

II

Ю.В. Сачков

Вероятность – на путях познания сложности

В структуре научной деятельности первостепенное значение принадлежит методам исследования. Именно методы прежде всего характеризуют существо науки, ее развитие и возможности в анализе действительности. Как сказал В.А.Смирнов: «...История науки и методологии свидетельствует: развитие науки и культуры осуществляется не за счет совершенствования психики и творческих способностей отдельных личностей, а путем изобретения и совершенствования научных методов»¹.

Современные методы исследований весьма развиты. Их сердцевину составляют методы познания сложных и сложно-организованных систем. В структуре таковых одна из важнейших и определяющих «ролей» принадлежит идеям и методам теории вероятностей. Вероятность воздействует на весь концептуальный строй научного мышления, а между тем в современной методологической литературе, в современном концептуальном видении мира ей все еще не придается должного значения. Вероятность зачастую рассматривается как нечто, лежащее на обочине магистральных путей развития науки, а не в ее основах. Соответственно, чтобы оценить должным образом значение вероятностной идеи в развитии науки, необходимо прежде всего раскрыть ее реальное положение в структуре современного научного познания.

¹ Смирнов В.А. Творчество, открытие и логические методы поиска доказательства // Природа научного открытия. М., 1986. С. 109.

Воздействие идеи вероятности на научное мышление, на развитие познания прямо сопряжено с разработкой теории вероятностей как математической дисциплины, как раздела математики. Зарождение математического учения о вероятности относится к XVII в., когда было положено начало разработке ядра понятий, выражающих вероятностную идею. Соответствующие проблемы и задачи возникли в статистической практике – в страховом деле, в демографии, в оценке ошибок измерения. По мере развития приложений совершенствовалась и сама теория вероятностей.

В реальное познание действительности вероятность уверенно вошла в прошлом веке. Методы исследования, опирающиеся на теорию вероятностей, во многом и решающим обеспечили, начиная со второй половины XIX в., **колоссальный прорыв науки в познание природы**. Революционное проникновение физики в интимные структуры материи неотделимо от вероятностных представлений. Идея вероятностей вошла в физику в ходе разработки молекулярно-кинетической теории газов, переросшей затем в классическую статистическую физику. На путях развития последней произошло окончательное утверждение физического атомизма – были получены непосредственные доказательства реальности атомов и первые данные о параметрах их структуры. Можно сказать, что именно вероятность утвердила в науке атом, вывела его на орбиту прямых физических исследований.

Разработка статистической физики означала грандиозный прорыв физики в анализ структуры вещества. Свое начало статистическая физика берет с изучения свойств и закономерностей газов, газообразного состояния вещества. Именно здесь лежат исходные представления вероятностного стиля научного мышления. В дальнейшем статистическая физика довольно быстро «переключилась» на изучение свойств и закономерностей жидких и твердых тел. И ныне статистическая физика предстает как фундаментальное направление физических исследований.

Включенность вероятности в структуру научных методов привело физику в начале нашего века к новому грандиозному прорыву в глубь материи – в структуру атома и атомных процессов. Эти знания воплотились в квантовой теории, разработка которой ознаменовала раскрытие весьма необычных, диковинных свойств микромира, понимание которых восхищает и озада-

чивает ученых и по сей день. Как сказал В.Вайскопф, квантовая теория представляет такой «плод человеческой мысли, который более всякого другого научного достижения углубил и расширил наше понимание мира»². В литературе также отмечается, что само становление физического познания освящено вероятностными представлениями. Физика немыслима вне измерений, а первые же попытки осмыслить и оценить практику измерительных процедур опираются на вероятностные представления, связанные с установлением в конце XVII в. закона распределения ошибок измерения, сугубо вероятностного.

Не менее грандиозное значение имеет вероятностная идея и в развитии биологии, ее основополагающих теорий о строении и эволюции живого. На вероятностные представления практически опирается уже эволюционная теория Дарвина. Проблема эволюции органического мира весьма сложна. В теории Дарвина сформулированы лишь исходные понятия феноменологического порядка, прежде всего – изменчивости, наследственности и отбора. Анализ взаимоотношений между этими понятиями немыслим вне того, что называется вероятностным образом мышления.

