ПРЕДИСЛОВИЕ
«Первородный грех» естествознания

По свидетельству Платона (428/27–348/47 до н.э) открытие пифагорейцами иррациональных чисел произвело на античных философов такое сильное впечатление, что они надолго зареклись использовать числа в ответственных рассуждениях. Поэтому на протяжении всего Средневековья и эпохи Возрождения, вплоть до начала 18 столетия основным формальным языком молодого естествознания была геометрия, которая использовала богатое наследие античной математики.

Первое доказательство существования иррациональных чисел обычно приписывается пифагорейцу Гиппасу из Метапонта (ок. 500 до н. э.), который будто бы обнаружил фундаментальное противоречие, доказав, что если диагональ квадрата содержит целое число единичных отрезков, то это число должно быть одновременно и четным, и нечетным. Греческие математики назвали такое отношение несоизмеримых величин «алогос» (невыразимым). Существует легенда, что Гиппас завершил свое доказательство, находясь в морском путешествии, и был выброшен за борт другими пифагорейцами, воспринявшими его открытие как крах всей философии Пифагора (570–490 до н.э.).

Открытие Гиппаса поставило перед античной философией серьезную проблему, подвергнув сомнению предположение о том, что числа и геометрические объекты едины и неразделимы, и в равной степени способны описывать мироздание. Выход из кризиса через столетие предложил Евдокс Книдский (410/408–355/347 до н.э.). Этот выдающийся греческий математик, астроном и врач учился математике у пифагорейца Архита в Италии, принадлежал к школе Платона в Афинах, и провел несколько лет в египетском Гелиополе, изучая астрономию. Сочинений самого Евдокса не сохранилось и о его работах известно только из «Начал» Евклида (книга V) и сочинений последователей Аристотеля (384–322 до н.э.).

В дополнение к числам Евдокс ввёл более широкое понятие «геометрической величины», которая не рассматривалась как число, а была только обозначением некоторой геометрической характеристики, например, отрезка прямой, угла, площади, объема. Поскольку никакое количественное значение не сопоставлялось геометрической величине, Евдокс смог охватить и соизмеримые, и несоизмеримые величины при определении дроби как отношения двух геометрических величин, и пропорции как равенства двух дробей.

Теория отношений Евдокса Книдского основана на понятии «однородных» величин, которые сравнимы между собой, и для которых определены две операции: отделение части и соединение (построение кратного). Однородность величин определяется аксиомой, ставшей известной впоследствии как аксиома Архимеда (287–212 до н.э.):

> «Говорят, что величины имеют отношение между собой, если они, взятые кратно, могут превзойти друг друга»

Теория отношений Евдокса Книдского позволила греческой математике успешно развиваться, предоставив логическое обоснование операций с количественно несоизмеримыми величинами[1].

Искусство Гермеса – герметическая философия, астрология и алхимия познакомило Европу с арабскими цифрами и античной геометрией. «Начала» Эвклида (3 век до н.э.) были переведены с греческого на арабский язык в 9 веке, а в середине 12 столетия астрологи, алхимики и философы в Европе уже пользовались книгами Эвклида, хотя первый полный

---

[1] Бурбаки Н. *Архитектура математики. Очерки по истории математики*. М., 1963. Riddel R.C. Eudoxan mathematics and the Eudoxan spheres // Archive for History of Exact Sciences (1979) 20; 1-19.

печатный латинский перевод «Начал» появился только в 1482 году. Были переведены на латынь и самые известные сочинения Архимеда, но его эффективные эвристические методы, включая алгоритмы «исчерпания» (конечно-разностного интегрирования), считавшиеся эзотерическими, передавались только изустно от учителя к ученикам.

Все книги по физике и механике вплоть до начала 18 столетия, включая классические труды Галилея (1564–1642), Кеплера (1571–1630), Декарта (1596–1650), Гюйгенса (1629–1695) и Ньютона (1643–1727), неизменно используют геометрический язык, основанный на теории отношений Евдокса Книдского. Все преобразования отношений соответствуют традициям античных геометров: из исходного равенства отношений $a/b=c/d$ можно получить преобразованные: $a/c=b/d$ (*alternando*), $b/a=d/c$ (*invertendo*) и т.д. Развивая античную теорию отношений, английский математик Джон Уоллис (1616–1703) в своей «Алгебре» (1685) из первичной пропорции вывел еще 52 производные пропорции и дал им латинские названия в стиле терминологии Евклида.

Для пропорций, включающих степени величин, использовались следующие описания: равенство $a/b=c^2/d^2$ описывалось как «a находится к b в удвоенном отношении c к d», а, например, для равенства $a/b=c^{3/2}/d^{3/2}$ использовался термин «полуторное отношение». Свойство изохронности колебаний маятника, было сформулировано Галилеем так: «длины маятников находятся в «двойном отношении» по сравнению с отношением времен одинакового числа их колебаний».

Основой техники преобразования пропорций было использование сочетаний и перестановок (принцип *«componendo et permutando»*):

Componendo $\quad a/b=c/d \to (a+b)/b=(c+d)/d$

Permutando $\quad a/b=c/d \to a/c=b/d$

В геометрии Евклида не существовали понятия «умножение» и «деление» геометрических величин. Результат «умножения» отрезков определялся как «площадь прямоугольника, получаемого «проведением» одного из них по другому». Когда нужно было «произведение» двух отрезков «разделить» на третий, то говорилось «приложить (*applicare*) данную площадь к такой-то длине».

До изобретения и широкого распространения универсальных базовых размерностей и соответствующих единиц измерения все физические законы и определения физических величин формулировались для произвольных единиц измерения только в форме пропорциональностей. Например, в *Principia* Ньютона можно прочесть на первых же страницах [21]:

Определение VII. «Ускорительная величина центростремительной силы есть мера, **пропорциональная** той скорости, которую она производит в течение данного времени».

Закон II. «Изменение количества движения **пропорционально** приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует».

