеством теплоты и затраченной работой. На основании своих опытов он убедительно доказал, что «...могучие силы природы неразрушимы и во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты» [6, с. 76].

Джоулю, однако, не удалось дать математическое выражение закона сохранения и превращения энергии. Это с успехом сделал известный немецкий естествоиспытатель Герман Гельмгольц, который в результате целенаправленных поисков смог получить интегральное уравнение рассматриваемого закона. Как видим, случайные фак-

торы в наблюдениях Майера и закономерные исследования Джоуля и Гельмгольца в совокупности способствовали становлению закона сохранения и превращения энергии. Случайным здесь можно считать, что этот фундаментальный закон природы и физики был открыт без участия физиков. Его праотцами являются врач Майер, пивовар Джоуль и физиолог Гельмгольц.

Среди явлений в области электричества также имеются открытия, трактуемые как случайные. Особенно много упоминаний о том, что открытое датчанином Эрстедом магнитного действия тока относится к чисто случайным. Действительно, сам факт обнаружения воздействия тока, текущего в проводнике, на магнитную стрелку, находящуюся вблизи его, произошел, когда Эрстед на лекции демонстрировал нагревание этого проводника током. Случайным при этом считается наличие той самой стрелки на демонстрационном столе, которая при замыкании цепи повернулась перпендикулярно проводнику.

Однако следует учитывать, что в начале XIX в., когда Эрстед проводил свои опыты, экспериментальная база была слабо оснащенной. Немногочисленное оборудование обычно находилось на лабораторном столе. Поэтому неудивительно, что там оказалась магнитная стрелка – один из самых востребованных приборов при проведении опытов с электричеством.

Самое важное здесь состоит в том, что Эрстед задолго до своего открытия целенаправленно искал доказательства связи электричества и магнетизма. За семь лет до этого события в одной из своих статей он ставил цель «...выяснить на опыте, действительно ли электричество в своем наиболее скрытом состоянии не оказывает влияния на магнит как таковой». А уже после открытия он писал: «Все мои слушатели могут засвидетельствовать, что я заранее определил результат опыта» [3, с. 26].

То есть наблюдение того, что магнитная стрелка реагирует на электрический ток в проводнике, Эрстеда вовсе не удивило. Неожиданным было то, каким образом она

себя повела, не притянулась или оттолкнулась, что было характерно для магнитного действия, а повернулась. Это было готовым и заранее непредсказуемым явлением.

Случайным следует считать и то, как была расположена стрелка относительно проводника. Если бы она изначально была ориентирована перпендикулярно проводу, то никакого поворота зафиксировано не было бы.

В рассматриваемом открытии наглядно проявляется важность сочетания элементов случайного и закономерного. Отсутствие одного из них обедняет другое. Известно, что задолго до Эрстеда отклонение магнитной стрелки под действием проходящего вблизи ее электрического тока наблюдал итальянец Римаевези. Но при этом отсутствовали дальнейшие закономерные исследования данного явления, поэтому оно вскоре было забыто. Эрстед же настойчиво и целеустремленно шел к результату, к которому привели его благоприятные случайности.

Интенсивные исследования электромагнетизма учеными разных стран способствовали открытию одного из важнейших явлений, связывающих электрический ток и явление электромагнитной индукции. Это открытие в литературе чаще всего представляется результатом закономерного научного поиска. И в самом деле, автор его Майкл Фарадей, зная об опытах Эрстеда, где с помощью электрического тока получен магнетизм, поставил обратную задачу – «превратить магнетизм в электричество». На решение этой задачи ушло 11 лет.

Положительный результат – в катушке возник ток при движении в ней магнита – был получен в ходе хорошо спланированного эксперимента, удачно подобранного оборудования, тщательного анализа опытных данных. То есть закономерность налично, и этого никто не отрицает. Вместе с тем с данным открытием связаны некоторые интересные факты.

В истории науки действует закон созревания открытий: наступает время, когда открытие должно быть сделано, оно созрело.

Этот закон полностью применим к явлению электромагнитной индукции, открытие которого ожидалось, оно «вitalo в воздухе». Этим вопросом занимались ученые многих стран, в том числе и швейцарский физик Колладон. В опытах он применял гальванометр с магнитной стрелкой. Чтобы магнит не влиял на стрелку, гальванометр помещался в соседней комнате и длинными проводами соединялся с катушкой. Колладон вдвигал магнит в катушку и шел в соседнюю комнату смотреть показания гальванометра, который, к его огорчению, тока не показывал. Будь у Колладона помощник, наблюдавший постоянно за гальванометром, открытие им было бы сделано. Но счастливый случай от него отвернулся, одной закономерности оказалось мало.

