

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.В. Измайлов, Б.Н. Пойзнер

**О НАУКЕ, СОБЫТИЯХ
В ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ
СВЕТА, КОЛЕБАНИЙ, ВОЛН,
ОБ ИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЯХ,
А ТАКЖЕ ГЛОССЫ И ЭТИМОНЫ**

Учебное пособие

Под редакцией доктора физико-математических наук
А.В. Войцеховского

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2014

УДК 53(091); 535.3; 535.182; 165.6

ББК 32.97; 87

ИЗ7

Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н.

ИЗ7 О науке, событиях в истории изучения света, колебаний, волн, об их исследователях, а также глоссы и этимоны : учеб. пособие / под ред. А.В. Войцеховского. – Томск : Издательский Дом ТГУ, 2014. – 380 с.

ISBN 978-5-9462-1451-3

В пособии для самостоятельной работы студентов историко-научный материал, требующийся для понимания основных этапов и закономерностей развития теории колебаний и волн, впервые изложен во взаимосвязи с развитием оптики. Другое методическое новшество – предъявление студенту элементов науковедения, нормативных принципов НИР, необходимого набора терминов и понятий, освещение методологических сторон категориального аппарата трёх указанных дисциплин. Исторические сюжеты служат поводом обратиться к рубежным дискуссиям в естествознании XVII–XXI вв., проблемам приоритета, феномену «забытых» открытий и ложных теорий. Новый педагогический приём и средство развития лингвистической компетенции студента – раскрытие этимологии терминов, включая глоссы, а в некоторых случаях – исторических и социокультурных обстоятельств их появления.

Для студентов, изучающих радиофизику, оплотехнику, фотонику и оптоинформатику, радиотехнику, а также молодых преподавателей, руководящих НИПС и (или) ведущих семинары по НИПС. Пособие будет полезно при изучении курса «Введение в специальность» и формировании установок студентов III–VI курсов на научно-исследовательскую деятельность.

УДК 53(091); 535.3; 535.182

ББК 32.97

Рецензенты: д-р техн. наук В.А. Тарлыков

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский государственный университет информационных технологий, механики и оптики);

д-р физ.-мат. наук С.М. Шандаров

(Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники),
канд. физ.-мат. наук С.С. Новиков

(Томский государственный университет)

ISBN 978-5-9462-1451-3

© Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н., 2014

© Томский государственный университет, 2014

Предисловие, в котором авторы пытаются оправдать свою инициативу

«Но как часто правило должно применяться в действительности, чтобы иметь право говорить о правиле?». Насколько часто человек должен складывать, умножать, делить, чтобы можно было сказать, что он овладел техникой этих видов вычисления? И под этим я не подразумеваю: насколько часто он должен был вычислять правильно, чтобы доказать *другим*, что он может вычислять, но чтобы доказать самому себе.

*Л. Витгенштейн (1889–1951),
австрийский философ и логик [1. С. 255]*

Зачем студенту этот текст. Чрезвычайно редко студенты интересуются историей открытия тех законов и явлений, которые им надлежит изучать, чтобы применять, хронологическими привязками событий в истории познания природы и тому подобными материями¹. Вероятно, такая позиция молодого человека объяснима. И даже в чём-то оправданна, если тот рассчитывает, получив вузовский диплом, стать, например, официантом в нарядном ресторане или продавцом-консультантом в роскошном магазине. Эти профессии² и десятки других, столь же нужных в обществе, не требуют слишком многого в интеллектуальном³ развитии личности.

¹ Основа термина «материя» – латинское слово *materia*, которое происходит от существительного *mater* – мать; причина, начало, источник, корень. Для древнего римлянина *materia* имела целый пучок смыслов: вещество, материал, скажем, строевой лес, а также запас и съестные припасы. В переносном значении *materia* – предмет, т.е. вопрос, каким занимается данная наука, по какому ведётся спор; а ещё *materia* – повод. У римлян бытовало выражение: *pro materia* – сообразно с делом. А ещё *materia* – природное дарование, талант [2. С. 381].

