

О. Б. ШЕЙНИН

## СЛУЧАЙНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ: ПОЧЕМУ ОРБИТЫ ПЛАНЕТ ЭЛЛИПТИЧНЫ?

В работе рассмотрено истолкование случайности в естествознании от Аристотеля до А. Пуанкаре, соотношение случайности и необходимости по Пуанкаре и более узкое понимание случайности в теории вероятностей и статистике. Случайными причинами И. Кеплер объяснял эллиптичность планетных орбит, и И. Кант и П.-С. Лаплас в основном последовали ему вопреки И. Ньютону, который установил зависимость эллиптичности от скорости движения планет.

*Ключевые слова:* законы Кеплера, планетные орбиты, самопроизвольное зарождение, система мира, случайность и необходимость.

### 1. Случайность: общие сведения

Аристотель и другие древние ученые и философы пытались определить или хотя бы пояснить, что такое случайность<sup>1</sup>. Вот два из приведенных Аристотелем примеров: неожиданная встреча знакомых<sup>2</sup> и неожиданная находка клада<sup>3</sup>. В обоих случаях событие произошло без соответствующей цели.

Первый пример встречался в древности неоднократно, а в новое время о нем вспомнил О. Курно<sup>4</sup>. Обычно он трактуется как пересечение двух независимых цепей событий, и оба примера иллюстрируют понимание случайности Пуанкаре. Оно впервые появилось в его популярной брошюре 1907 г. и было перенесено во второе издание его руководства «Теория вероятностей»<sup>5</sup>:

<sup>1</sup> Я описывал его понимание случайности и раньше, см.: *Sheynin, O. B. On the Prehistory of the Theory of Probability // Archive for History of Exact Sciences. 1974. Vol. 12. P. 97–141. § 2.2, но неверно истолковал пример о рождаемости самок (см. ниже); в свое частичное оправдание добавлю: правильного его пояснения я нигде не нашел. По поводу же глав 2 и 3 в настоящей работе см. ту же статью § 8.1.1. Я ссылаюсь на второй и ниже на восьмой тома «Трудов» Аристотеля под редакцией Д. Росса (*Aristotle. Works. Vols 1–12. Oxford, 1908–1954*). Новое издание его трудов (*Aristotle. Complete Works. Vols 1–2. Princeton, 1984*) несколько отличается и по составу, и по порядку следования отдельных сочинений, а потому и по нумерации строк. Из сочинений Аристотеля на русском языке мы дополнительно ссылаемся на «Физику» (в книге: *Философы Греции. Харьков, 1999*) и «О небе» (Аристотель. Сочинения. В 4 т. М., 1981. Т. 3. С. 263–378). Об истории понятия случайности в естествознании см. также мою статью: *Шейнин О. Б. Понятие случайности от Аристотеля до Пуанкаре // Историко-математические исследования. 1995. Вып. 1(36). № 1. С. 85–105.**

<sup>2</sup> *Аристотель. Физика. Гл. 4; Physica 196b30.*

<sup>3</sup> *Аристотель. Метафизика. Кн. 5. Гл. 13; Metaphysica 1025a.*

<sup>4</sup> *Курно О. Основы теории шансов и вероятностей. М., 1970. Первоначально опубликовано на французском языке в 1843 г.*

<sup>5</sup> *Poincaré, H. Calcul des probabilités. Paris, 1896, 1912. Перепечатки второго издания: Париж, 1923 и Sceaux, 1987. Перевод: Пуанкаре, А. Теория вероятностей. Ижевск, 1999.*

если, при неустойчивом равновесии, «очень малая ускользающая от нас причина вызывает значительное следствие [...] тогда мы говорим, что этим следствием мы обязаны случаю»<sup>6</sup>. Его рассуждения (см. также ниже) возвестили начало современного периода изучения случайности.

Не меньший интерес представляет для нас аристотелево объяснение рождения уродов как ошибки «в действии природы», притом первое «уклонение от типа состоит в том, что потомок оказывается самкой, а не самцом [...] потому что возможно, что самец [отец] не возобладает над самкой [матерью]»<sup>7</sup>. Аристотель не связывал подобного явления со случаем; напротив, он указывал, что «спонтанное и случайное [имеет место] вопреки тому, что есть или происходит всегда или как правило»<sup>8</sup>. И все же, если следовать его высказыванию, вполне можно назвать рождение самки (девочки) случайным, так как оно покрывается определением Пуанкаре; но, конечно, при большом числе рождений проявится закон массовых случайных событий.