Интенсивные применения вероятностных идей и методов в биологии связаны со становлением и развитием генной теории. Законы генетики в своей основе являются вероятностными. В ходе их разработки происходит не только применение, но и совершенствование методов собственно теории вероятностей как математической дисциплины. И современные исследования проблем эволюции и организации живых систем как ведущих проблем биологии немыслимы вне привлечения вероятностных идей.

Вероятностные идеи и методы исследований входят практически в каждую из наук о природе – в химию, геологию, географию, в учение о мозге и т. п. Везде, где наука сталкивается со сложностью, с исследованием сложных и сложно-организованных систем, вероятность приобретает важнейшее значение. Соответственно, она имеет базовое значение и для наук об обществе. Вероятность входит прежде всего в статистику как науку о количественных соотношениях в массовых общественных явлениях. Вне обработки статистических данных развитие наук об обществе просто невозможно.

² Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М., 1977. С. 34.

Все сказанное дает полное основание для утверждения, что вхождение вероятности в реальное познание знаменует великую научную революцию. Начиная со второй половины прошлого века идея вероятности характеризует магистральные пути развития всего комплекса знаний, начиная от наук о неживой природе и кончая науками о живой природе и обществе. Если историю науки подразделять в глобальном плане, как это ныне широко делается, на классический, неклассический и постнеклассический этапы ее развития, то именно вероятность в наибольшей степени олицетворяет неклассическую науку.

О революционном воздействии вероятности на развитие науки высказывались многие ведущие ученые двадцатого столетия. Н.Винер, связывая с именем У.Гиббса радикальное становление вероятности в науке и подчеркивая ее решающее значение в развитии современной физики, писал, что «именно Гиббсу, а не Альберту Эйнштейну, Вернеру Гейзенбергу или Максцу Планку мы должны приписать первую великую революцию в физике XX в.»³.

Не менее характерно и мнение В.Паули – выдающегося физика-теоретика середины прошлого века. «Я уверен, – писал он М.Борну, – что статистический характер у-функции (а таким образом, и законов природы) ...будет определять стиль законов в течение по крайней мере нескольких столетий. Возможно, что позднее, например в связи с процессам жизни, будет найдено нечто совершенно новое, но мечтать о возвращении к прошлому, к классическому стилю Ньютона-Максвелла... – это кажется мне безнадежным, неправильным, признаком плохого вкуса»⁴. Можно добавить, что статистическими закономерностями называются именно те, которые принципиальным образом включают в себя понятие вероятности.

Интересно высказывание К.Поппера, одного из известнейших философов XX в. Как он сам отмечает, его с семнадцати лет завораживала проблема вероятности. Он выработал свою объективную интерпретацию теории вероятностей – интерпретацию с точки зрения предрасположенностей. С позиций этой трактовки вероятности К.Поппер понял ее «космологическое значение»: «Я имею в виду тот факт, что мы живем в мире предрасположенностей и

³ Винер Н. Кибернетика и общество. М., 1958. С. 26.

⁴ Цит. по: Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., 1963. С. 266.

это делает наш мир более интересным и более удобным, чем тот, который нам виделся на основе прежнего состояния науки»⁵. Понятие вероятности, высказывается Э.Агацци, «стало одним из наиболее характерных понятий современной культуры»⁶. Добавим еще, что в 1987 г. в издательстве Массачусетского технологического института вышел двухтомник «Вероятностная революция», где воздействие вероятности на развитие познания рассматривается в широком плане – от развития математического мышления до приложений в области естественных и социальных наук⁷.