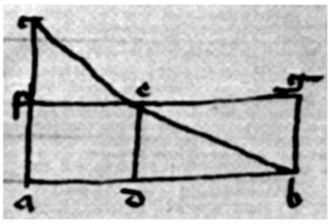
При желании некоторые идеи «координат» и «уравнений кривых» можно усмотреть уже в сочинениях Архимеда и Аполлония Пергского (262–190 до н.э.) в «симптомах» конических сечений, которые отдаленно похожи на уравнения. Но страх перед числами после открытия пифагорейцами иррациональных чисел несколько столетий сдерживал применение чисел в развивавшемся естествознании.

Первые попытки вернуть число в естествознание были сделаны в начале 14 столетия философами и богословами из Мертон-колледжа в Оксфорде, которых впоследствии стали называть «Оксфордскими вычислителями». Томас Брадвардин (*Thomas Bradwardine*), Уильям Хейтсбери (*William Heytesbury*), Ричард Суайнсхед (*Richard Suisset*) и Джон Дамблдон (*John Dumbleton*) со своими учениками систематически заменяли цифрами геометрические характеристики античных философов и разрабатывали новую теорию – «Учение об интенсии и ремиссии качеств».

В этом смелом проекте математические методы применялись при анализе самых разнообразных качеств, способных изменяться в две противоположные стороны. При этом рассматривались не только физические характеристики вроде тепла, яркости, скорости, но и этические категории – грех, вожделение, милосердие, Благодать. Философы Оксфордской школы доказали первую теорему кинематики о том, что тело, движущееся равноускоренно, проходит за интервал времени то же самое расстояние, которое прошло бы за это же время тело, движущееся равномерно со скоростью, равной средней скорости первого тела.

Идеи «Оксфордских вычислителей» получили своё дальнейшее развитие в «учении о широте форм», развитом их младшим современником, епископом и канцлером французского короля Чарльза V Николаем Оремом (1330–1382), преподававшим в парижской Сорбонне. В своем трактате *Tractatus de configurationibus qualitatum et motuum* («О конфигурации качеств») Николай Орем первым в Европе использовал координатное изображение функций от времени, называя координаты по аналогии с уже давно применявшимися в астрономии и географии «долготой» и «широтой».

В этом трактате Орем развивал свое «Учение о широте форм», используя графическое представление для переменной величины, зависящей либо от пространственных координат либо от времени. В частности, он изображает движение (рис. 1-II), откладывая по вертикальной оси время, а по горизонтальной оси «интенсивность» движения в данный момент времени (то есть величину, которую впоследствии стали называть мгновенной скоростью).



II

I

Рис. 1 I. Николай Орем, не различавший в своем «Учении о широте форм» интервалы времени и пространства, что привело впоследствии в естествознании к забвению наиболее важной характеристики времени – его необратимости. **II.** Первое графическое представление кинематики движения в трактате Николая Орема. Ординаты представляют время, абсциссы – мгновенную скорость.

В своем трактате Орем не только воспроизвел доказанную Оксфордской школой теорему о кинематике равноускоренного движения, но и рассмотрел мысленный эксперимент с механическим движением в каюте идущего корабля, демонстрирующий относительность механического движения. Эти достижения Николая Орема стали широко известны и преподавались во многих университетах Европы, впоследствии послужив основой кинематики механического движения, которую разрабатывали Галилей, Декарт, Ньютон и Лейбниц (1646–1716).

Представление интервалов времени в форме отрезков прямых линий в геометрических построениях, иллюстрирующих кинематику механического движения, стало первым шагом к утрате категорией времени своего главного онтологического признака – необратимости, который отличает время от пространства. Геометризация времени Николаем Оремом и его последователями была кардинальным отступлением от интерпретации времени античными философами.

Платон и Аристотель неизменно связывали время с движением и процессами изменения физической реальности, утверждая, что не только движение измеряется временем, но и время – движением: «они определяются друг другом, ибо время определяет движение, будучи его «числом», а движение – время» (Аристотель [1]). Всякое движение и процессы изменения физической реальности всегда обладают той или иной степенью необратимости, и именно необратимость в античной философии служит онтологическим фундаментом «физического» времени.

Аристотель полагал, что во времени как в непрерывной субстанции должен существовать некий инвариант – «первая мера», момент времени, мгновение, которые он называл «теперь»: «из всего сказанного очевидно, что во времени имеется нечто неделимое, что мы называем «теперь» [1]. Самыми важными свойствами этого «теперь» являются его потенциальная неделимость и в то же время потенциальная непрерывность, благодаря чему это «теперь» может служить границей между актуально не существующими «прошлым» и «будущим».

Введенный Аристотелем интервал «теперь» был призван, во-первых, будучи неделимым, определять движение как неизменную характеристику каждого динамического процесса и, во-вторых, гарантируя непрерывность связи между прошлыми и будущими состояниями процесса, обеспечивать наблюдаемую необратимость физического процесса.

Основным принципом описания движения у Галилея стало применение геометрического изображения времени в виде прямой линии, введенного Николаем Оремом. Ньютон, следуя за Галилеем, ввел абсолютное «математическое» время с образом «непрерывного течения» по прямой («флюксии»). Использование времени как равноправной с пространством координаты в принятой системе отсчета обеспечило Ньютону эффективность и наглядность геометрического описания механического движения.

Постепенно геометрическое представление интервалов времени в форме отрезков прямых линий создало образ обратимого времени подобного бесконечно протяженной прямой линии, которую можно измерять и по которой можно перемещаться в обе стороны. Использование времени как одной из координат принятой системы отсчета сделало время геометрическим параметром с неизменной и равномерной шкалой – независимой переменной в уравнениях движения. Этот процесс геометризации времени завершился в 20 столетии приданием времени физической размерности пространства с помощью соотношения: $l = ct$, где c (м/с) это скорость света, и применением в специальной теории относительности квадрата интервала пространства-времени с размерностью квадрата длины: $ds^2 = c^2dt^2 - dl^2$.

Механистический детерминизм Галилея и Ньютона, ставший фундаментом классического естествознания, был основан на обратимости геометрического представления времени, введенного Николаем Оремом, и предполагал, что каждое тело вернется в исходное состояние, если обратить время, потому что траектория движущегося материального тела единственным образом определяется начальными условиями.

