

УДК 1/14

DOI: 10.15372/PS20220107

А.Ю. Сторожук**ОСНОВНОЙ ВОПРОС ФИЛОСОФИИ
И ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЙ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ**

В своей классической формулировке основной вопрос философии противопоставляет материальное и идеальное. Помимо философии противопоставление духа и материи возникает во многих областях, включая естественные науки, где зачастую выливается в сложные проблемы. Одной из них является проблема измерений в квантовой механике. Для получения эффекта, воспринимаемого наблюдателем, измеряемая частица должна быть приведена во взаимодействия с макроприбором, что приводит к изменению первоначальных параметров частицы. То есть наблюдатель влияет на квантовую систему, причем непредсказуемым вероятностным способом. Такая ситуация ведет к эпистемологическим затруднениям, поднимая вопросы о познаваемости мира, о нарушении причинного детерминизма и др. Для науки, изучающей материальный мир и стремящейся к идеалам объективности, осознание возможности влияния сознания наблюдателя на процесс измерений является проблемным моментом. Рассмотрение показывает, что попытки решить основной вопрос философии строятся на смягчении данного противопоставления посредством введения промежуточного звена. Показано, что если допустить наличие связующего звена между материей и духом, то проблема квантово-механических измерений может быть рассмотрена под неожиданным углом, а именно с точки зрения термодинамики, что позволяет дать естественную интерпретацию возникающей в ходе измерений квантово-механической неопределенности.

Ключевые слова: материя; сознание; проблема измерения

A.Yu. Storoszuk**THE BASIC PROBLEM OF PHILOSOPHY AND THE
MEASUREMENT PROBLEM IN QUANTUM MECHANICS**

In its classical formulation, the basic problem of philosophy opposes the material and the ideal. Besides philosophy, the opposition of spirit and matter occurs in many areas, including natural sciences, where it often results in complex problems. One of these is the measurement problem in quantum mechanics. To obtain an effect perceived by the observer, the measured particle should be brought into interaction with the macro-instrument, which leads to a change in the initial parameters of the particle. That is, the observer influ-

© Сторожук А.Ю., 2022

ences the quantum system, and in an unpredictable probabilistic way. This situation results in epistemological difficulties and raises questions about the cognizability of the world, the violation of causal determinism, etc. For a science that studies the material world and aims at the ideals of objectivity, the perception of the possible influence of the observer's consciousness on the measurement process is a problematic moment. The analysis shows that attempts to solve the basic problem of philosophy are based on softening the mentioned opposition by introducing an intermediary. It is shown that if we assume the existence of a link between matter and spirit, then the problem of quantum-mechanical measurements can be considered in an unexpected aspect, namely in terms of thermodynamics, which make it possible to provide a natural interpretation of the quantum-mechanical uncertainty arising in the course of measurements.

Keywords: matter; consciousness; measurement problem

Основной вопрос философии

Основной вопрос философии состоит в противопоставлении материи и сознания. В классической марксистской формулировке он носит онтологический характер. В формулировке Ф. Энгельса это «вопрос об отношении мышления к бытию, о том, что является первичным: дух или природа... создан ли мир богом или он существует от века?» [9, с. 283]. Ответ на этот теоретически-мировоззренческий вопрос разделил философов на два больших лагеря: идеалистов и материалистов, «которые первичным считали природу» [3]. «Но вопрос об отношении мышления к бытию, – писал Энгельс, – имеет еще и другую сторону: как относятся наши мысли об окружающем нас мире к самому этому миру... можем ли мы в наших представлениях и понятиях... составлять верное отражение действительности?» [9, с. 283]. Познаваемость мира зафиксирована в ленинском определении материи: это есть «философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них» [5, с. 131]. При этом «как материалисты, так и идеалисты, признавали познаваемость мира как тождество мышления и бытия» [9, с. 283].