В чем же секрет успеха, в чем сила идеи вероятности? Ключ к пониманию вероятности – в новом видении мира, его устройства, эволюции и познания. Это видение мира опирается на новые методы исследований, на особые способы постановки и решения исследовательских задач, на новые формы выражения знаний. Однако осмыслить существо вероятностного видения мира, раскрыть его новизну – задача далеко не из легких. Как сказал Э.Агацци: «Вероятностный образ мышления можно сказать проникнул почти в каждую область нашей интеллектуальной жизни. Однако, было бы трудным дать подробный перечень “позитивных” характеристик, которые можно рассматривать как идентифицирующие признаки этого образа мышления. Каждый скорее скажет, что этот образ мышления характеризуется определенными “негативными” признаками, т. е. некоторым подходом, который выступает как отрицание хорошо установленных традиционных предположений, концептуальных структур, взглядов на мир и тому подобного. И именно вследствие такой оппозиции традициям вероятностный подход воспринимается как выражение “современного” интеллектуального стиля»⁸.

И действительно, при характеристике вероятностного образа мышления преимущественно говорится о том, что он отрицает в предшествующем знании, а не о том, что же он утверждает, что вносит в мышление и науку. Широко утверждается, что

⁵ *Popper K.* Мир предрасположенностей. Две новые точки зрения на причинность // *Философия и человек*. Ч. 11. М., 1993. С. 143.

⁶ *Probability in Sciences*. Ed. by E. Agazzi. Dordrecht, 1988. P. VII.

⁷ *The Probabilistic Revolution*. Vol. 1: *Ideas in History* / Ed. by L. Kruqer, L.J. Daston, and M. Heidelberqer. Vol. 2: *Ideas in the Sciences* / Ed. by L. Kruqer, G. Gigerenzer, and M.S. Morgan. Massachusetts, 1987.

⁸ *Probability in the Sciences*.

вероятность отрицает жесткую детерминацию, но что же более совершенного она предлагает? Последнее во многом остается открытым.

Чтобы раскрыть новизну, особенности вероятностного образа мышления, необходимо исходить из анализа предмета теории вероятностей и оснований ее многочисленных приложений. Теорию вероятностей широко принято определять как науку о массовых случайных явлениях. При рассмотрении ее предмета сложился своеобразный язык, выработано ядро базовых понятий, которые и выражают специфику теории. Таковыми являются понятия случайного события, случайной величины, вероятности и вероятностного распределения. Представления о вероятностных распределениях являются центральными в теории вероятностей. Исследуемые объекты, системы, явления и процессы здесь анализируются через призму и на основе языка распределений. «Некоторое свойство, – подчеркивал М.Лозв, – является теоретико-вероятностным тогда и только тогда, когда оно описывается с помощью распределений»⁹. Именно язык распределений выражает основу нового видения мира, нового образа мышления. Овладеть вероятностным стилем мышления – значит научиться мыслить на языке распределений.

Чтобы содержание базовых понятий теории вероятностей было более осязаемо, необходимо учитывать их «наполнение» в приложениях. Раскрытие существа вероятностных идей при таком подходе приводит к системному языку, к языку системных исследований. Основание для этого заложено в самом определении теории вероятностей, когда говорится о массовости. Системы, породившие вероятностный подход к анализу действительности, образуются из однородных, однотипных, взаимозаменяемых объектов (элементов). Поведение элементов в составе систем взаимно некоррелируемо. Системы по своей структуре разбиваются на подсистемы и элементы различаются по их принадлежности к определенным подсистемам. Если элементы систем сопоставляются со случайными событиями в теории вероятностей, то параметры, которые изменяют свое значение при переходе от одних подсистем к другим, соотносятся со случайными величинами. Каждому выделенному значению случайной величины соответствует устойчивое число элементов, которое сопоставляется с вероятностью. Нали-

⁹ Лозв М. Теория вероятностей. М., 1962. С. 183.

чие подобной устойчивости в системе в целом и определяется как вероятностное распределение. Последнее является структурной характеристикой систем. Вид, особенности этих распределений характеризуют целостные свойства систем.