Вплоть до конца 19 столетия использование в естествознании абсолютного обратимого времени Ньютона не приводило к серьезным противоречиям с наблюдениями. Но в 20 столетии, когда в теоретической физике стал применяться объединенный 4-мерный континуум пространства-времени, ситуация изменилась. Это связано с тем, что **вместо асимметричного 4-мерного континуума с необратимым временем стало использоваться не соответствующее физической реальности симметричное пространство-время.**

Осложнения не заставили себя долго ждать. Объективная асимметрия реального пространства-времени при сохранении традиционной концепции обратимости ньютоновского времени, например, проявилась в неожиданном феномене «расширения» пространства. Все космологические решения геометрических 4-мерных моделей гравитации в первой четверти 20 столетия единодушно предсказывали эволюцию вселенной с «расширяющимся» пространством.

Постепенно завоевавшая признание доктрина «расширяющейся» вселенной находит психологическую и методологическую опору в том немногом, что мы знаем о необратимом Времени. Каждый человек живет в условиях выразительной и драматической асимметрии между своим хорошо ему известным прошлым и почти неведомым будущим. С годами мир воспоминаний о былом у каждого человека неуклонно **расширяется**, увы, не всегда его радуя. Что же касается измерения необратимого хода времени, то его бесстрастно регистрируют на Земле сотни миллионов часов, использующих разные эталонные формы движения и, в частности, процессы, в которых характеристические времена Δt и длины ΔL часовых механизмов пропорциональны:

$$\Delta t \propto \Delta L \qquad (1)$$

Это простое соотношение описывает работу очень многих типов часов – от древних «огненных», водяных и песочных до самых современных квантовых.

По сравнению с гигантскими космическими расстояниями и эпохами небольшие интервалы Δt и ΔL, характерные для наших миниатюрных часов, могут считаться бесконечно малыми, и тогда соотношение (1) превращается в дифференциальное уравнение $dL/dt = V$, которое имеет решение:

$$L = Vt + L_0 \qquad (2)$$

В современной космологии принято пользоваться безразмерным «масштабным фактором» $a = L/L_0$, использование которого превращает (2) в основное линейное уравнение доктрины «расширяющейся» вселенной:

$$a = 1 + Ht \quad H = V/L_0 \qquad (3)$$

Здесь H это так называемый «фактор Хаббла», который характеризует скорость V «расширения» пространства вселенной. Космологические модели в форме функционалов вида $H(t) = F\{t;...\}$ или $a(t) = F\{t;...\}$ определяют в современной космологии различные сценарии эволюции «расширяющейся» вселенной.

В современном естествознании, не исключая и теоретическую физику, как и в классической механике 17 века, по прежнему используется обратимое абсолютное время, введенное Ньютоном по образцу средневековой геометрической концепции Николая Орема. Этот «первородный грех» естествознания имеет непредвиденные последствия и порождает множество парадоксов и методологических проблем в естествознании.

Мои надежды на понимание природы и успешное экспериментальное исследование **необратимого времени** основаны на применении Общей Теории Систем[2] (ОТС), которая после пионерских работ Александра Богданова (1873–1928), Владимира Бехтерева (1857–1927), Яна Христиана Смэтса (1870–1950), Норберта Винера (1894–1964), Уильяма Эшби (1903–1972) и Людвига фон Берталанфи (1901–1972), быстро развивается со второй половины 20 столетия. Основой идеологии ОТС является обоснование утверждения о том, что введение каких либо отношений на множестве любых элементов превращает это множество в «систему». Результатом введения отношений на множестве элементов, превращающего его в систему, является появление новых свойств у этого упорядоченного множества – «общего системного эффекта», который отсутствует у неупорядоченного множества этих же элементов.

В ОТС при описании функционирования сложных систем взаимодействующих элементов используются следующие базовые принципы:

I. Свойства целостной системы взаимодействующих элементов не эквивалентны простой сумме свойств ее составляющих. Объединение элементов в целостную систему приводит к возникновению комплекса новых свойств и качеств («общего системного эффекта»), которые нельзя обнаружить ни у какой отдельной части рассматриваемой системы.

II. Ни один элемент или подсистема не могут получить адекватного количественного описания, если не известны основные свойства целостной системы.

Анализ типологии и особенностей функционирования сложных систем в природе позволяет выделить еще один принцип Общей Теории Систем:

III. Свойства каждого элемента или подсистемы в составе сложной системы не эквивалентны свойствам этих структурных составляющих вне целостной системы. Объединение элементов в целостную систему приводит к возникновению у них новых свойств и качеств – «парциальных системных эффектов», которые отсутствуют у них вне рассматриваемой системы.

Представляется полезным рассмотреть несколько примеров парциальных системных эффектов.

1. Объединение мужчины и женщины в единую семейную «систему» имеет грандиозный общий системный эффект – возможность появления новой Жизни. Кроме того, очень часто можно наблюдать и парциальные системные эффекты – образ жизни и психология семейных людей и одиноких холостяков обычно быстро начинают заметно отличаться.

2. В химии можно найти множество выразительных примеров парциальных системных эффектов, когда свойства атомов и ионов зависят от того, в составе каких молекул (атомных систем) они участвуют в химических реакциях. Например, водород и водородные ионы в окислительно-восстановительных реакциях могут играть роль как окислителя, присоединяя электрон, так и восстановителя, отдавая электрон.

3. Во многих районах жизнь на Земле определяют приливы и отливы – величественные парциальные системные эффекты планетарной системы Солнце-Земля-Луна. Эти локальные колебания уровней океана и морей, являются результатом периодического изменения положений Луны и Солнца относительно Земли, в сочетании с эффектами вращения Земли.

Приливы и отливы являются интересным примером парциальных системных эффектов, способных служить источниками энергии. Во многих странах уже построены экономичные и экологически безопасные приливные электростанции. Так французская электростанция «Ля

---

[2] Ludwig von Bertalanffy. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1968. Брусиловский Б.Я. *Теория систем и система теорий*. Киев, 1977. Checkland, P. *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 1997. Jantsch, E. *The Self Organizing Universe*. New York: Pergamon, 1980. Laszlo, E. *The Interconnected Universe*. New Jersey, World Scientific, 1995. ISBN 981-02-2202-5. Hinrichsen, D., Pritchard, A.J. *Mathematical Systems Theory*. New York: Springer, 2005. ISBN 978-3-540-44125-0.