Дальнейшее развитие философии показало, что сознание не просто отражает материю, а имеет свою собственную активность, которая проявляется в упорядочении и переработке информации, так что теория отражения неверна. Вопрос познаваемости мира стал более острым, когда развитие квантовой механики потребовало ввести понятие наблюдателя, присутствующего в измерительной системе. «Поведение атомных объектов невозможно резко отграничить

от их взаимодействия с измерительными приборами, фиксирующими условия, при которых происходят явления... Вследствие этого данные, полученные при разных условиях, не могут быть охвачены одной-единственной картиной; эти данные должны скорее рассматриваться как дополнительные в том смысле, что только совокупность разных явлений может дать более полное представление о свойствах объекта» [1, с. 406–407]. Пассивный созерцательный подход сменился подходом деятельностным, который активно развивался не только в философии, но и в естественных науках, включая психологию. «Энгельс представил одностороннюю зависимость отношения мышления к бытию: в его теоретической плоскости необходимо “составлять верное отражение действительности”, несмотря на большое практическое значение полноты этого отношения. Возможность сознания познавать бытие не является единственным воздействием человека на бытие. Таким же “основным” воздействием человека на бытие является деятельность человека, изменяющая окружающее бытие. Рассмотрение одного познания, без понимания необходимых действий по преобразованию бытия, является логически не полным, не достаточным и даже ошибочным» [7, с. 121].

Неполнота рассмотрения действия наблюдателя проявляется в естественных науках, вызывая подчас проблемные ситуации, разрешение которых требует глубокого переосмысления категориального аппарата. Одной из таких проблем является проблема измерения в квантовой механике. Связь основного вопроса философии с проблемой измерения обусловлена тем, что сам эксперимент представляет собой переход от материального мира к миру идеальному, когда материальные экспериментальные действия ведут к порождению знания.

Прежде чем рассмотреть возможные подходы к решению данной проблемы, опишем базовый принцип большинства подходов к решению основного вопроса философии. Противопоставление Материя и сознание с особой остротой были противопоставлены в философии Р. Декарта, в которой оба члена противопоставления мыслились как субстанции, не имеющие общих свойств. Уже в философии Нового времени это противопоставление рассматривалось в контексте психофизической проблемы [10]. Общим принципом подходов к решению основного вопроса философии было постулирование некоторого промежуточного звена, которое носило функ-

циональный характер и обеспечивало взаимодействие противоположностей. Этот основной принцип поиска «золотой середины» применяется и в современной науке для решения вопросов о соотношении сознания и материи. Рассмотрим его реализацию на примере проблемы измерения в квантовой механике.

Проблема измерения в квантовой механике

Проблемы, связанные с процедурами измерения, были осмыслены еще на заре квантовой механики. Это и вероятностный характер результатов измерения, и невозможность определить, когда происходит коллапс волновой функции, и отсутствие физического смысла этой функции, и разница в понимании причинности классического и квантового миров и проч. Но поскольку квантовая механика имеет большую точность предсказаний, ее эпистемологические трудности рассматривались как локальные, и некоторые подходы к интерпретации квантовой механики не включают ответа на вопрос о влиянии наблюдателя на измеряемую систему. «Взятая вместе с классической теорией гравитации Ньютона – Эйнштейна, СМ (стандартная модель – А.С.) имеет беспрецедентный диапазон предсказательной силы: от 10^{-16} см на малых расстояниях в микромире до 10^{28} см в масштабах Вселенной в целом... СМ крайне успешна и очень хорошо проверена. Сотни экспериментов, проведенные, в основном, на ускорителях элементарных частиц, позволили проникнуть в структуру материи на расстояния до 10^{-16} (миллиардные доли миллиардных долей метра). И во всех этих экспериментах теория – Стандартная модель – зарекомендовала себя очень хорошо. Точность экспериментальной проверки СМ необычайно высока. Более того, нет никаких оснований полагать, что общая концептуальная модель – квантовая теория поля – не работает вплоть до масштабов, соизмеримых с длиной Планка (где начинают проявляться квантовые эффекты гравитации), которая по порядку величины равна 10^{-33} см. История развития фундаментальной физики убеждает: физика микромира и физика макромира тесно связаны между собой, как тесно связаны между собой объединенные глубоким внутренним единством физика частиц, астрофизика и космология» [4, с. 8–9].