Рассматривая основания вероятностного видения мира, необходимо также исходить из того, что приложения вероятности «породили» особый класс закономерностей – статистические закономерности и, соответственно – представления о статистических системах как «носители» этих закономерностей. Статистические системы суть системы, образованные из независимых или квази-независимых сущностей. Такое определение принципиально важно, ибо здесь выражена специфика вероятностного подхода к анализу действительности. Независимость выступает как первое, исходное основание вероятностных методов. Вероятностные распределения представляют собою структурную характеристику статистических систем, на базе которых характеризуются как элементы систем, так и их целостные свойства. Здесь следует отметить, что понятию независимости в философской литературе придается весьма незначительное внимание, и с этим связана, по нашему мнению, одна из причин недооценки роли и значимости вероятностной идеи.

Исторически основную роль в раскрытии и обосновании специфики статистических закономерностей, в раскрытии и обосновании существа вероятностной идеи сыграли представления о случайности. Новое видение мира означало, что в структуру базисных моделей мира и его познания имманентным, существенным образом была включена идея случая. Последнее непосредственно обусловлено тем, что представления о случайности входят в само определение теории вероятностей. В своих исходных посылках случайность определяется как отсутствие закономерности и, что взаимосвязано, как непредсказуемость соответствующих явлений и процессов. Наличие непредсказуемости дает основания на встречу с чем-то необычным, чудесным, и эти встречи с непредсказуемым, окрашенные надеждами на чудо, делают жизнь разнообразней и интересней. Недаром А.Пушкин назвал случай «богом изобретателем».

Представления о случае зародились в древности, при самых первых попытках осознания человеком своего бытия. Они стали необходимыми при объяснении поведения человека, его судеб,

или же, как сейчас нередко говорят, его жизненной траектории в многомерном мире. И сразу же выяснилось, что случай сопоставлен с необходимостью. Поэтический язык древних воплотил соответствующие представления в образах богинь человеческих судеб: Ананке – неумолимая необходимость, Тихе – слепой случай. Вне случая невозможно понять жизнь человека во времени. Более того, случайность стала характеризоваться как «регулятор» жизненных процессов. Эмпедокл, отмечал Б. Рассел, «рассматривал ход вещей как регулируемый скорее случайностью и необходимостью, чем целью. В этом отношении его философия была более научной, чем философия Парменида, Платона и Аристотеля»¹⁰.

В дальнейшей истории культуры представления о случае также преимущественно связывались с раскрытием основ поведения человека. Наиболее концентрированным образом они высвечивались при раскрытии представлений о свободе воли. Свобода воли прерывает те жесткие неумолимые связи и воздействия, в которые вплетен человек, и тем самым позволяет ему стать творцом нового и осознать свою силу и самостоятельность. Однако на реальную трактовку случайности в классический период развития науки определяющее воздействие оказало становление опытного естествознания, разработка классической механики и выросших на ее основе методологии и мировоззрения. Согласно этим взглядам все связи и взаимоотношения рассматривались наподобие механических, т. е. имеющих строго однозначный характер. Других типов связей не признавалось. Действие связей может отличаться друг от друга только своей «силой», интенсивностью. Соответственно этому случайность широко стала рассматриваться как выражение неполноты нашего знания об исследуемых объектах и системах. Там, где мы не можем по тем или иным причинам строго проанализировать действие всех взаимосвязей, мы и обращаемся к использованию вероятностных методов. Последнее означает, что случайность рассматривается как нечто несущественное, второстепенное, побочное, от чего наука может абстрагироваться. Вместе с тем, с развитием науки, с расширением приложений теории вероятностей подобная трактовка случайности преодолевалась и все более отчетливо проявлялась ее собственная ценность. Природа случайности весьма сложна и

¹⁰ Рассел Б. История западной философии. М., 1959. С. 76.

в ее трактовке еще много таинственного. Новое понимание случайности, открывающее простор для широкого применения теории вероятностей, пробивало себе дорогу весьма сложным образом, что дало основание сказать В.В.Налимову уже в наше время: «Чтобы хоть как-то понять природу случайного, западной мысли понадобилось более двух тысяч лет»¹¹.