Ранс» с мощностью 240 МВт, построенная в эстуарии реки Ранс, имеет самую большую в мире плотину длиной более 800 метров.

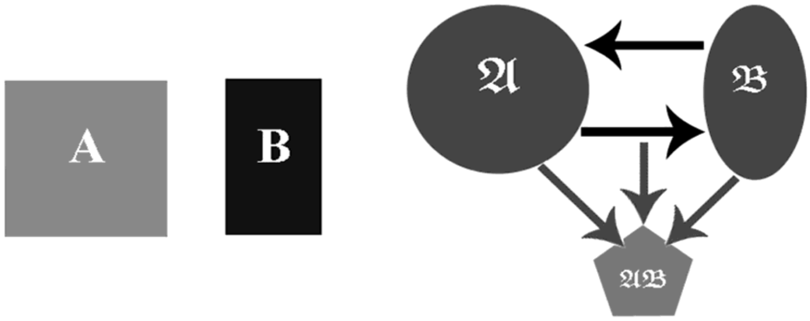


Рис. 2 При объединении двух элементов или подсистем **A** и **B** в целостную систему, во-первых, возникает общий системный эффект **𝔄𝔅** и, во-вторых, парциальные системные эффекты изменяют первоначальные характеристики и свойства исходных элементов или подсистем: **A→𝔄** и **B→𝔅**.

Особый интерес для теории познания имеют системные эффекты с участием «наблюдателя». Поучительным примером «воздействия» наблюдателя на образ физической реальности является, например, эффект Допплера.

Наблюдатель, находящийся в движущемся поезде, который внезапно включил свой гудок, зафиксирует своим прибором постоянную частоту звукового сигнала. Другой, неподвижный наблюдатель, измеряющий характеристики звукового сигнала вне поезда, обнаружит своим прибором эффект Допплера – частота звукового сигнала приближающегося поезда будет несколько больше частоты звукового сигнала удаляющегося поезда. В этом примере образ объекта физической реальности зависит от положения наблюдателя относительно наблюдаемого объекта. Причем изменения этого образа физической реальности никак не связаны с какими-либо особыми состояниями сознания наблюдателей, а бесстрастно регистрируются физическими приборами.

Австрийский физик Кристиан Допплер (1803–1853) обнаружил этот эффект не вслушиваясь в гудки курьерских поездов, которых в его время еще не было, а исследуя изменения цвета звезд. Цвет краев быстро вращающихся звезд различен – приближающийся к земному наблюдателю при вращении звезды край кажется более «голубым», а удаляющийся более «красным». А звезды в двойных системах, которыми особенно интересовался Допплер, периодически меняют оттенки своего цвета. Но эти красочные космические явления всего лишь иллюзии, связанные с особенным положением земных наблюдателей.

Для естествознания важное значение имеют системы, основными элементами которых являются базовые категории, применяемые для формирования размерностей физических величин: масса (m), пространство (l) и время (t). Образование систем из этих базовых элементов можно представить так:

$$(m,l,t) \Rightarrow s = S\{m_s \,\&\, l_s \,\&\, t_s\} \quad m_s \neq m; l_s \neq l; t_s \neq t \tag{4}$$

Здесь s это системный эффект, S системо-образующий функционал, & внутрисистемное отношение, индекс *«s»* отмечает элементы системы, измененные парциальными системными эффектами.

Выразительным примером применения соотношения (4) является системный анализ специальной теории относительности. В этом случае системо-образующим функционалом является либо аксиомы теории относительности, либо условие инвариантности 4-мерного интервала в пространстве Минковского относительно преобразований Лоренца. Парциальными системными эффектами являются: сокращение Лоренца l_s, собственное время инерциальной системы отсчета t_s и соотношение, определяющее релятивистскую массу $m_s = (E^2/c^4 - \overline{p}^2/c^2)^{1/2}$.

Одной из важных областей применения ОТС в физике является теоретическое описание статистических ансамблей. Объективно существующие физические взаимодействия между элементами статистических ансамблей превращают их в системы со свойствами, которые не могут быть обнаружены ни у отдельных элементов этих ансамблей, ни у ансамблей этих же, но не взаимодействующих элементов.

Яркими проявлениями системных эффектов в статистических ансамблях являются специфические термодинамические характеристики – температура и энтропия. Эти системные характеристики статистических ансамблей несомненно являются объективно наблюдаемыми характеристиками и могут изучаться экспериментально. Существует много явлений природы, которые хорошо объясняются с помощью понятий температуры и энтропии, например, квантовых ансамблей, но не могут быть интерпретированы с помощью анализа характеристик отдельных элементов или подсистем изучаемого квантового ансамбля.

Свойства времени с позиций ОТС могут быть определены как **проявление в Природе общего системного эффекта множества взаимосвязанных движений различных видов**. Следует учитывать, что даже введение относительно простого «отношения порядка» превращает множество событий или изменяющихся состояний объекта в систему. Системный эффект упорядоченного множества разнообразных форм движения, не может быть сведен ни к какому индивидуальному описанию отдельной формы движения.

Обозначим неупорядоченное множество моментов времени τ_i, отмечающих состояния изменяющихся объектов как $[\tau_i]$. Введение каких либо отношений между элементами этого множества, например, учет взаимодействия между объектами или даже просто принятие во внимание порядка следования состояний, превращает исходное множество в систему $\{\tau_i\}$. Можно допустить, что то, что представляется нам физическим временем τ, является системным эффектом этого множества состояний изменяющихся объектов:

$$[\tau_i] \Rightarrow \tau = S\{\tau_i\} \tag{5}$$

Следует отметить, что определенное таким способом время является не абстрактной категорией, а именно «физическим» временем, поскольку элементы рассматриваемого множества являются моментами, отмечающими состояния реальных физических объектов и процессов.