В рамках традиционных интерпретаций квантовой механики измеряемую систему рассматривали как замкнутую. В ее состав

входили измеряемый прибор и наблюдатель. При этом считалось, что до измерения система эволюционирует предсказуемым детерминистическим образом. А процесс измерения влияет на систему так, что ее поведение нарушается случайным образом, и это привносит вероятностный характер в результаты измерения. Данное обстоятельство вызывало ожесточенные споры, по словам А. Эйнштейна, «Бог не играет в кости». Вероятностный характер результатов измерения породил большую дискуссию в среде физиков, но вопрос так и не был удовлетворительно разрешен. Споры касались признания верной одной из двух интерпретаций: являются ли вероятность и непредсказуемость результатов измерений свойствами самой природы и носят онтологический характер или же они суть отражение неполноты нашего знания, невозможности познать природу до конца и имеют только эпистемологический характер.

В связи с распространением в последние годы квантовой механики в области, тесно связанные с исследованиями сознания, вопросы, касающиеся процесса измерения и влияния наблюдателя на квантовую систему обостряются. Квантовые парадоксы измерения допускают влияние сознания наблюдателя на результаты измерения и даже на предысторию квантовой системы [14].

Промежуточные звенья между материей и сознанием

Каким образом можно попытаться решить проблему измерений, применяя философский подход? На наш взгляд, следует найти промежуточное звено между материей и сознанием. Таким звеном может стать информация в том смысле, в котором она понималась у К. Шенонна. Его исследования позволили установить связь между термодинамикой и информацией путем введения понятия энтропии как меры неопределенности или зашумленности сигнала. В 1948 г. Шеннон разработал теорию информации в системах связи, состоящих из излучающего/кодирующего устройства, информации, канальной (информационной) линии и приемника/декодера информации. На основе статистической теории количество информации может рассматриваться как мера определенности того, что событие произойдет в системе состояний с равными вероятностями, рассчитываемыми путем исключения неопределенности, измеряемой с помощью информационной энтропии [7; 12].

Идею «физичности информации» связывают также с демоном Максвелла – мысленным экспериментом, призванным проиллюстрировать нарушение второго начала термодинамики. Под демоном понимается некоторое устройство, способное сортировать молекулы газа по скоростям и концентрировать более быстрые молекулы в одной половине объема. При этом наличие сознания у демона не обязательно, его роль может выполнять механический прибор. Физик Л. Сцилард в 1929 г. писал, что демон должен иметь «интеллект», т.е. располагать информацией о скоростях молекул и синхронизировать процесс открытия двери с движением молекул высокой энергии [13].

Работа демона приводит также к накоплению и удалению информации, т.е., по утверждению Р. Ландауэра, «информация физична» [11]. Помимо того, что информация физична, она имеет квантовый характер в силу возможности кодирования информационного сигнала наименьшими сигналами – битами.

В соответствии с экспериментом с демоном Максвелла информация может быть преобразована в энергию, и, в свою очередь, материя может быть преобразована в энергию согласно соотношению Эйнштейна $E = mc^2$, где m – количество вещества (масса), c – скорость света. Это уравнение является последним шагом для перехода к понятию материи. В вакууме пары частиц материи и антиматерии могут проаннигилировать с образованием фотонов – носителей энергии, а эксперименты в ядерной физике показывают, что энергия может быть преобразована в материю. То есть масса содержит некоторое количество скрытой информации, поглощаемой внутренней структурой материи, и она может быть высвобождена в процессе деструктуризации в виде энергии [10].

Наглядный пример – атомная энергия, возникающая в ходе распада радиоактивных атомов.

Таким образом, цепочка промежуточных звеньев «сознание – информация – энтропия – энергия – материя» позволяет навести концептуальный мост между сознанием наблюдателя и физикой.