Рассмотренная выше трактовка случайности, которая ведет к утверждению о неполноте статистических закономерностей, не является достаточно полной. Слабость этой трактовки состоит в том, что она не связывается определенным образом с понятием независимости. А между тем само становление и развитие теории вероятностей опирается на представления о независимости. Понятие независимости входит в систему базовых понятий теории вероятностей, более того – оно явилось затравочным в становлении самой теории и на его основе определяется специфика соответствующих явлений в целом. Современное математическое построение теории вероятностей дается в аксиоматической форме, что во многом и решающим связывается с именем А.Н.Колмогорова. В своем основополагающем труде (1933) А.Н.Колмогоров подверг специальному анализу понятие независимости. «Понятие независимости двух или нескольких опытов, – писал он, – занимает в известном смысле центральное место в теории вероятностей»¹². И далее: «Исторически независимость испытаний и случайных величин явилась тем математическим понятием, которое придало теории вероятностей своеобразный отпечаток... Если в новейших исследованиях... часто отказываются от предположения полной независимости, то оказываются принужденными для получения достаточно содержательных результатов ввести аналогичные ослабленные предположения... Мы приходим, следовательно, к тому, чтобы в понятии независимости видеть по крайней мере первый зародыш своеобразной проблематики теории вероятностей...»¹³. И наконец: «...Одной из важнейших задач философии естественных наук... является выяснение и уточнение тех предпосылок, при которых можно

¹¹ Налимов В.В. Спонтанность сознания. М., 1989. С. 207.

¹² Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. 2-е изд. М., 1974. С. 17.

¹³ Там же. С. 18.

какие-либо данные действительные явления рассматривать как независимые...»¹⁴. Как видим, А.Н.Колмогоров придавал представлениям о независимости не только основополагающее значение в построении теории вероятностей, но и в анализе проблематики философии естествознания. Э.Борель, один из страстных приверженцев вероятностной идеи, однажды заметил, что «бесполезно продолжать исследование теории вероятностей, если вы не имеете строгого понимания понятия независимости»¹⁵.

Что же представляет собою независимость и какова ее роль и значение в анализе бытия и познания? Эти вопросы тем более интересны, что в философии проблеме независимости практически не уделялось специального внимания. По-видимому, многими считалось и считается, что независимость может входить в науку лишь со знаком минус. Делая упор на познании закономерностей, устойчивых зависимостей и регулярностей, утверждая всеобщий характер связей и зависимостей, философия оставляла в тени проблему независимости. В философской литературе независимость исследовалась лишь по отношению к логике и математике (независимость аксиом в формализованных системах, независимые переменные в структуре уравнений). Однако представления о независимости имеют более широкую значимость.

Коль скоро утверждается, что независимость представляет собою нечто существенное в анализе бытия и познания, то она должна проявить себя уже в самих истоках и основах наших знаний. Есть ли место для независимости в механике Ньютона, которая занимает ключевое положение в становлении естествознания? В литературе отмечается, что вопросы независимости по отношению к классической механике встают, когда эта теория рассматривается в действии и, следовательно, в ее структуре выделяются как собственно законы механики, так и начальные условия. Независимость выражает природу и особенности задания начальных условий. При рассмотрении поведения совокупности частиц начальные состояния каждой из них не зависят и не определяются начальными состояниями других частиц. «С точки зрения классической механики, – отмечает И.Пригожин, – начальные условия произвольны, и только закон, связывающий начальные условия с конечным

¹⁴ Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. С. 19.

¹⁵ Borel E. Le hasard. The 2-nd ed. Paris, 1948. P. 15.

исходом, имеет внутренний смысл»¹⁶. Соответственно, независимость, как она проявляется в классической механике, относится к самому факту бытия, существования объектов. Она означает, что внутренние, коренные свойства любой из частиц, которые выражаются прежде всего через их массу, не зависят и не определяются другими частицами (ее окружением), что частицы обладают внутренней самостоятельной ценностью, данной, так сказать, от Бога. Классические частицы не связаны между собою ни родством (не имеют общего «предка»), ни общностью интересов.