В конце XIX в. усилия физиков увенчались открытием электромагнитных волн, теоретически предсказанных Дж. Максвеллом. Уникальные эксперименты для этого проведены Г. Герцем – учеником уже упоминавшегося Г. Гельмгольца, который и поставил столь сложную задачу своему подопечному. Закономерность обнаружения электромагнитных волн не вызывает сомнения, но и на этот раз не обошлось без случайности. В ходе своих опытов Герц случайным образом открыл фотоэлектрический эффект, при этом он ограничился лишь сообщением о новом явлении. Детальное исследование фотоэффекта в 1888–1889 гг. выполнено российским физиком А. Г. Столетовым, который установил 12 закономерностей для этого явления. Ныне они сформулированы в виде двух законов, носящих название «законы Столетова».

Интересной представляется история с формулой Балмера, когда во второй половине XIX в. ученые заполучили в арсенал своих исследовательских методов спектральный анализ, началось интенсивное изучение свойств веществ с его помощью. Особое внимание привлекали линейчатые спектры, характерные линии, длины волн, соответствующие им, были измерены достаточно точно. Однако связать их каким-либо соотношением долгое время не уда-

валось. Велись усиленные планомерные поиски такой закономерной связи, но результата не было до тех пор, пока не вмешался Его Величество Случай.

Случайно в компании физиков оказался математик по фамилии Бальмер, который безапелляционно заявил, что он может любой набор чисел связать формулой. Физики, не растерявшись, предложили ему четыре числа, соответствующие длинам волн, излучаемых атомарным водородом в видимой области спектра. Бальмер сдержал слово, предоставив формулу, устанавливающую искомую связь между этими длинами волн. Спектроскописты преобразовали ее к стандартному виду, и в 1885 г. появилась формула Бальмера, которая и сейчас представлена в учебниках физики именно в таком виде.

Эта формула дала толчок физикам к дальнейшим исследованиям спектра атомарного водорода в ультрафиолетовой и инфракрасной областях, где были обнаружены целые серии спектральных линий, закономерно связанных между собой соотношениями, подобными формуле Бальмера (формула Лаймана, формула Пашена и др.).

На рубеже XIX и XX столетий физика наполнилась еще двумя выдающимися открытиями, которые относятся к разряду случайных, – это рентгеновское излучение и радиоактивность. В открытии В. Рентгена действительно присутствовал целый набор случайностей. Во-первых, на демонстрационном столе случайно оказался экран, покрытый платиносинеродистым барием, который мог светиться под действием невидимых лучей. Во-вторых, катодная трубка случайно была закрыта чехлом, непроницаемым для катодных лучей. И в третьих, разрядная трубка, с которой экспериментировал Рентген, случайно оказалась не выключенной. Все эти факторы и способствовали тому, что Рентген заметил свечение экрана, которого, по его пониманию ситуации, не должно быть. Так как катодные лучи задерживались чехлом трубки, то ученый пришел к логическому заключению – свечение экрана вызывают некие неизвест-

ные лучи, которые он сам назвал X-лучами.

Но все ли здесь было только случайным? В этом можно усомниться, прочитав фразу, высказанную самим Рентгеном своему коллеге из Англии: «Я искал невидимые лучи... Я полагал, что платиносинеродистый барий окажется подходящим веществом, чтобы продемонстрировать невидимые лучи, которые могли исходить из трубки». В свете этих высказываний можно сделать вывод, что Рентген преднамеренно искал невидимые лучи, а путь, приведший его к столь великому открытию, представляется закономерным результатом многолетних исследований катодных лучей.

Здесь соотношение между случайным и закономерным выступает в ином свете: закономерное и случайное тесно переплетены и не исключают, а дополняют друг друга. Диалектическое сочетание их в данном исследовании в большей степени способствовало обнаружению новых свойств материального мира.