Новый подход к проблеме измерения в квантовой механике

Взаимозависимость между тремя фундаментальными компонентами Вселенной – информацией, энергией и материей позволяет применять термодинамический подход для описания процесса из-

мерения в квантовой механике. С точки зрения термодинамики процесс измерения квантовой системы эквивалентен нарушению замкнутости системы, что приводит к потере «квантовой когерентности, утрате унитарного характера эволюции вектора состояния и, в конечном счете, переходу от квантового мира к классическому» [2, с. 1125]. Взаимодействие измерительного прибора с окружающей средой влечет за собой утрату унитарного характера эволюции и переход системы в устойчивое конечное состояние. Процесс измерения адекватно описывается на языке, характеризующем квантовую систему как часть большой системы, включающей в себя квантовую систему и классический измерительный прибор, являющейся открытой системой, взаимодействующей с окружением.

Термодинамический формализм, применение которого сделало возможным введение промежуточных связующих понятий энергии и энтропии, позволяет рассматривать квантовую систему в процессе измерения как открытую, а сам процесс измерения как потерю энергии. Таким образом, в качестве промежуточных звеньев, связывающих противопоставляемые в основном вопросе философии материю и сознание, используются понятия информации, энтропии, энергии.

Рассмотрение новых аспектов измерения – информационных и термодинамических позволяет последовательно разъяснить парадоксы квантовой механики. Универсальные принципы и понятия кибернетики и термодинамики оказались применимы для описания взаимодействия квантовой системы с окружающей средой и физических моделей, отражающих связь мозга с сознанием.

В онтологии соответствующих эмпирических моделей можно выделить пять видов составляющих элементов реальности. Это идеи, или элементы сознания, информация, энтропия, энергия и материальная структура.

Литература

1. Бор Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным // Бор Н. Избранные научные труды: В 2 т. М. : Наука, 1971. Т. 2, С. 180–191.
2. Желтиков А.М. Критика квантового разума: измерение, сознание, отложенный выбор и утраченная когерентность // УФН. – 2018. Т. 188. № 10. С. 1119–1128.
3. Кожевников Н. Н., Данилова В. С. Влияние основных вопросов философии на развитие современных философских наук // Вестник Северо-восточного феде-

рального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Педагогика. Психология. Философия. 2021. № 2 (22). С. 71–76. с.72.

4. Красников Н.В., Матвеев В.А. Новая физика на Большом адронном коллайдере. – М.: КРАСАНД, 2014. 208 с.

5. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. Критические заметки об одной реакционной философии // Полное собрание сочинений, 5 изд. 1968. Т. 18. С. 7–384.

6. Песоцкая Е.Н., Гераськина М.А. Методологические подходы к проблеме психофизической причинности в истории и философии науки // Science Time. 2015. № 11 (23). С. 436–446.

7. Чумаков В.А. Четыре стороны основного вопроса философии // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 64–3. С. 120–123.

8. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 2002.

9. Энгельс Ф. Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 21, М.: Госполитиздат, 1961, с. 269–317.

10. Gaiseanu F. Evolution and Development of the Information Concept in Biological Systems: From Empirical Description to Informational Modeling of the Living Structures // Philosophy Study Volume 11, Number 7, July 2021 (Serial Number 108) p. 501–519.

11. Landauer R. The physical nature of information // Physics Letters A. – Volume 217, Issues 4–5, 15 July 1996, Pages 188–193 A 217 188 (1996) [https://doi.org/10.1016/0375-9601\(96\)00453-7](https://doi.org/10.1016/0375-9601(96)00453-7) (дата обращения: 01.12.2021).

12. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. – 1948. Т. 27. С. 379–423, 623–656.

13. Szilard L. On the decrease of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings // Zeitschrift für Physik, 1929. Vol. 53. P. 840–856.

14. Wigner E.P. The Problem of Measurement American Journal of Physics. 1963. Vol 31, No 6. <https://doi.org/10.1119/1.1969254> (дата обращения: 03.12.2021).