² У древних римлян существительное *professio* означало: публичное объявление, в том числе официальное показание своего имени, состояния, звания, а также официально указанное занятие [2. С. 504].

³ Интеллектуальный (от лат. *intellectus* – разумение, понимание, рассудок) – относящийся к устойчивой структуре способностей человека к мышлению, рациональному познанию, творческой духовной деятельности.

Другое дело, если студент более или менее уверенно планирует связать свою будущую карьеру с миром науки и техники. Тогда обращение к их прошлому для студента столь же насущно, как знание истории искусств – для будущего художника или архитектора. Не забудем, что исследователь – личность особая. От неё постоянно требуется самосовершенствование (к чему некогда призывал гениальный Лев Толстой), саморазвитие, *self-development*, как говорят носители English. И – взаимно связанное с этим *самовоздействие*, т.е. регулярные упражнения своей творческой воли. На чём её предстоит упражнять? На решении проблем. А для этого желательно обратиться к опыту своих предшественников в науке и технике, к принципам деятельности в них. И вообще будущему инженеру-исследователю желательно пораньше задуматься над вопросами: что есть наука? А что есть техника? А практика? А теория?

Возможно, читающий эти строки предполагает ограничить своё пребывание в высшей школе лишь четырьмя годами. Всё же, ему предстоит подготовить и защитить перед комиссией свою курсовую работу, а позднее – бакалаврскую. Выполнение их предусматривает знакомство обучаемого с простейшими действиями, относящимися к проведению научных исследований. И ему будет невречно узнать из нашего пособия кое-что об их правилах.

Составляя пособие, мы исходили из сверхзадачи: побудить читателя к саморазвитию, к самореализации в научном и техническом творчестве, предложив ему – в качестве повода – сей разнообразный учебный материал. Отчасти он приготовлен для студента, как говаривали в старину, на *вырост* [З. Стб. 761]. То есть с запасом, с расчётом на его быстрый умственный прогресс в университете. И – на его упорное желание ликвидировать дыры в собственной картине мира. Оценивая а priori⁴ размеры и поверхностную плотность этих дыр, мы не скупимся на подстрочные сноски с разъяснениями и примечаниями: авось пригодятся.

⁴ Априори (лат. а priori – из предшествующего) – до опыта, независимо от опыта; заранее, предварительно.

Мы ставили несколько педагогических задач: во-первых, познакомить студента с некоторыми из примечательных сюжетов, коими изобилует история естествознания (безусловно, эпизодов, заслуживающих быть упомянутыми, неизмеримо больше). Во-вторых, назвать славные имена тех естествоиспытателей, изобретателей, математиков, благодаря чьим творческим достижениям обеспечен прогресс научно-технического знания. В-третьих, дать определения некоторым понятиям, которыми студенту предстоит оперировать при изучении теории колебаний и волн, оптики, отчасти квантовой механики, квантовой радиофизики, синергетики и т.п. В-четвёртых, сфокусировать внимание читателя на терминологии: без усвоения её не достичь ему академических успехов. На эту задачу указывает длинное заглавие пособия: «О науке, событиях в истории изучения света, колебаний, волн, об их исследователях, а также глоссы⁵ и этимоны⁶».

В-пятых, *last but not least*, и в-четвёртых тоже, стимулировать⁷ студента постоянно вдумываться в значение и происхождение слов. Зачем? Чтобы сложилась привычка образованного человека: вникать в глоссы и этимоны. Чем они яснее говорящему либо пишущему, тем выше качество его общения с другими (и с самим собой). Тем рациональнее⁸ его поведение. Тем больше у него преимуществ в споре, в рассуждениях вообще. И тем больше шансов на плодотворное саморазвитие, *self-development*. В-шестых, чуть-

⁵ Глосса (от др.-гр. γλωσσα – язык, говор, наречие, речь [4. Стб. 273]) – перевод либо толкование непонятого слова или выражения.