Принципы ОТС выявляют проблему «системной неопределенности познания»: **Для того, чтобы изучить и описать какую либо отдельную часть мира необходимо знать устройство мира как целостной системы, но, с другой стороны, для того чтобы составить правильное представление о свойствах системы в целом, необходимо уже иметь описание всех ее отдельных частей.**

В древности поиски решения проблемы «системной неопределенности познания» иногда иллюстрировались сравнением эмблем полной и усеченной пирамид (рис. 3). Эмблема усеченной пирамиды символизирует неполное, лишенное системной общности, эмпирическое знание, в котором множество фактов лишь отчасти упорядочено набором «законов природы». Завершением усеченной пирамиды служат **метафизические принципы**, которые не могут быть открыты никаким анализом множества частных эмпирических фактов и законов, поскольку отражают системные свойства процесса познания в целом.

Рис. 3 Пирамиды Познания

Аристотель выделял четыре последовательных этапа познания Истины: опыт (*empeiria*), искусство (*techne*), знание (*episteme*) и мудрость (*sophia*), которая соответствовала пониманию метафизических принципов процесса познания.

В Библейские времена большинство было убеждено, что фундаментальные принципы метафизики, которые часто называли «премудростью» имеют априорную природу, а их познание является либо результатом интуитивного прозрения в особом состоянии сознания, либо обретенным как божественное откровение. Эти убеждения, например, иллюстрирует Книга Иова из Ветхого Завета ([3] Иов 28; 33).

В Средние века Фома Аквинский (1226–1274) утверждал, что истины науки и истины веры не могут противоречить друг другу и между ними существует гармония. Мудрость, – это стремление постичь Бога, наука же, – это одно из средств постижения Бога. В соответствии со своей доктриной он выделял три иерархически соподчиненных типа мудрости, наделенных своим особым «светом истины»: мудрость Благодати; богословская мудрость – мудрость веры, использующая разум, и метафизическая мудрость – мудрость разума, постигающая сущность бытия.

Во второй половине 20 столетия происходило быстрое развитие аксиоматического обоснования ряда теоретических разделов естествознания. В аксиоматических теориях первым этапом является введение основных понятий, для которых создается структура аксиом, в которых устанавливаются важнейшие логические связи между первоначальными основными понятиями. Затем, с помощью определений вводятся необходимые дополнительные понятия и, наконец, на основе принятых аксиом выводятся и доказываются производные утверждения-теоремы. Главные требования, которые предъявляются к аксиоматической теории это надежное эмпирическое обоснование основных понятий и аксиом, а также доказательство независимости и непротиворечивости принятых аксиом.

Анализ разработанных аксиоматических обоснований классической механики, термодинамики, специальной теории относительности и квантовой теории поля приводит к заключению, что, по крайней мере, часть метафизических принципов античных и средневековых философов можно отождествить с главными **методологическими концепциями**, определяющими развитие естествознания:

1. **Принцип относительности**, в общей форме утверждающий независимость существа законов природы от систем координат, используемых для их математических формулировок.

2. **Принцип относительности измерений**, который определяет метрологию, размерности физических величин и общепризнанные эталоны базовых единиц измерений, утверждая, что законы природы не зависят от эталонов, которые используются при измерениях для определения значений физических величин.

3. **Принцип наименьшего действия**, определяющий динамические уравнения физических процессов.

Инструментами исследования необратимого физического времени могут эффективно служить его математические модели, разработанные в соответствии с идеологией Общей Теории Систем и перечисленными методологическими концепциями естествознания.

Обратимое время Ньютона, которое до сих пор используется в большинстве разделов естествознания, – это «пустое вместилище событий» и развитие событий никак не влияет на течение ньютоновского времени [21]:

> «Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей сущности без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год»

Как видно из этого отрывка, Ньютон вполне осознавал возможность различать два разных вида времени, но в своей механике, формулируя законы движения, он использовал только «абсолютное, истинное математическое» время.

Применяя в формулировках законов движения реальных, физических тел идеальное «математическое» время, Ньютон рисковал впасть в серьезные логические противоречия, что, например, отмечал в своей критике Эрнст Мах (1838–1916). Упрека в логических противоречиях можно избежать, если считать, что Ньютон, отождествив физическое и математическое время, фактически использовал в своей механике исторически первую «модель» физического времени в форме:

$$\tau = at \tag{6}$$

Здесь τ это физическое время, а t математическое время Ньютона. Впоследствии для краткости время Ньютона будет часто называться просто «ньютоновским», а также будут применяться следующие обозначения дифференцирования: $dx/dt = \dot{x}; dx/d\tau = x'$.

Абстрактный образ «математического» ньютоновского времени, – это континуум рациональных вещественных чисел. Размерный множитель a в (6) необходим, так как физическое и математическое время могут иметь разные физические размерности, а сами по себе элементы числового ряда вообще не имеют физической размерности. Ньютон фактически использовал соотношение (6), приняв единичный размерный множитель $a = 1[t]$, тем самым, наделив числа вещественного ряда размерностью времени и приняв одинаковые размерности для физического и математического времени.

Соотношение (6) придает физическому времени все свойства континуума вещественных чисел – изотропию и однородность, а также бесконечную делимость, столь желанную для оправдания применения в естествознании исчисления бесконечно малых. Однородность физического времени также необходима в физике, так как обеспечивает существование общепринятой формулировки закона сохранения энергии.

Таким образом, физическое время, соответствующее модели Ньютона (6), предстает как возможность независимо и однозначно определить отсчет времени в форме **вещественного числа** в любой точке пространства, коль скоро определены: общее начало отсчета времени и его единицы измерения (размерность физического времени). При этом предполагается возможность определения сколь угодно малых интервалов Δt физического времени – потенциальная бесконечная делимость физического времени:

$$t_{n+1} = t_n + \Delta t \qquad (7)$$

Актуальная бесконечная делимость абсолютного ньютоновского времени зависит от технических возможностей создания механизмов, моделирующих непрерывную последовательность интервалов абсолютного времени. Современная трактовка абсолютного ньютоновского времени воплотилась в решении XIII Генеральной конференции по мерам и весам (1967), которая приняла определение «секунды» как интервала времени, равного 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя определенными уровнями основного состояния атома цезия-133 при температуре 0 Кельвинов и при отсутствии возмущения внешними полями.