References

1. Bohr, N. (1971). Можно ли считать квантово-механическое описание реальности полным [Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?]. In: N. Bohr. Izbrannyye nauchnyye trudy: V 2 t. [Selected Scientific Works: In 2 vol.], Vol. 2. Moscow, Nauka Publ., 180–190. (In Russ.).

2. Zheltikov, A.M. (2018). Kritika kvantovogo razuma: izmerenie, soznanie, otlozhennyy vybor i utrachennaya kogerentnost [Critique of quantum mind: measurement, consciousness, delayed choice, and lost coherence]. Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances in Physical Sciences], Vol. 188, No. 10, 1119–1128.

3. Kozhevnikov, N.N. & V.S. Danilova. (2021). Vliyanie osnovnykh voprosov filosofii na razvitie sovremennykh filosofskikh nauk [The influence of the basic problems of philosophy on the development of contemporary philosophical sciences]. Vestnik Severo-Vostochnogo federalnogo universiteta im. M.K. Ammosova. Ser.: Pedagogika. Psikhologiya. Filosofiya [Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. Series: Pedagogy. Psychology. Philosophy], 2 (22), 71–76.

4. Krasnikov, N.V. & V.A. Matveev. (2014). Novaya fizika na Bolshom adronnom kollaydere [New Physics at the Large Hadron Collider]. Moscow, KRASAND Publ.

5. *Lenin, V.I.* (1968). Materializm i empiriokrititsizm: Kriticheskie zametki ob odnoy reaktivnoy filosofii [Materialism and empirio-criticism: Critical notes on a reactionary philosophy]. In: V.I. Lenin. Polnoe sobranie sochineniy: V 55 t. [Complete Works: In 55 vol.], 5th ed., Vol. 18. Moscow, Political Literature Publishing House, 7–384.
6. *Pesotskaya, E.N. & M.A. Geraskina.* (2015). Metodologicheskie podkhody k probleme psikhofizicheskoy prichinnosti v istorii i filosofii nauki [Methodological approaches to the problem of psychophysical causation in the history and philosophy of science]. *Science Time*, 11 (23), 436–446.
7. *Chumakov, V.A.* (2020). Chetyre storony osnovnogo voprosa filosofii [Four aspects of the basic problem of philosophy]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the Development of Science and Education]*, 64-3, 120–123.
8. *Shannon, C.* (2002). Raboty po teorii informatsii i kibernetike [Works on Information Theory and Cybernetics]. Moscow, Inostrannaya Literatura Publ. (In Russ.).
9. *Engels, F.* (1961). Lyudvig Feyerbakh i konets klassicheskoy nemetskoй filosofii [Ludwig Feuerbach and the end of classical German philosophy]. In: K. Marx & F. Engels. Sochineniya [Works], 2nd ed., Vol. 21. Moscow, Gospolitizdat Publ., 269–317. (In Russ.).
10. *Gaiseanu, F.* (2021). Evolution and development of the information concept in biological systems: from empirical description to informational modeling of the living structures. *Philosophy Study*, Vol. 11, No. 7, 501–519.
11. *Landauer, R.* (1996). The physical nature of information. *Physics Letters A*, Vol. 217, Iss. 4–5, 188–193. A 217 188. Available at: [https://doi.org/10.1016/0375-9601\(96\)00453-7](https://doi.org/10.1016/0375-9601(96)00453-7) (date of access: 01.12.2021).
12. *Shannon, C.E.* (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423, 623–656.
13. *Szilard, L.* (1929). On the decrease of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings. *Zeitschrift für Physik*, 53, 840–856.
14. *Wigner, E.P.* (1963). The problem of measurement. *American Journal of Physics*, 31, 6. Available at: <https://doi.org/10.1119/1.1969254> (date of access: 03.12.2021).

Информация об авторе

Сторожук Анна Юрьевна – доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии и права СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Николаева 8)
stor71@mail.ru

Information about the author

Storozhuk, Anna Yurievna – Doctor of Sciences (Philosophy), Leading Researcher at the Institute of Philosophy and Law, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (8, Nikolaev st., Novosibirsk, 630090, Russia)
stor71@mail.ru

Дата поступления 08.12.2021