⁶ Этимон (от др.-гр. – ετιμον – правда, истина, истинно, действительно < ετιμος – истинный, правдивый [4. Стб. 539]) – исходное слово, основа, от которых произошло слово современного языка. Отсюда термин «этимология» (от др.-гр. λογος – слово, понятие, наука). Он означает и раздел языкознания, изучающий происхождение слов, и само объяснение происхождения того или иного слова (выражения). В последнем смысле мы будем часто употреблять его в пособии.

⁷ Стимул (от лат. stimulus – заострённая палочка (которой погоняли животных), стрекало < stimulare – погонять [5. С. 1020]) – побудительное средство.

⁸ Рациональный (от лат. rationalis – разумный < ratio – счёт; (деловое) отношение; способ, приём, план; мышление, разум, разумность,сообразность с законами; принцип, теория, система, учение; мнение, взгляд, рассуждение [2. С. 532–533]) – разумно обоснованный, целесообразный.

чуть помочь с ориентацией в пространстве ценностей⁹. Естественно, при условии, что читатель уже до такой стадии дорос внутренне, в душе: действием извне здесь ничего не добиться.

Не исключено, впрочем, что дочитавший до сего места студент печально вздохнёт и по своей давней привычке ворчливо процитирует на память французского мыслителя XVII столетия: «Большинство книг таково, что, прочитав несколько их строк и просмотрев несколько рисунков, уже знаешь о них всё, так что остальное помещено в этих книгах лишь для того, чтобы заполнить бумагу» [7. С. 573]. О таких обучаемых мы уже много лет мечтаем и тщетно их ждём...

Обращение к коллегам, или *Αυτοαπολογία*. Составляя учебное пособие, авторы стремились дополнить исторический аспект¹⁰ терминологическим, что, вероятно, простительно. А также – спорадически¹¹ – методологическим аспектом, сознавая в этом пункте, что тем самым они... как бы помягче выразиться... прут на рожон. Из опыта общения с коллегами авторы вынесли наблюдение: большинство из них воспринимают разговор в учебном тексте о

⁹ Обычно под ценностью (англ. value) понимают значимость (положительную либо отрицательную) для человека, социальной группы, всего общества определённых объектов окружающего мира. Причём значимость эта определяется не свойствами объектов самими по себе, а их вовлечённостью в сферу жизнедеятельности человека, его интересов, потребностей, социальных отношений. Кроме того, ценностями оказываются критерии и оценки этой значимости. Очевидно, что критерии и оценки выражаются в нравственных нормах, принципах, идеалах, установках, целях. Различают ценности материальные, общественно-политические, духовные. Например, В. Франкл (1905–1997), австрийский психиатр, автор теории логотерапии, философ, выделяет три ведущих ценности, помогающих человеку сделать свою жизнь осмысленной. 1. С помощью того, что он *даёт* жизни в ходе своей творческой работы. 2. Посредством того, что он *берёт* от жизни в процессе переживания тех или иных ценностей. 3. С помощью позиции, занимаемой им по отношению к своей судьбе, которую ему не дано изменить [6. С. 12, 173–174].

¹⁰ Аспект (от лат. aspectus – взгляд, вид) – позиция, с которой рассматривают явление, понятие, объект.

¹¹ Спорадический (от др.-гр. *σποραδικός* < *σποράς* – рассеянный, отдельный, одиночный [4. Стб. 1147]) – непостоянный, случайный, появляющийся иногда, от случая к случаю.