С развитием науки развиваются и наши представления о независимости и формах ее проявления. Существенные преобразования они претерпели в ходе становления теории вероятностей и ее приложений. Здесь отношения независимости уже входят в саму структуру закономерностей – статистических закономерностей. Исходной, базовой моделью статистической физики является модель идеального газа. Особенностью этой модели является то, что частицы (молекулы) в газе рассматриваются как не взаимодействующие, не связанные, «свободные», что поведение частиц в газе взаимно не коррелировано. Последнее и означает, что состояния частиц взаимно независимы. И в то же время газ, в отличие от систем частиц в механике, имеет вполне определенные целостные характеристики. Отсюда и происходят утверждения, что статистические теории изучают системы, образованные из не зависимых сущностей.

Встает интересный вопрос – что же «цементирует» статистические системы, благодаря чему они приобретают некоторую целостность в своих проявлениях? Обычно предполагается, что для образования систем, имеющих целостные характеристики, необходимо, чтобы между ее элементами существовали постоянно или длительное время действующие связи, взаимодействия. Если же мы имеем дело с независимыми («свободными», атомизированными) сущностями, то что же им придает целостность, наличие устойчивости? Специфика статистических систем заключается в том, что целостность, наличие внутренней устойчивости им придают внешние условия, внешнее окружение, внешние, а не внутренние силы. Недаром идеальный газ как базовая (исходная) модель статистических и вероятностных представлений в теоре-

¹⁶ Пригожин И. От существующего к возникающему. М., 1985. С. 250.

тических построениях всегда рассматривается как заключенный в некоторый сосуд, размеры которого могут быть весьма произвольными. Аналогичным образом, само определение вероятности всегда предполагает указание на некоторые условия. Наличие внешних ограничений и приводит к тому, что в системах из независимых частиц устанавливается определенная внутренняя устойчивость, характеризуемая через представления о вероятностных распределениях. Если в поведении совокупности независимых частиц нет никаких ограничений, то мы приходим к обычным системам частиц, исследуемым в механике. Если же на эти совокупности накладываются внешние ограничения, то мы приходим к вероятностным представлениям и статистическим системам. Добавим еще, что внутренняя структура статистических систем в устоявшихся внешних условиях характеризуется через представления о хаосе. Можно также отметить, что само слово «газ» происходит от того же корня, что и слово «хаос».

Независимость, как и случайность, является важнейшей характеристикой сложных систем. Таковыми являются все структуры живого. Наиболее «основательные» представления о независимости, ее видах, формах и механизмах действия обнаруживаются при анализе общественных явлений и природы человека. Проблема независимости всегда встает в ходе исследований особенностей строения и функционирования практически всех структур общества, начиная с отдельных организаций, предприятий и объединений и кончая государствами, нациями и регионами. Вопросы независимости здесь связаны с раскрытием внутренних источников, движущих сил и направленности развития всех этих структур. В истории философской мысли представления о независимости особо остро давали о себе знать в становлении и развитии учения о свободе воли. Исторически развитый человек самоценен, волен, независим от весьма широких внешних обстоятельств в принятии своих решений. Все исходящие извне импульсы становятся причинами человеческих действий лишь постольку, поскольку они превращаются в факты общественного или личного сознания.

Несмотря на столь существенную значимость независимости, проявляется она всегда в сопряжении с зависимостью, с разнообразными и постоянно действующими во времени связями в реальном мире. Абсолютно независимые сущности, пожалуй, не-

возможно и познавать: они не ведут к образованию каких-либо устойчивых взаимосвязей с окружением, что как раз и исключает возможность их познания. Соответственно, случайность также всегда рассматривается в ее сопряжении с необходимостью.