Таким образом, не только *отсутствие цели*, закона, но и *нарушение закона природы, или иначе, отклонение от него*, случайно, и эта идея прослеживается по меньшей мере до Ж.-Б. Ламарка, который заявил, что отклонения от предустановленной лестницы существ были вызваны «случайной причиной». Там же он указал, что самопроизвольное зарождение организмов происходит ввиду нерегулярных причин<sup>9</sup>. Случайности Ламарк не упомянул, но, рассуждая о состояниях атмосферы, сказал, что ее равновесие возмущается двумя видами причин, в том числе «переменными, непостоянными и иррегулярными»<sup>10</sup>. Наконец, он считал, что все части природы подчиняются неизменным законам, ибо в противном случае шанс оказался бы реальностью<sup>11</sup>. Вопреки этому утверждению, я полагаю, что Ламарк все же признавал случайность, и именно в первом и третьем высказываниях как нарушение законов природы, а в остальных двух случаях – как отсутствие закона.

Разумеется, самопроизвольное зарождение давно уже забыто, но для нас существенно то, что оно, видимо, всегда считалось случайным. У Гарвей так и заявил: оно происходит «случайно», вызвано «случайным актом (случайным нарушением. – *О. Ш.*) природы»<sup>12</sup>. О сути случайного он ничего не сказал, но, видимо, отождествлял его с отсутствием цели, закона.

Уточним сказанное выше. В математике случайная величина характеризуется статистической устойчивостью, а в естествознании она понимается шире; к примеру, отклонения от лестницы живых существ в рассуждении Ламарка явно не подчиняются этому ограничению.

<sup>6</sup> Пуанкаре. Теория вероятностей... С. 11.

<sup>7</sup> Аристотель. Физика. Гл. 8; *Physica* 199b1; *De generatione animalium* 767b5.

<sup>8</sup> Аристотель. О небе. Гл. 12; *De caelo* 283b1.

<sup>9</sup> Lamarck, J.-B. Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Paris, 1815. Т. 1. P. 133, 173. Перевод: Ламарк Ж.-Б. Естественная история беспозвоночных животных // Ламарк Ж.-Б. Избранные произведения. М., 1959. Т. 2.

<sup>10</sup> Lamarck, J.-B. Annuaire météorologique. Paris, An 8, 1800. Т. 1. P. 76.

<sup>11</sup> Ламарк Ж.-Б. Аналитический обзор человеческих знаний // Ламарк Ж.-Б. Избранные произведения. М., 1959. Т. 2. С. 632.

<sup>12</sup> Harvey, W. Anatomical Exercises in the Generation of Animals // Great Books of the Western World. Chicago, 1952. Vol. 28. P. 338. Первоначально опубликовано в 1651 г. на латинском языке.

А. Муавр посвятил первое издание 1718 г. своего «Учения о шансах»<sup>13</sup> И. Ньютону; в издании 1756 г. мы читаем, что он считал бы себя весьма счастливым, если,

Установив определенные правила для оценки того, в какой степени некоторые виды событий могут быть вызваны предначертанием, а не шансами, я смогу (он сможет. – *О. Ш.*) возбудить у других желание [...] научиться, как при помощи Вашей философии (философии Ньютона. – *О. Ш.*) собирать [...] свидетельства утонченной мудрости и предначертания в явлениях природы<sup>14</sup>.

Определения шанса он не привел, но напрашивается вывод: если существует предначертание (у Аристотеля – цель природы), то случай – его искажение; впрочем, в азартных играх, которые Муавр изучал, законов вообще не было.

Можно сказать, что основной целью возникавшей в то время теории вероятностей было у Муавра изучение отклонений от предначертания. Его вывод нормального распределения 1733 г. был обусловлен исследованием соотношений мужских и женских рождений. Исходное биномиальное распределение этих рождений он считал предустановленным (но лишь с примерно известным параметром) и только фактические отклонения от него полагал случайными<sup>15</sup>. Статистическую закономерность живой природы он посчитал детерминированной, хотя и допускающей случайные нарушения и именно в смысле математической случайности.