методологии исследования как ненужное, бесполезное мудрствование, затуманивающее студенческую голову. Воспринимая как «философию» в том отрицательном смысле, который открывался практически всем нам – в долгие советские десятилетия – под напором принудительного изучения выжимок из «трудов классиков марксизма-ленинизма». Здесь, пожалуй, можно было бы ещё как-то оправдаться: мол, тогда была промывающая мозги идеологическая дезинфекция в вузе, а мы в пособии никакой политической идеологии не распространяем... Так-то оно так, но в действительности речь идёт далеко не только об отвращении к официальной псевдофилософии, которой вплоть до 1991 г. кормили, как дёмыановой ухой, и студентов, и преподавателей.

По нашему мнению, здесь, во-первых, полезно иметь в виду метафору¹² горизонта познания. Её мы находим у современного палеоботаника, эволюциониста и философа-методолога Ю.В. Чайковского. Он пишет (2007): «горизонт познания похож на географический горизонт: для видения вдаль надо высоко подняться, а при этом не видишь, на чём стоишь. Большинство учёных решают эту проблему просто: всю жизнь “лежат пластом”, глядя на ближайшее, и изредка “встают на четвереньки”, когда пишут обзоры; лишь в конце жизни некоторые из них “встают во весь рост” (оглядывают свою науку) или даже “подымаются на башню”, т.е. описывают своё запоздалое удивление от мира, мало кому интересное. Не интереснее и те, кто всегда “живёт на башне” (методологи), ибо они обычно слабо знают суть того, о чём пишут» [8. С. 131–132].

Сознаемся честно в приступах своей незрячести именно в положении «лёжа пластом». Вероятно, для неё можно искать оправдания в строчках И.В. Гёте (1749–1832): «Что на свете всего труднее? / Видеть своими глазами / То, что лежит перед нами» (цит. по: [9. С. 42]). По поводу (бес)полезности методологии для естествоведника Чайковский приводит суждение коллеги: назначение мето-

¹² Метафора (от др.-гр. *μεταφορα* – перенос) – употребление слова или выражения в переносном значении, основанное на сходстве, сравнении, аналогии, а также слово или выражение, так употреблённое.

логов – не столько научить учёного правильно работать, сколько «показать ему, что он, собственно говоря, делает» [8. С. 190]. Тем более важно, на наш взгляд, пробудить профессиональную рефлексию будущего исследователя (скажем, магистранта), привести её в готовность учиться наблюдать за собственными первыми шагами.

Во-вторых, не стоит игнорировать вывода Ю.В. Чайковского, подкреплённого примерами: учёным мешает или даже не даёт договориться различие их познавательных горизонтов. «Большинство просто не видит того, что меньшинство (а оно-то и движет науку) видит как главную цель познания. Эта массовая слепота – частный случай того, что Имре Лакатош (Лакатос¹³) называл *защитным поясом исследовательской программы*. Задолго до него великий Кант¹⁴ говорил об этой слепоте: “Там, где другие проходят, не заметив препятствия, для меня встают Альпы проблем”» [8. С. 134]. А коли мы надеемся, что какая-то доля студентов в будущем пойдёт – в помощь нам – в науку, то не следует ли пользоваться любым удобным предложением, чтобы рассказать им об особенностях занятий ею? Показательно, что нужду в гуманитарном дополнении к естественнонаучным и базовым инженерным дисциплинам признают члены УМО вузов РФ по образованию в области приборостроения и оптики (заседание 13–16 мая 2013 г., Томский государственный университет), например, А.А. Шехонин, В.А. Тарлыков, В.В. Дёмин.

В-третьих, не поленимся обратиться к этимологии термина «методология»: он есть производное от трёх древнегреческих корней. Ясно, что *λογος* – наука. А *μεθoδος* означает буквально путь (oдoς) вслед за чем-либо, *преследование*; в более широком смысле – способ *исследования*, научное исследование [4. Стб. 788]. Словарь Даля толкует метод как способ, порядок, основания; принятый путь для хода, достижения чего-либо, в виде общих правил [11. Стб. 843]. Слово «метод» переводят и как со-путник, попутчик [12.