Гипотеза Рентгена о том, что X-лучи связаны с флуоресценцией, физикам представлялась весьма заманчивой и заинтересовала многих из них. Достаточно сказать, что только за следующий после открытия год по этой теме было опубликовано свыше тысячи работ. Больше всех повезло французскому физiku Беккерелю, который в ходе своих экспериментов в 1896 г. открыл новое явление, названное позже радиоактивностью. А помог ему счастливый случай, а точнее, целый спектр случайностей. А именно: случайным оказался выбор исследуемого вещества – урана – калиевого бисульфата, ведь из известных в то время веществ лишь соединения урана и производные тория обладали радиоактивностью; случайными оказались стечения обстоятельств, связанных с погодными условиями – облачность, закрывшая солнце, не позволила засветить флуоресцирующую соль урана; случайно была проявлена фотопластинка, на которой размещалась не засвеченная соль, что и привело Беккереля к выводу о необязательной выдержке препарата на солнечном свете – он и без этого ис-

пускал невидимые лучи, засвечивающие фотопластинку, упакованную в светонепроницаемую черную бумагу.

С учетом всех таких случайностей и само открытие радиоактивности логично считать случайным. Это признавал и сам Беккерель, однако при этом он утверждал, что заранее поставил целью своих опытов отыскать невидимые лучи. Об этом опыте он писал: «...я все равно провел бы его рано или поздно, когда я систематически изучил бы для фосфоресцирующих веществ формы воздействия на фотографическую пластинку» [3, с. 49]. Значит, этот эксперимент, сыгравший решающую роль в открытии радиоактивности, следует рассматривать выступившую в обличье случайности реализацию вполне закономерного этапа исследования, позволившего Беккерелю достичь желаемого результата.

Ряд открытий в атомной физике были осуществлены в сочетании закономерного и случайного. Так, в начале XIX в. английский физик Э. Резерфорд, проводивший известные опыты по бомбардировке α -частицами тончайшей фольги из золота, заметил, что случайно оказавшийся перед мишенью флуоресцирующий экран фиксировал очень редкие вспышки от ударов α -частиц, которые отскочили от фольги в обратном направлении. Этот факт для Резерфорда оказался весьма неожиданным, но, к чести ученого, тщательный анализ своих опытов позволил сделать ему важное заключение – внутри атома существует положительно заряженное ядро, в котором содержится вся масса атома.

Таким образом, счастливый случай ускорил открытие атомного ядра, хотя Резерфорд ставил целью именно исследование внутренней структуры атома, то есть шел закономерно к своему открытию. И вообще, в деятельности Резерфорда отмечен ряд явлений, прогнозируемых им заранее и потому открытых закономерно. В 1919 г. он осуществил первую в мире ядерную реакцию, на выходе которой была открыта новая частица – протон. Так как протон имеет положительный заряд и проявляет

себя в ядерных реакциях, то естественно предположить, что он является составной частью ядра. Эти частицы обеспечивают заряд ядра, но их не хватает для описания его массы. Тогда Резерфорд предположил, что в природе должна существовать незаряженная частица – нейтрон с массой, близкой к массе протона [7, с. 427].

Вместе со своими учениками он начал активные поиски такой частицы по заранее спланированной программе проведения опытов. Сам Резерфорд осуществил 17 ядерных реакций, но только через 12 лет удача улыбнулась его ученику Д. Чедвигу, который в реакции по расщеплению ядер бериллия α -частицами открыл нейтрон.

В истории научных открытий часто случается открытие какого-то явления, когда изучается совершенно другое. Примером могут служить γ -лучи и радиоактивность, открытые при исследовании катодных лучей и флуоресценции соответственно; открытие фотоэффекта Герцем при изучении свойств электромагнитных волн; Андерсон, исследуя космические лучи, в один прекрасный день получил фотографию весьма необычного трека, анализ которого привел к обнаружению позитрона (античастицы электрона). В астрофизике Гершель, изучая различные участки небесной сферы, заметил новый диск зеленоватого цвета, ранее не обозначенный ни на одной из карт звездного неба. Так случайно была обнаружена планета Уран.

В противовес этому можно привести пример открытия планеты Нептун, осуществленного без всяких случайностей. Наблюдая вращение планеты Уран, астрономы установили, что его период не постоянен. Англичанин Адамс и француз Леверье предположили, что возмущение орбиты Урана связано с воздействием на него какой-то неизвестной планеты. Используя закон всемирного тяготения, они рассчитали возможное время наблюдения этой планеты и ее координаты. Их сообщение попало в Берлин 23 сентября 1847 г., и в тот же вечер астроном Галле в указанной точке зафиксировал новую планету, которая по-

лучила название Нептун. Подобным же способом была открыта и планета Плутон.