Представления об индивидуализированных независимых частицах (объектах) являются вместе с тем весьма бедными. Разнообразии реального мира представлено неисчерпаемым множеством разнообразных систем (космические образования, жидкие и твердые тела, биологические и социальные системы), которые образуются благодаря наличию постоянно действующих взаимосвязей между составляющими их элементами. Образование структур из некоторых элементов можно рассматривать как ограничение независимости последних. Одна независимость породить разнообразие мира не в состоянии. Параметры объектов и систем как бы распадаются на независимые и зависимые. Независимость касается вполне определенной группы параметров, но далеко не всех. Независимые параметры прежде всего ответственны за развитие систем, за поиски возможных путей такого развития. Зависимость ведет к образованию устойчивых, «составных» и неисчерпаемо разнообразных структур и систем. Образование последних возможно на основе все более глубокого и «тонкого» синтеза независимости и зависимости. Критерием оптимального решения данных вопросов является повышение разнообразия и эффективности функционирования и поведения исследуемых систем.

Идею независимости можно рассматривать как первое основание вероятностных методов исследования. Второе основание, которое также все еще недостаточно учитывается в методологических исследованиях, есть идея иерархии, идея уровней в строении и детерминации систем. Идея иерархии, так сказать, заложена в самом системном подходе. Таковы уже взаимоотношения между понятиями, характеризующими элементы систем, и понятиями, описывающими целостные свойства этих систем. Идея уровней в вероятностном подходе имеет свои особенности. Основная задача статистической физики, говоря словами Г.Уленбека, «всегда заключается в отыскании соответствия между микроскопическим, или атомным, миром и миром макроскопическим»¹⁷. Мир атом-

¹⁷ Уленбек Г. Фундаментальные проблемы статистической механики // УФН. 1971. Т. 103. Вып. 2. С. 275.

ный – это исходный, первичный уровень, а макроскопический – это более высокий уровень описания систем. Для понимания существа любой иерархии весьма существенно раскрытие характера синтеза, объединения понятий, относящихся к различным уровням описания систем, в единую систему, в единую теорию. Идея иерархии весьма стара, имеет длительную историю. Иерархия возможна и в системах, основанных всецело на принципах жесткой детерминации. Иерархия в вероятностном подходе включает в себя определенную независимость на исходном уровне. Тем самым вероятность вводит в науку представления об особом виде иерархических организаций – организаций с наличием автономности.

Кульминационным пунктом применения вероятностных концепций в естествознании в их базовых утверждениях является разработка квантовой механики – физической теории микропроцессов, процессов атомного масштаба. Обычно при рассмотрении идеи вероятностей в связи с квантовой теорией обращают внимание на то, как вероятность содействует пониманию, трактовке квантовых процессов. В этих случаях утверждается, что при описании элементарных квантовых процессов отказались от определяющей роли представлений о траектории движения квантовых объектов и многое другое. Практически не обращается внимания на обратные связи – как квантовая теория воздействует на понимание, трактовку самой вероятности.

В отличие от классической статистической физики принципиальный характер вероятностных представлений в квантовой механике был признан достаточно широко. Последнее связано с изменениями в постановке основной задачи исследований: если в статистической физике исследовались системы, образованные из огромнейшего числа частиц, то в квантовой теории вероятностные методы используются прежде всего для познания свойств и закономерностей индивидуальных, отдельных частиц – микрообъектов. Переход от непосредственного анализа массовых явлений к анализу отдельных частиц говорит об исключительной гибкости и плодотворности вероятностных методов. Этот переход стал возможен на основе существенных изменений в способах задания (выражения) вероятностных представлений. В классической физике свойства и закономерности физических систем выражались непосредственно на языке вероятностных распределений. В квантовой

физике состояния микрочастиц выражаются посредством особого рода характеристик, прежде всего – волновых функций. Исторически волновые функции были введены в квантовую теорию чисто формальным образом и утвердились в физике, лишь когда удалось их связать с вероятностными представлениями: квадрат модуля волновой функции в некотором представлении (т. е. заданной на языке некоторой физической величины) определяет собою вероятность соответствующей величины.