¹³ И. Лакатос (1922–1974) – британский философ венгерского происхождения, занимавшийся проблемой адекватного воссоздания эмпирической истории науки и её закономерностей [10. С. 353].

¹⁴ Им. Кант (1724–1804) – родоначальник немецкой классической философии, в частности занимавшийся противоречиями теоретического разума и ролью опыта.

С. 83], производя от предлога $\mu\epsilon\tau\alpha$ – сообща, вместе; в сложных словах означает: соучастие + $\omicron\delta\omicron\varsigma$ – дорога, путь [4. Стб. 800, 864].

Но существенней то, что для древнего грека слово $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$ ¹⁵ непосредственно связывалось, тесно ассоциировалось с родственным ему существительным «методейя», $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\epsilon\iota\alpha$ – коварство, хитрость [4. Стб. 788]. (В речи образованных русских и в нашей литературе XIX – начала XX в. слово «методейя» встречалось не так уж редко. Равным образом, и «метода» – синоним термина «метод».) Здесь возможная параллель с хитростью – охотничьей либо военной – вполне уместна. Недаром один из ведущих физиков современности Б. Грин, работающий в США и прославивший себя результатами в теории суперструн, прибегает к военной лексике, когда итожит: «...наши умы и инструменты охватили грандиозный свод пространства и времени, приблизив нас к пониманию мира, оказавшегося искусным мастером маскировки» [13. С. 35]. Маскировки... К тому же общеизвестно, что научное исследование – предприятие явно *рискованное*. И от неудачи никто не застрахован. Следовательно, знакомство с теми диалогами, что ведут между собой методологи естествознания на рубеже XX–XXI вв., может оказаться полезным будущему магистранту, тем паче – аспиранту.

В-четвёртых, надо непременно принять во внимание двойственность социокультурного типа русского учёного-физика, каким он сложился в конце XIX – начале XX в. Анализ его провёл историк науки Вл.П. Визгин, сопоставив двух лидеров физического сообщества России тех лет: Н.А. Умова (1846–1915) и П.Н. Лебедева (1866–1912). Сравнение двух главных фигур русской физики того времени показало полярность их научного и социокультурного типа, которая «напоминает ситуацию боровской дополнительности». Оказалось, что социокультурный и психологический облик российского учёного существенно амбивалентен¹⁶: он содержит «взаимно исключаю-

¹⁵ Отсюда наше имя Мефодий (от др.-гр. $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\iota\kappa\omicron\varsigma$ – прослеживающий), т.е. порядочный, правильный, основательный – одним словом, методический, извините за каламбур! Упрощённый вариант имени – Нефёд.

¹⁶ Амбивалентный (от лат. *ambi* – кругом, с обеих сторон < *ambo* – оба + *valentia* – сила) – двойственный, отличающийся одновременным проявлением противоположных качеств.

щие особенности» [14. С. 47]. Образно говоря, – пишет Вл.П. Визгин – «Умов» и «Лебедев» являются словно бы базисными векторами в «пространстве типов учёных». Эту «полярность-дополнительность» Визгин представляет графически на рис. 1: десятью пересекающимися прямыми, на которых содержатся «умовские черты» (слева) и противоположные им «лебедевские черты» (справа).

Деятели отечественной науки этого периода тяготеют либо к «умовскому типу», продолжающему линию универсализма, свойственного М.В. Ломоносову (Д.И. Менделеев, О.Д. Хвольсон и др.), либо к «лебедевскому типу» (А.И. Иоффе, Д.С. Рождественский и др.). Либо – а таких большинство – представляют собой их комбинацию (А.Г. Столетов, Б.Б. Голицын, А.А. Эйхенвальд, П.П. Лазарев, С.И. Вавилов, Л.И. Мандельштам, П.Л. Капица и др.). «Лебедевский тип» постепенно становится всё более распространённым (он и сформировался лет на 20 позже «умовского типа»).