Вернемся к Пуанкаре. Рассуждая об ошибках наблюдений, он заявил, что «мы приписываем случаю, так как их причины слишком сложны»<sup>16</sup>. Каким-то образом в переводе был пропущен конец этой фразы: «и слишком многочисленны». Проще было бы указать на бросок монеты или на вариации между особями одного вида. Все эти примеры относятся к математической случайности.

Наконец, он диалектически высказался о случайном и необходимом:

Ни в одной области точные законы не определили всего, они лишь очерчивали пределы, в которых дозволялось пребывать случаю. В рамках этой концепции слово «случай» имело (имеет. – *О. Ш.*) точный, объективный смысл<sup>17</sup>.

Притом, добавим мы, намного более общий, чем отклонения от законов природы. У Муавра, напомним, биномиальный закон лишь «очерчивал пределы». Пуанкаре косвенно определил случайность, но лишь частично наметил указанную диалектику, потому что не указал на закономерность массовых

<sup>13</sup> *De Moivre, A. Doctrine of Chances. London, 1718.* Последующие издания: Лондон, 1738 и 1756. Перепечатка последнего издания: Нью-Йорк, 1967. Нормальное распределение, упомянутое ниже, Муавр вывел в 1733 г., опубликовал на латинском языке частным образом в небольшом числе экземпляров, затем включил перевод в два последних издания своей книги (в 1756 г. на с. 243–254).

<sup>14</sup> *De Moivre, A. Doctrine of Chances. London, 1756.* P. 329.

<sup>15</sup> См. окончательный вариант указанного вывода: Там же. P. 252–253.

<sup>16</sup> Poincaré. *Calcul des probabilités.* Sceaux, 1987. P. 10; *Пуанкаре.* Теория вероятностей... С. 15.

<sup>17</sup> *Poincaré. Calcul des probabilités.* Sceaux, 1987. P. 1; *Пуанкаре.* Теория вероятностей... С. 9.

случайных явлений. Это высказывание прежде всего ограничивает действие его же схемы *малые причины – значительные следствия*. Оно характеризует оба вида случайности, математическую и более общую, относительно которой возможны, видимо, только качественные суждения.

Вот пример подходящего ошибочного заключения. У. Гершель, ничего еще не знавший ни о размерах звезд, ни об их принадлежности к различным спектральным классам, решил, что размер случайно выбранной звезды не будет намного отличаться от их среднего размера<sup>18</sup>. На самом деле размеры звезд чудовищно различны, а средний размер звезды не имеет смысла.

Известно, что в своем посмертном мемуаре 1764 г. Т. Бейес<sup>19</sup> принял неизвестную константу за случайную величину с равномерным распределением, и, несмотря на активное и длительное противодействие, его подход и особый вид случайности остался в статистике.

Наконец, точные законы действительно допускают случайность, если не учитывают каких-то условий, в астрономии – пертурбаций; см. рассуждение Ньютона о солнечной системе, которое следует иметь в виду в пятой главе настоящей статьи:

Слепая судьба никогда не смогла бы заставить планеты двигаться по одному и тому же направлению по концентрическим орбитам за исключением некоторых незначительных неправильностей, которые могли происходить от взаимных действий комет и планет друг на друга и которые будут вероятно нарастать, пока эта система не потребует [божественной] реформации. Для столь чудесной однородности планетной системы следует допустить действие выбора<sup>20</sup>.

Пертурбации здесь появились на том же основании, что ошибки наблюдений у Пуанкаре. Упомянем теперь П.-С. Лапласа, который указал, что если печатные буквы образуют слово *Константинополь*, то «несравненно вероятнее», что кто-то расположил их, нежели, что они были составлены случайно в широком смысле, т. е. бесцельно<sup>21</sup>. Случай, таким образом, означал у Лапласа отсутствие цели.