В наши дни применяемое в естествознании ньютоновское время с равномерной и неизменной шкалой часто называют «атомным временем», поскольку бесконечную последовательность интервалов времени генерируют особо точные оптические ионные и атомные стандарты частоты. Относительная ошибка современных приборов атомного времени столь мала, что позволяет надеяться обеспечить в ближайшем будущем актуальную делимость абсолютного ньютоновского времени (величину интервала Δt в 7) для относительно небольших промежутков времени на уровне $10^{-15} - 10^{-16}$ секунды.

Введение Ньютоном математического времени в форме континуума вещественных чисел, оснащенных размерностью физического времени, весьма плодотворно, так как это «абсолютное, истинное» время может быть с успехом использовано как универсальный эталон сравнения при анализе различных моделей физического времени.

Вскоре после разработки принципов специальной теории относительности и основ релятивистской механики, Герман Минковский (1864–1909) в 1908 году, используя предложенную Анри Пуанкаре (1854–1912) концепцию «мнимого времени», разработал геометрию 4-мерного пространства, вращения координатных осей которого определялись преобразованиями Хендрика Лорентца (1853–1928). При этом определенное множество траекторий в этом пространстве соответствовало аксиомам специальной теории относительности.

Координаты события (τ, x, y, z) представляются «мировой» точкой в пространстве Минковского при условии, что в (6) $a = ic$:

$$\tau = ict \qquad (8)$$

Мнимое время Пуанкаре-Минковского имеет размерность длины, а постулатам теории относительности в терминах геометрии пространства Минковского соответствует инвариантность 4-мерного интервала (4-мерного расстояния между мировыми точками), который определяется соотношением:

$$ds^2 = c^2dt^2 - dx^2 + dy^2 + dz^2 = c^2dt^2 - dl^2 \qquad (9)$$

относительно вращений 4-мерной координатной системы в какой либо гиперплоскости.

Пространство Минковского представляет собой 4-мерное псевдоевклидово пространство с сигнатурой $(-1,3)$ и в нем равенство нулю расстояния между двумя точками может и не означать равенства всех координат этих точек. Если рассматривать соотношение (8) как модель физического времени, то оказывается, что модель физического времени Пуанкаре-Минковского обладает следующими свойствами:

I. Моменты физического времени в этой модели представлены **мнимыми числами.**

II. Размерность физического времени с помощью константы скорости света приведена в соответствие с размерностью пространства.

III. Модель Пуанкаре-Минковского вводит анизотропию и неоднородность 4-мерного пространства-времени относительно причинно-следственных отношений между событиями.

Все пары событий, представимые в пространстве Минковского мировыми точками, могут быть разделены на три класса:

1. События, для которых $c\Delta t > \Delta s$, могут иметь причинно-следственную связь, так как между ними возможно взаимодействие, распространяющееся со скоростью, меньшей скорости света. Интервал Δs между такими событиями мнимый, что и дало повод называть такие интервалы «времени-подобными».

События, разделенные времени-подобными интервалами, ни в какой системе отсчета не могут быть одновременными, и, тем более, ни в какой системе отсчета не может измениться порядок их следования во времени. Это означает, что для множества таких событий определения «раньше» и «позже» абсолютны.

2. События, для которых $c\Delta t < \Delta s$, не могут иметь причинно-следственную связь, так как взаимодействие, распространяющееся в пространстве с предельно большой скоростью света, не может пройти расстояние Δs за промежуток времени Δt. Интервал Δs между такими событиями вещественный, что дало повод называть такие интервалы «пространственно-подобными».

Для событий, разделенных пространственно-подобными интервалами, можно найти системы отсчета, в которых порядок их следования во времени разный. Это означает, что для множества таких событий определения «раньше» и «позже» относительны.

3. События, для которых $c\Delta t = \Delta s$, разделяет нулевой интервал $\Delta s = 0$ и они могут иметь причинно-следственную связь за счет взаимодействия, распространяющегося в пространстве со скоростью света. Мировые точки таких событий лежат в пространстве Минковского на поверхности 4-мерного гиперконуса («светового конуса»), который и разделяет области времени-подобных и пространственно-подобных интервалов.

Никакие вращения координатных осей пространства Минковского, соответствующие допустимым преобразованиям Лоренца, не могут перевести интервалы времени одного класса в другой.

Соотношения вида $\tau = f\left(t\right)$ связывающие физическое и математическое время можно называть «моделями» физического времени, причем в этих моделях математическое (ньютоновское) время играет роль внутреннего эталона, по отношению к которому и определяются особенности физического времени. В моделях физического времени математическое время t всегда рассматривается как континуум вещественных чисел с физической размерностью времени.

Модели Ньютона и Пуанкаре-Минковского представляют собой частные случаи линейного, однородного преобразования математического времени вида (6), в котором коэффициент пропорциональности определяется соотношением единиц измерения физического и математического времени.

Успешный опыт использования в естествознании моделей Ньютона и Пуанкаре-Минковского позволяет сформулировать проблему нахождении **группы моделей физического времени**, не вступающих в противоречие с общепринятой методологией естествознания. Однако для того, чтобы представить себе общую форму моделей времени необходимо, вообще говоря, использовать более общие категории, нежели само время.

Системный анализ предполагает рассмотрение категорий пространства, времени и движения, как взаимосвязанной системы, в которой **описание движения играет роль системо-образующего функционала**, определяющего взаимосвязь категорий пространства и времени.

Количественным описанием механического движения издавна является пропорциональность приращения пространственных координат движущегося тела и соответствующего интервала времени. Эта триадная система восходит к трудам Аристотеля [1] и «Началам физики» Прокла Ликийского (410–485) [22], а, может быть, даже к еще более давним временам.