По мере включения русской науки в общемировое русло «лебедевские черты» выходят на передний план. Развитие физики в СССР с установкой на крупные коллективы тоже демонстрировало сдвиг в сторону «лебедевского типа»: феномен научной школы, ориентация на научно-исследовательские институты, не входящие в образовательную систему, и т.п. Однако при всём различии описанных типов и Умову, и Лебедеву были присущи общие черты: «исследовательский императив»¹⁷ для обоих был доминантой¹⁸ их жизни, оба высоко ценили фундаментальную, чистую науку¹⁹, счи-

¹⁷ Императив (от лат. imperativus – повелительный) – безусловное требование, имеющее внутреннюю (нравственную) природу.

¹⁸ Доминанта (от лат. dominans (dominantis) – господствующий) – главенствующая идея, основной признак либо важнейшая составная часть чего-либо.

¹⁹ Французский физик и науковед, работавший (1948–1959) в ЮНЕСКО, П.В. Оже (1899–1993; подтвердил квантовую модель фотоэффекта в газах; открыл (1925) автоионизацию возбуждённого атома (эффект Оже)) выявил четыре стадии исследований. 1) «Чистая» наука, т.е. поисковые работы в теоретической фундаментальной форме; 2) целенаправленные фундаментальные (теоретические) исследования в уже разведанном направлении; 3) прикладные исследования, т.е. распространение фундаментальной теории на отдельные научные отрасли, связанные с индустрией, связью, медициной, земледелием и т.п.; 4) разработка, т.е.

тая её важнейшей предпосылкой для развития технических приложений физики». Оба вполне позитивно отнеслись к тем революционным свершениям, какие вызвало рождение теории относительности и квантовой концепции [14. С. 47–48].



Рис. 1. Характерные черты типов учёных на примере Н.А. Умова и П.Н. Лебедева [14. С. 49]

Поэтому подозрительное отношение к «философии», включая осознание стратегии исследования, вполне традиционно для отечественной (и не только) физики. Однако этим отношением наша (как и мировая) естественно-научная традиция отнюдь не исчерпывается. Выражением внимания к гуманитарной составляющей деятельности физика служат относительно немногочисленные, но яркие и содержательные произведения. Достижением в формировании такого синтетического жанра справедливо считать оригинальные книги профессора Саратовского университета Д.И. Трубецкого [15, 16].

практическое (обычно технологическое) воплощение научных идей посредством использования результатов прикладных исследований. Финансирование четырёх групп исследований распределено приблизительно так: 0,9% – 2,7% – 5,5% – 90,9%. По оценкам Бр. Латура (1980-е), на стадии 3 и 4 уходит до 90% всех средств.

Удачным вариантом классической научно-популярной литературы служит «Занимательное волноведение» Г. Претора-Пинни [17].

Имеется ли в новейшей российской истории науки пример «встречного» движения, т.е. прихода с территории гуманитариев во владения естествознания и математики? Да, но это практически единственный, хотя плодотворнейший случай: цикл исследований Г.Д. Гачева (1929–2008), отечественного философа культуры и историка естествознания. Существо основополагающих понятий физики он толкует исходя из особенностей содержания национального Космо-Психо-Логоса²⁰ [18–22]. На перечисленные выше работы мы ориентировались в своих усилиях.

Разумеется, ответственность за все недостатки первого опыта авторов в подготовке такого пособия лежит только на них самих. Будем надеяться, что *experientia docet*. Но допущенные нами ошибки и промахи не должны дискредитировать тенденцию гуманитаризации физико-математического образования. На старте XXI в. о ней говорят как о резерве развития естествознания [23–26]. Одно из слагаемых этого резерва – так называемое сложносистемное мышление [27–29].

Мы искренне благодарим за моральную поддержку наших первых читателей: С.С. Новикова, В.А. Тарлыкова, С.М. Шандарова.