Также в «Опыте философии» он же, правда, утверждал, что для всезнающего разума, способного на любые вычисления, случая не существовало бы<sup>22</sup>. Впрочем, такого разума не существует, а неустойчивые движения

<sup>18</sup> *Herschel, W. Astronomical Observations and Experiments Tending to Investigate the Local Arrangement of Celestial Bodies in Space // The Scientific Papers of Sir William Herschel / Ed. J. L. E. Dreyer. London, 1912. Vol. 2. P. 575–591. Reprint: Bristol, 2003.*

<sup>19</sup> *Bayes, T. An Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances // Philosophical Transactions of the Royal Society. 1764. Vol. 53 for 1763. P. 360–418. Перепечатка: Biometrika. // Vol. 45. 1958. P. 293–315.*

<sup>20</sup> *Newton, I. Optics. London, 1731. Query 31. Первоначально опубликовано в 1704 г. Перевод: Ньютон И. Оптика. М., 1954. Вопрос 31. С. 305.*

<sup>21</sup> *Laplace, P. S. Recherches sur l'intégration des equations différentielles. Oeuvres Complètes. T. 8. Paris, 1891. P. 69–197. Первоначально опубликовано в 1776 г. Лаплас П. С. Опыт философии теории вероятностей // Вероятность и математическая статистика. Энциклопедия / Ред. Ю. В. Прохоров. М., 1999. С. 834–863 (С. 837. Левый столбец). Впервые опубликовано в 1814 г. на французском языке.*

<sup>22</sup> *Лаплас. Опыт философии теории вероятностей... С. 835. Левый столбец.*

(Пуанкаре) не поддаются прогнозу, в последние же десятилетия было признано существование хаоса, или, как бы я сказал, хаотического процесса<sup>23</sup>. Интересно, что подобные утверждения можно найти и у других авторов до Лапласа<sup>24</sup>.

Главное, однако, то, что последний фактически признавал случайность; без обращения к стохастическим методам он не стал бы заниматься теорией вероятностей и не смог бы добиться блестящих результатов в астрономии. Вот пример, к сожалению единственный, прямо подтверждающий сказанное:

Это [лунное] неравенство, хоть и было указано наблюдениями, пренебрегалось большинством астрономов, потому что, как казалось, не следовало из теории всемирного притяжения. Однако, подвергнув его существование (возможность его существования. – *О. Ш.*) исчислению вероятностей, я определил, что его вероятность очень высока и счел себя обязанным исследовать его причину<sup>25</sup>.

Нам осталось сказать несколько слов о Фоме Аквинском, единственным, пожалуй, автором между Аристотелем и Кеплером, к которому мы переходим в следующей главе. Его основной задачей было объединить веру и разум и приспособить язычника-Аристотеля к христианству. Он повторил утверждения философа и упомянул «некоторую препятствующую (и, следовательно, нарушающую. – *О. Ш.*) причину», приводящую к появлению самки.

## 2. Кеплер

Кеплер формально отрицал случайность:

Но что такое случайность? Всего лишь идол, и притом самый отвратительный из идолов, ничто, кроме оскорбления полновластного и всемогущего Бога, равно как и совершеннейшего мира, который вышел из Его рук<sup>26</sup>.

<sup>23</sup> Рисунки хаотических облаков, т. е. множеств экспоненциально уклонившихся и слившихся воедино траекторий движений точки ввиду неизбежной незначительной неопределенности начальных условий движения, привел Экланд. См.: *Ekeland, I. The Best of All Possible Worlds*. Chicago; London, 2006. Примером было у него движение бильярдного шара по неэллиптической доске. Хаос, конечно же, является существеннейшим обобщением малых причин, приводящих к значительным последствиям (Пуанкаре); это следовало бы добавлять к утверждению Д. В. Аносова: «Хаос это неформальное описание квазислучайного поведения траекторий динамической системы, обусловленное их неустойчивостью», см. *Аносов Д. В. Хаос // Вероятность и математическая статистика. Энциклопедия... С. 779–780*. И все-таки «квазислучайное» недостаточно понятно; таким же можно считать даже исход броска монеты, но вот количество этих исходов остается постоянным вне зависимости от продолжительности и беспорядочности броска, тогда как хаотическое движение характеризуется быстрым возрастанием его неустойчивости во времени и несчетно бесконечным количеством его возможных траекторий.