Можно предположить, что такая системная концепция описания движения применима как при использовании математического, так и физического времени. Если рассматривать два описания движения фотона, применяя две модели времени – физического и ньютоновского, то следует принять во внимание, что свидетельства универсального постоянства скорости фотона получены в экспериментах, проводившихся в физическом времени. Общее описание движения фотона может быть представлено симметричными уравнениями кинематики в дифференциальной форме:

$$dl = u\left(t\right)dt \tag{10}$$

$$dl = cd\tau \tag{11}$$

Исключив dl из этих соотношений, мы получим уравнение:

$$d\tau/dt = u(t)/c = a(t) \tag{12}$$

Уравнение (12), основанное на системном описании взаимосвязанных категорий пространства и времени, в котором роль системо-образующего отношения играет традиционный способ описания кинематики механического движения, является математической моделью, определяющей связь физического времени с эталонным ньютоновским временем. Для определения вида функции $a(t)$ необходимо использовать дополнительные предположения.

Особое значение имеет линейная форма уравнения (12), которая также может рассматриваться как результат разложения $a(t)$ в степенной ряд Тэйлора в окрестности $t = 0$, и ограничения линейным приближением:

$$d\tau/dt = a_0 + \left|da/dt\right|_{t=0} t + ... = 1 + Bt \tag{13}$$

Решение этого уравнения при условии $t = 0 : \tau = 0$ имеет вид:

$$\tau = t + B/2 \cdot t^2 \tag{14}$$

Физический смысл константы B можно определить из анализа кинематики движения фотона. При условии, что скорость света постоянна только в физическом, а не в идеализированном ньютоновском времени, уравнение траектории фотона имеет вид:

$$r = c\tau = c(t + Bt^2/2) \tag{15}$$

При этом соотношение, определяющее скорость фотона будет:

$$c(t) = dr/dt = c(1+Bt) \qquad (16)$$

Формальное условие сохранения энергии фотона $E = cp = c(t)p(t) = const$ с помощью определения импульса фотона уравнением де Бройля: $p = h/\lambda$ можно преобразовать к виду: $c\lambda(t) = c(t)\lambda$. Если в это равенство подставить (16), то получится соотношение $c\lambda(t) = c\lambda(1+Bt)$, из которого для красного смещения $z = [\lambda(t) - \lambda]/\lambda$ следует формула: $z = Bt$. Это соотношение совпадает с законом Хаббла $z = Ht$, который служит основой классической космологии, и позволяет заключить, что $B = H$ в (13–16) так что алгебраическое соотношение (14) и обратное ему, связывающие физическое и ньютоновское время имеют вид:

$$\tau = t + Ht^2/2 \qquad (17)$$

$$t = H^{-1}[(1+2H\tau)^{1/2} - 1] \qquad (18)$$

Таким образом, красное смещение в спектрах далеких космических объектов может рассматриваться как следствие космологического замедления хода необратимого физического времени. Рассмотренная линейная форма уравнения (12), как будет показано в дальнейшем, является не просто линейной аппроксимацией, а соответствует квантовым постулатам Макса Планка (1858–1947) и Луи де Бройля(1892–1987), определяющим квантовую физику фотонов (Таганов 2003–2005 [32–35, 70]).

В этой книге часто используется термин «ход времени», который начали применять Пуанкаре, Альберт Эйнштейн (1879–1875) и Минковский еще при разработке специальной теории относительности. Ход физического времени (сек$^{-1}$) определяется как величина $\Delta\tau^{-1}$, обратная по отношению к некоторому выбранному характеристическому интервалу времени $\Delta\tau$. Возрастанию характеристического интервала, как это имеет место в (17), соответствует уменьшение величины хода времени, то есть «замедление хода времени».

Причиной космологического замедления хода физического времени является его необратимость. Направление «стрелы времени» определяется ходом времени. Для обратимого ньютоновского времени направленность хода времени отсутствует: $t + (-t) = 0$. Направленность «стрелы» физического времени: $\tau(t) + \tau(-t) > 0$ определяет объективное отличие «будущего» от «прошлого». В соответствии с (17) отношение интервалов физического и ньютоновского времени линейно уменьшается по мере рассмотрения все более давних эпох: $\tau/t = 1 - Ht$ и наоборот линейно возрастает при прогнозе будущих событий: $\tau/t = 1 + Ht$.

Характерной особенностью пространства-времени с замедляющимся физическим временем является его асимметрия, связанная с необратимостью физического времени. В асимметричном пространстве-времени нельзя достичь инверсии физического времени только инверсией ньютоновского времени: $\tau(-t) \neq -\tau(t)$, и эта асимметрия пространства-времени обусловливает много новых физических явлений.

Наряду с необратимостью характерным онтологическим признаком физического времени является его макроскопическая непрерывность. Для того чтобы учесть в математической модели непрерывность физического времени вполне естественным представляется применение общего уравнения непрерывности, которое эффективно описывает многие физические процессы:

$$\partial\tau/\partial t + div(\bar{V}_\tau \cdot \tau) = 0 \tag{19}$$

В этом уравнении $\bar{V}_\tau$ играет роль вектора «хода времени» в пространстве. При $div(\bar{V}_\tau \cdot \tau) = -(1+Bt)$, уравнение (19) совпадает с (13) и описывает космологическое замедление хода физического времени.

В микромире космологическое замедление физического времени в силу соотношения неопределенностей $\Delta E \cdot \Delta t \geq h/2$ при $\Delta t = \tau - t = H/2 \cdot t^2$ обнаруживается только в процессах с невероятно большими энергиями. Так для типичных интервалов «атомного времени» порядка 10^{-17} сек. при $h = 4.135 \cdot 10^{-17}$ эВ с. и $H = 1.97 \cdot 10^{-18}$ $с^{-1}$ необходимо рассматривать процессы с энергиями порядка $\Delta E \geq h/(Ht^2) \geq 10^{35}$ эВ. Поэтому модель необратимого физического времени в микромире, вероятно, не может быть основана на феномене космологического замедления хода времени.

Любой физический эксперимент и наблюдения природы дают информацию о событиях только для конечных интервалов времени. Так при исследовании механического движения физика может рассматривать только конечные интервалы времени (t_i, t_{i+1}) и наблюдать соответствующие положения движущегося тела для границ этого интервала (r_i, r_{i+1}). Моменты времени и текущие состояния физических процессов внутри конечных интервалов не наблюдаются и поэтому физическим наблюдениям всегда присуща известная степень неопределенности. Эта неопределенность может быть уменьшена, но, как показывает развитие квантовой физики, она всегда будет оставаться конечной.