Использование волновых функций для характеристики квантовых систем только и позволило теоретически вскрыть корпускулярно-волновую природу (важнейшую структурную характеристику) и отобразить другие внутренние свойства микрообъектов. Последнее стало возможным, потому что используемые в квантовой теории понятия делятся в своей основе на два класса: первый класс составляют так называемые «непосредственно наблюдаемые» в опыте величины, рассматриваемые в теории как типично случайные (в теоретико-вероятностном смысле); второй класс образуют квантовые числа (собственно квантовые свойства типа спина). Различие между этими классами понятий заключается прежде всего в «степени близости» к непосредственно данному в физическом опыте. Первые выражают более внешние характеристики микрообъектов, вторые – более глубокие, внутренние характеристики. Первые позволяют индивидуализировать квантовые процессы, вторые носят обобщенный характер. Первые тяготеют по своему характеру к классическим понятиям, вторые прежде всего выражают специфичность квантовых явлений. Первые непрерывно и хаотически изменяются, вторые более устойчивы. Естественно, что полнота теоретического выражения квантовых процессов достигается при использовании понятий обоих классов, относящихся к различным логическим уровням. Такой синтез и достигается на основе использования волновых функций.

Деление понятий квантовой механики на классы существенно меняет и способы характеристики состояний микрочастиц. При определении этих состояний основное значение стало придаваться понятиям второго класса (квантовым числам) как выражающим более глубокую сущность микрочастиц. Эти характеристики вполне строго, однозначно определяют каждый из видов элементарных частиц, и на их основе происходит анализ и идентифицирование

того или иного рода частиц. Задание (численных значений) этих величин не определяет собою однозначным образом значение параметров первого, исходного класса величин, напротив, этим определяется все поле возможных проявлений последних. Аналогичным образом, определяя характер того или иного человека, мы определяем не его конкретное поведение в некоторой ситуации, а устойчивое поле его возможных поведений в различных житейских ситуациях. Другими словами, зависимости между рассматриваемыми двумя классами понятий раскрываются уже не в плане координации, а в плане субординации. Сказанное позволяет сделать вывод, что значение вероятностных методов в квантовой физике заключается прежде всего в том, что они позволяют исследовать и теоретически выражать закономерности строения и поведения объектов, имеющих сложную, «двухуровневую» структуру, включающую в себя и определенные черты независимости, «автономности».

Итак, вероятностный образ мышления есть мышление на языке вероятностных распределений. Для раскрытия особенностей этого языка определяющее значение имеют представления о независимости и иерархии. Тем самым вероятностные (статистические) методы составляют предпосылку познания сложности, сложных и сложно-организованных систем. Проблеме сложности в исследовательской деятельности в последнее время уделяется повышенное внимание. Проводятся соответствующие конференции, организуются специализированные научные подразделения. Все это, конечно, не означает, что проблема сложности является совершенно новой для современной науки, но есть особенности в ее понимании и возможностях анализа. Сложность – это не просто катастрофическое нарастание элементов и параметров исследуемых систем, а особые и «замысловатые» формы взаимосвязей и взаимодействий тех составляющих, которые образуют эти системы. «Под сложной системой, – отмечал Г.Саймон, – мы понимаем систему, состоящую из большого числа частей, взаимодействующих между собой непростым образом»¹⁸. Изучение систем, по Г.Саймону, отвечает насущной необходимости понять и овладеть феноменом сложности¹⁹. Соответственно этому, исследователи

¹⁸ Саймон Г. Науки об искусственном. М., 1972. С. 104.

¹⁹ Там же. С. 137.

сложного и обращают первостепенное внимание на идеи случайности (независимости) и иерархии. В становлении этих идей в физико-математическом естествознании важнейшее значение приобрели теория вероятностей и ее приложения. На путях дальнейшей разработки идей независимости и иерархии лежит как развитие познания сложных систем, так связанные с этим необходимые обобщения вероятностного образа мышления.