<sup>24</sup> *Maupertuis, P. L. M. Sur le divination. Oeuvres*. Т. 2. Lyon, 1756. P. 298–306; *Boscovich, R. Theory of Natural Philosophy*. Cambridge: Mass., 1966. § 385. Первоначально опубликовано в 1758 г. на латинском языке.

<sup>25</sup> *Laplace, P. S. Théorie analytique des probabilités. Oeuvres Complètes*. Т. 7. Paris, 1886. P. 361. Первоначально опубликовано в 1812 г.

<sup>26</sup> *Kepler, J. Über den Neuen Stern im Fuß des Schlangenträger*. Würzburg, 2006. S. 163. Первоначально опубликовано в 1606 г. на латинском языке. Кеплер не был ни первым, ни последним из ученых, отрицавших случайность. Аристотель (*Аристотель. Метафизика*. Кн. 11. Гл. 8;

А фактически? В астрологии он считал себя основателем ее научного направления, т. е., мы бы сказали, изучения качественной корреляции между небесными силами и явлениями на Земле. Оставляя в стороне его предшественников (например, Птолемея и Тихо Браге), мы приведем его характерное высказывание:

Астролог, который видит одно лишь небо, и [...] ничего не знает о промежуточных причинах, может лишь предсказывать с [некоторой] вероятностью, а не точно, как при измерениях, т. е. только чуть лучше, чем никак<sup>27</sup>.

Сказано не вполне определенно, но заметим, что он фактически допустил случайность (нарушающие промежуточные причины).

Перейдем к астрономии и именно к проблеме эксцентриситетов планетных орбит. Вначале он понимал эксцентриситет орбиты данной планеты как предустановленное эксцентричное положение Солнца относительно ее центра. Впоследствии Кеплер отошел от этого своего (а фактически – древнего) понимания, заявив, что эксцентриситет происходит от сочетания внешних причин (см. ниже).

Впервые он столкнулся с эксцентриситетами при построении модели солнечной системы, пытаясь вставить пять правильных многогранников между сферами шести известных в то время планет. Они, эксцентриситеты, притом различные по величине, сильно тревожили его<sup>28</sup>: «Причины эксцентриситетов и их различий еще не установлены» и в главе 17 он формулирует задачу «для желающих»:

вывести причины [...] эксцентриситетов, исходя из соответствующих многогранников. Ибо именно таковыми эти уклонения Бог не наугад, и не безосновательно придал отдельным планетам<sup>29</sup>.

Во втором издании 1621 г. того же сочинения Кеплер добавил примечания почти к каждой главе, и мы находим в них продолжение:

---

Metaphysica. 1064b15) заметил, что случайность «не разбирает ни одна из признанных всеми наук». Он, впрочем, ломился в открытую дверь: современная теория вероятностей изучает законы массовых случайных явлений. В 1776 г. Лаплас (см.: *Laplace. Recherches sur l'intégration...* P. 145) заявил, что «шанс сам по себе нереален» и лишь указывает на наше незнание. Дарвин полагал, что вариации в его теории вовсе не были «вызваны шансом; подобное выражение лишь свидетельствует о нашем незнании истинных причин». См. *Darwin, C. Origin of Species*. Cambridge: Mass, 1964. P. 131. Первоначально опубликовано в 1859 г. Перевод: *Дарвин Ч.* Происхождение видов. М., 1952.

<sup>27</sup> *Kepler, J. Tertius interveniens. Gesammelte Werke. München, 1941. Bd. 4. S. 217.* Первоначально опубликовано в 1610 г. на немецком языке. Подробнее о Кеплере-астрологе см.: Sheynin. *On the Prehistory of the Theory of Probability...*

<sup>28</sup> *Kepler, J. Mysterium Cosmographicum. Gesammelte Werke. Bd. 8. München, 1963. P. 7–128.* См. Гл. 18, с. 111. Вариант 1963 г. является перепечаткой второго издания книги 1621 г., в котором Кеплер добавил примечания почти к каждой главе. Немецкий перевод: Augsburg, 1923; München; Berlin, 1936. Первоначально опубликовано в 1596 г.

<sup>29</sup> *Kepler. Mysterium Cosmographicum...* S. 108.