Для анализа методологических особенностей разработки математических моделей физического времени можно воспользоваться одной из самых общих концепций современной математики – теорией множеств и их мер[3].

Рассмотрим множество состояний физического процесса, например, движение пробного тела (рис. 4), представленное интервалом (r_P, r_F) и разделенное состоянием r на два подмножества $P = (r_P, r)$ и $F = (r, r_F)$. Физические наблюдения не позволяют точно определить границу r этих подмножеств, но могут указать конечный интервал $(r_i, r_{i+1}) = P \bigcap F$, в который включена эта граница $r \subset (r_i, r_{i+1})$ с конечной неопределенностью Δr. Если мы будем рассматривать физическое время τ, как аддитивную меру рассматриваемого множества, то:

$$\tau_{P \cup F} = \tau_P + \tau_F - \tau_{P \cap F} \tag{20}$$

Для того чтобы линеаризовать соотношение (20) следует принять во внимание, что мера множества по определению является действительным числом и может быть представлена произведением двух чисел:

$$\tau = xy \quad \tau_P = x_P y_P \quad \tau_F = x_F y_F \tag{21}$$

[3] Богачев В.И. *Основы теории меры*. 2-е изд., в двух томах. Москва–Ижевск: ИКИ, 2006. Брусиловский Б.Я. *Теория систем и система теорий*. Киев, 1977. Halmos, P. *Measure theory*. Van Nostrand and Co., 1950.

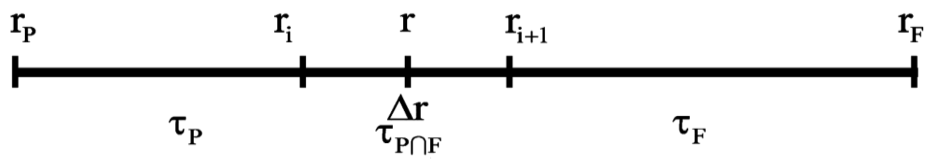


Рис. 4

Для того чтобы сохранить линейность меры следует принять:

$$x_{P\cup F} = x_P + x_F \quad y_{P\cup F} = y_P + y_F \tag{22}$$

Подставив (22) в (20) можно получить с учетом (21) следующее соотношение:

$$\tau_{P\cup F} = x_{P\cup F} y_{P\cup F} = \tau_P + \tau_F + (x_P y_F + x_F y_P) \tag{23}$$

Сравнивая (23) с (20) можно заключить, что сумма в скобках в (23) это мера пересечения рассматриваемых подмножеств:

$$\tau_{P\cap F} = x_P y_F + x_F y_p \tag{24}$$

Точное определение граничного состояния r, разделяющего рассматриваемые подмножества эквивалентно условию $P \bigcap F = \varnothing$ и, соответственно, $\tau_{P\cap F} = 0$. Эти условия для (24) приводят к соотношениям:

$$x_P / x_F = -y_P / y_F = z \quad \tau_P = -\tau_F z^2 \tag{25}$$

Поскольку аддитивная мера это по определению положительное действительное число, то из (25) следует:

$$z = i\sqrt{\tau_P / \tau_F} \tag{26}$$

Таким образом, при создании модели физического времени, как линейной аддитивной меры множества состояний физического процесса, наблюдаемого только с конечной неопределенностью, может потребоваться использование комплексных чисел.

Рассмотрим частный случай, когда в (21) x и y это комплексно сопряженные числа:

$$\tau = x\bar{x} \quad \tau_P = x_P \bar{x}_P \quad \tau_F = x_F \bar{x}_F \tag{27}$$

В этом случае для представления комплексного числа в форме $a = |a| \exp(i\varphi_a)$ первое соотношение в (25) имеет вид:

$$\exp(2i\varphi_P) = -\exp(2i\varphi_F) \tag{28}$$

Это соотношение соответствует дискретному ряду разностей фаз:

$$\varphi_P - \varphi_F = (n + 1/2)\pi \quad n = 0,1,2,... \tag{29}$$

Соотношение (29) определяет счетное множество Q для которого $P \bigcap F = \varnothing;\, \tau_{P \cap F} = 0$ и, соответственно, могут быть определены моменты физического времени как значения линейной аддитивной меры.

Таким образом, использование комплексных чисел в моделях физического времени может приводить к «квантованию» времени. При этом, как было показано Эрвином Маделунгом (1881–1972)[4], линеаризация уравнения непрерывности для физического времени (19) рассмотренным методом приводит к уравнению типа уравнения Шредингера с решениями в форме комплексных аналитических функций.

Астрономические наблюдения, обсуждаемые в этой книге, дают повод считать, что все процессы в нестационарной вселенной развиваются в замедляющемся необратимом времени и именно это время следует использовать в математических моделях и теориях астрофизических процессов. При этом возникает вопрос: как можно убедиться в преимуществах использования модели замедляющегося времени, если астрофизика не располагает методами непосредственного определения по наблюдениям интервалов времени между событиями в истории вселенной?

Общий метод сравнения математических моделей с ньютоновским и необратимым физическим временем использует представление математических моделей физических процессов в форме соотношений вида:

$$F(t; x_i, ...) = 0 \quad \Phi(\tau; x_i, ...) = 0 \tag{30}$$

Для исключения времени из этих математических моделей можно использовать интегрирование по времени или соотношения между какими либо характеристиками физических процессов y_j и временем. Например, в космологии фотометрическое расстояние r_L можно определить по видимой звездной величине и красному смещению в предположении о постоянстве скорости света и тогда: $t = r_L(z;...)/c$ и $\tau = r_L(z;...)/c$. С помощью таких соотношений из (30) можно получить для наблюдаемых характеристик x_i соотношения вида:

$$x_i = f_i(y_j;...) \quad x_i = \varphi_i(y_j;...) \tag{31}$$

Сравнивая эти соотношения с данными наблюдений, можно придти к тому или иному заключению относительно правомерности и полезности использования концепции необратимого физического времени.

[4] Маделунг Э. *Математический аппарат физики*. М., 1961.