Важно отметить следующее – будь то открытие случайное или неслучайное, среди их авторов в науке нет случайных людей. Советский академик П. Л. Капица утверждал, что в большой науке значительных успехов могут достичь только люди глубоко одаренные и творческие, таких людей в науке немного. Ведь не напрасно отмечается, что тысячи людей принимали ванны, но так гениально ее принял только Архимед, миллионы людей видели, как падает яблоко, но только Ньютон поставил вопрос «почему?».

В последнее время отмечается тенденция коллективных открытий. Над насущными проблемами физики работают целые коллективы и даже межгосударственные их объединения (Международная космическая станция, Большой адронный коллайдер и др.). В этом плане значительно возрастают возможности проявления как случайного, так и закономерного. Поэтому вопрос о соотношении их в научных открытиях приобретает все большую значимость.

Детальный анализ примеров крупных физических открытий приводит к мысли, что сопутствующие им случайное и законо-

мерное тесно переплетены. С учетом диалектики процесса познания естественность такого «пересечения» представляется вполне обоснованной. Открытия, рассматриваемые как случайные, практически всегда закономерно обоснованы, а в закономерных открытиях невозможно полностью исключить фактор случайности.

Таким образом, диалектический подход не только не исключает случайное, но даже видит его обязательное включение в закономерный процесс достижения новых научных высот. Диалектический метод оценки соотношения случайного и закономерного в естествознании позволяет устранить ограниченность механистического детерминизма, утверждающего их несовместимость. Этот метод предусматривает органичное проникновение факторов случайности в естественно-исторические закономерности развития науки, что и демонстрируют описанные выше примеры многих физических открытий. Представленные результаты о соотношении закономерного и случайного, на наш взгляд, характеризуют исследовательскую деятельность ученых в разных областях естествознания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ходаков Ю. В.* Как рождаются научные открытия. М.: Наука, 1964. 96 с.
2. *Новиков А. С.* О природе повторных открытий // Вопросы истории естествознания и техники. 1992. № 1. С. 3–14.
3. *Явелов Б. Е.* Случайное и закономерное в истории физических открытий. М.: Знание, 1982. 64 с.
4. *Пилипенко Н. В.* Диалектика необходимого и случайного. М.: Прогресс, 1986. 303 с.
5. *Менделеев Д. И.* Заветные мысли. М.: Мысль, 1995. 413 с.
6. *Голубь П. Д., Овчаров А. В., Насонов А. Д.* Из жизни творцов физической науки. Банаул: АлтГПУ, 2017. 359 с.
7. *Данин Д. С.* Резерфорд. М.: Молодая гвардия, 1967. 624 с.

REFERENCES

1. *Khodakov Yu. V. Kak rozhdayutsya nauchnye otkrytiya.* Moscow: Nauka, 1964. 96 p.
2. *Novikov A. S. O prirode povtornykh otkrytiy. Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki.* 1992, No. 1, pp. 3–14.
3. *Yavelov B. E. Sluchaynoe i zakonomernoe v istorii fizicheskikh otkrytiy.* Moscow: Znanie, 1982. 64 p.
4. *Pilipenko N. V. Dialektika neobkhodimogo i sluchaynogo.* Moscow: Progress, 1986. 303 p.

5. Mendeleev D. I. *Zavetnye mysli*. Moscow: Mysl, 1995. 413 p.
6. Golub P. D., Ovcharov A. V., Nasonov A. D. *Iz zhizni tvortsov fizicheskoy nauki*. Banaul: AltGPU, 2017. 359 p.
7. Danin D. S. *Rezerford*. Moscow: Molodaya gvardiya, 1967. 624 p.

Овчаров Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой технологических дисциплин Алтайского государственного педагогического университета

e-mail: oav.ovcharov2010@yandex.ru

Ovcharov Aleksandr V., PhD in Physics and Mathematics, ScD in Education, Professor, Chairperson, Technological Disciplines Department, Altai State Pedagogical University

e-mail: oav.ovcharov2010@yandex.ru

Бетеньков Федор Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических дисциплин Алтайского государственного педагогического университета

e-mail: bfm1982@yandex.ru

Betenkov Fedor M., PhD in Technology, Associate Professor, Technological Disciplines Department, Altai State Pedagogical University

e-mail: bfm1982@yandex.ru

Грязнов Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологических дисциплин Алтайского государственного педагогического университета

e-mail: gryaznov-as@yandex.ru

Gryaznov Alexander S., PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Technological Disciplines Department, Altai State Pedagogical University

e-mail: gryaznov-as@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 13.04.2019

The article was received on 13.04.2019