Мы (его предшественники. – *О. Ш.*) еще не знали причин эксцентриситетов, не знали, почему у отдельных планет они имеют такие-то значения [...]

Я [...] исследовал величины эксцентриситетов, я обнаружил их основную причину...<sup>30</sup>.

Вот название девятой главы из пятой книги этого сочинения: «Эксцентриситеты отдельных планет произошли от установления гармонии между их движениями»<sup>31</sup>. Там же он пояснил, что Бог сочетал движения планет с правильными многогранниками и таким образом создал совершеннейший прототип неба.

В теореме 5 той же главы<sup>32</sup> Кеплер неявно сослался на второй закон. Непонятно, правда, почему он не сделал того же в «Эпитоме»<sup>33</sup>, притом трудно понять эту мысль даже если согласиться с его теорией многогранников (которая окончательно отпала после открытия седьмой планеты, Урана): Кеплер ведь никак не пояснил численных значений эксцентриситетов. Он не изгнал нарушающую случайность, причина которой осталась неизвестной.

Вместе с тем, в своем основном сочинении он указал:

Примеры, взятые из природы, и сродство небесных и земных вещей [...] громко свидетельствуют, что [...] переменные величины (как например, в движении планет на переменном расстоянии от Солнца или эксцентриситет [объясняющий изменения расстояний]) происходят от стечения внешних причин<sup>34</sup>.

Там же, на с. 405, он привел в качестве примера препятствия, которые не позволяют рекам низвергаться «к центру Земли», а на следующей странице заключил, что «иные причины присоединяются к движущей силе Солнца» (т. е. влияют на движение планет), ср. уклонения от законов природы, или более утонченно, невозможность подчинения слишком сложным законам.

И несколько позже:

Будь небесные движения обусловлены разумом, как полагали древние, вывод о точных круговых путях планет внушал бы доверие. [...] Но небесные движения вызваны [...] природой [...] и это самым обоснованным образом доказывается наблюдением астрономов, которые [...] обнаруживают [что орбиты эллиптически]. И эллипс свидетельствует о естественной телесной силе и об истечении и величине ее формы [...]

<sup>30</sup> Примечания 3 и 7 к Гл. 18, с. 117 и 118.

<sup>31</sup> *Kepler, J. Harmony of the World. Philadelphia, 1997. Book 5. P. 451.* Все сочинение было впервые опубликовано в 1619 г. на латинском языке. Немецкий перевод: München–Berlin, 1939.

<sup>32</sup> Там же. P. 454.

<sup>33</sup> *Kepler, J. Epitome of Copernican Astronomy. Books 4–5 // Great Books of the Western World. Vol. 16. Chicago, 1952. P. 845–1004.* Все сочинение было впервые опубликовано на латинском языке в 1618–1621 гг.

<sup>34</sup> *Kepler, J. New Astronomy. Cambridge, 1992. P. 404–405.* Первоначально опубликовано в 1609 г., на латинском языке.

В дополнение к разуму для движений была тогда нужда в естественных и анималистических качествах, которые следовали своим собственным склонностям [...] и совершали многое по физической необходимости. Неудивительно, если эти качества, перемешанные друг с другом, не смогли полностью достичь совершенства. Сами древние признают, что пути планет эксцентричны [в прежнем смысле], что представляется намного более сильным уродством, чем эллипс<sup>35</sup>.

### 3. Кант и Лаплас

Трудно сказать, насколько Кант и Лаплас последовали за Кеплером, но по существу они<sup>36</sup> не сказали ничего нового:

Множество обстоятельств, которые участвуют в создании каждого естественного состояния, не допускает появления предустановленной регулярности<sup>37</sup>.

Почему их пути не вполне круговые? [...] Разве не ясно, что та причина, которая установила орбиты небесных тел [...] не смогла полностью добиться этого? Разве здесь не видны обычные природные методы, которые каждый раз отклонялись вмешательством различных побочных действий от полностью предопределенных мер?<sup>38</sup>

Если бы солнечная система образовалась с совершенной правильностью, орбиты тел, которые ее составляют, были бы окружностями, плоскости которых, а также плоскости экваторов и колец, совпадали бы с плоскостью солнечного экватора. Но можно понять, что бесконечное разнообразие, которое должно было существовать в температуре и плотности различных частей этих больших масс, произвело эксцентриситеты их орбит и отклонения их движений от плоскости солнечного экватора<sup>39</sup>.

Вряд ли указанные Лапласом причины можно назвать внешними, но во всяком случае здесь по-прежнему заметна случайность как уклонение от законов природы.

### 4. Ньютон

Ньютон доказал, что законы движения планет следуют из закона всемирного притяжения. Нам важно подчеркнуть, что он также установил, что эксцентриситет орбиты данной планеты определяется ее исходной скоростью<sup>40</sup>. При достаточно больших скоростях эксцентриситет  $\epsilon$ , бывший меньше едини-

<sup>35</sup> *Kepler*. Epitome of Copernican Astronomy... Book 4. Part 3. P. 932.

<sup>36</sup> *Kant*, I. Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Gesammelte Schriften, Abt. 1. Bd. 1. Berlin, 1910. P. 215–358. Первоначально опубликовано в 1755 г. Перевод: *Кант И.* Сочинения. М., 1963. Т. 1. Всеобщая естественная история и теория неба. С. 393–508. Французские издания: 1796/1798/1799, 1808, 1813, 1835, 1884.

<sup>37</sup> *Kant*. Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels... 1. Hauptstück. S. 269.

<sup>38</sup> Там же. 8. Hauptstück. S. 337.

<sup>39</sup> *Лаплас П. С.* Изложение системы мира. Л., 1982. С. 328.

<sup>40</sup> См., например: *Блажко С. Н.* Курс общей астрономии. М.; Л., 1947. С. 67–68.

цы, станет равной ей, а орбита окажется параболической, а затем, при  $\varepsilon > 1$ , – гиперболической и лишь при определенном значении скорости эллиптическая орбита будет круговой.

Все это, по Ньютону, относилось к планетам с постоянной плотностью. Ее вариации (но уж не вариации температуры) возможно исказят эксцентриситет, но вряд ли заметным образом и во всяком случае Лаплас не привел никаких вычислений.

## 5. Обсуждение

Несмотря на свое отрицание случайности, Кеплер колебался и по меньшей мере иногда фактически признавал ее. Кант быть может не был хорошо знаком с выводами Ньютона и потому ошибся, но вот почему споткнулся Лаплас понять трудно. И вот мнение Фурье об его «Изложении системы мира»: «Это – искусная сводка важнейших открытий»<sup>41</sup>. И там же, обсуждая сочинения Лапласа по истории астрономии (к которой «Изложение» непосредственно относится), он добавил:

Описывая историю великих астрономических открытий, он становился образцом изящества и тонкости. Ни один существенный факт не ускользает от него [...] То, о чем он умалчивает, не заслуживает упоминания<sup>42</sup>.

Ньютон действительно объяснил, почему орбиты планет эллиптически, но устранил ли он случайность? Вовсе нет! Остается ведь тот же вопрос о скоростях планет: почему они различны? Не знаю, исследовал ли кто-нибудь этот вопрос. Об общей роли случайного в естествознании прошлых веков я сообщил лишь немного и сейчас добавлю только одно из соответствующих высказываний Максвелла:

Форма и размеры орбит планет [...] не устанавливаются никаким законом природы, но зависит от расположения материи. То же относится к размерам Земли<sup>43</sup>.

Уточним: от расположения материи и скоростей в Солнечной системе.

В заключение автор выражает признательность Д. А. Баюку за существенные методологические замечания в процессе подготовки статьи и представленные им русские переводы Аристотеля.

---

<sup>41</sup> *Fourier, J. B. J. Historical Eloge of the Marquis De Laplace // London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine. 1829. Ser. 2. Vol. 6. P. 370–381.* Первоначальный французский текст опубликован лишь в 1831 г.

<sup>42</sup> Там же. P. 379.

<sup>43</sup> *Maxwell, J. C. Discourse on molecules // Campbell, L., Garnett, W. Life of Maxwell. New York–London, 1969. P. 358–361.* Рукопись Максвелла 1873 г. была первоначально опубликована этими авторами в 1882 и 1884 гг.