Мы признательны К.Г. Шилько, открывшей двери Издательского Дома ТГУ для нашей книги. Творческое сотрудничество её коллег А.В. Воробьёвой, Л.Д. Кривцовой, А.И. Лелююр, К.В. Полькиной сделало из кипы листов с текстом издание *lege artis*.

Авторы будут глубоко признательны за критику и рекомендации по улучшению их текста (адрес на этот случай: pznr@elefot.tsu.ru, Б.Н. Пойзнеру).

²⁰ В данном контексте неологизм Г.Д. Гачева «Космо-Психо-Логос» описывает трёхмерное смысловое пространство, чьи «оси» обозначены древнегреческими корнями: *κοσμος* – мир, *ψυχη* – душа, *λογος* – мысль. Заметим, что известный даже школьникам этимон термина «физика», т.е. *φυσικς* (природа), связан с глаголом *φωο* – рождать, производить, произрощать, творить, делать; вырастать, расти. От него происходит и слово *φυτον* – насаждённое, растение; творение [4. Стб. 1331–1332]. По мнению лингвистов, это указывает на то, что греки относили к *φυσις* растительный способ существования.

Глава 1. О науке вообще и сегодня, а также о некоторых признаках научности

Начнём с небольшой коллекции эпитафий, которые относятся к предмету пособия.

Vita brevis, ars vero longa, occasio autem praecipua, experientia fallax, iudicium difficile

(Жизнь коротка, наука обширна, случай шаток, опыт обманчив, суждение затруднительно).

Гиппократ (ок. 460 – ок. 370 до н. э.), древнегреческий реформатор медицины, мыслитель

Vivere est cogitare (Жить – значит мыслить).

Цицерон (106–43 до н. э.), римский политический деятель, оратор, писатель

Naturam aquam cribro, qui discere vult sine libro

(Кто хочет учиться без книг, тот решетою воду черпает).

Латинская пословица.

Стремление к познанию естественно для людей.

Леонардо да Винчи (цит. по: [30. С. 267])

Испытание природы трудно, слушатели, однако приятно, полезно, свято.

М.В. Ломоносов (1711–1765), русский учёный и литератор [31. С. 294]

Не всё сущее делится на разум без остатка. <...> Высшим было бы понять, что всё фактическое уже есть теория.

Й.В. Гёте (1749–1832), немецкий литератор, драматург, естествоиспытатель

...История наук даёт лучший и наиболее надёжный материал, на котором могут быть изучены закономерности в развитии человечества.

В. Оствальд (1853–1932), немецкий физикохимик и философ (цит. по: [32. С. 291])

...поучительно следить за изменчивыми судьбами научных теорий. Они более интересны, чем изменчивые судьбы людей, ибо каждая из них включает что-то бессмертное, хотя бы частицу вечной истины.

М. Смолуховский (1872–1917), польский физик (цит. по: [33. С. 9])

Нет ничего более ценного в мире и ничего требующего большего бережения и уважения, как свободная человеческая личность!

В.И. Вернадский (1863–1945), отечественный натуралист, мыслитель, науковед [34. С. 9]

Мне кажется, изучая открытия в области науки, делаемые *независимо* разными людьми при разной обстановке, возможно глубже проникнуть в законы *развития сознания* в мире.

В.И. Вернадский (из письма жене) [34. С. 66]

Как и искусство, наука не есть просто культурное занятие человека. Наука – способ, притом решающий, каким для нас предстаёт всё, что есть. <...> Наука есть теория действительного.

М. Хайдеггер (1889–1976), германский философ [35. С. 239]

Познавая законы природы, мы должны научиться видеть не столько старое в новом, сколько новое в старом.

Я.И. Френкель (1894–1952), отечественный физик (цит. по: [33. С. 140])

Жизнь – требование от бытия смысла и красоты.

А.А. Ухтомский (1875–1942), русский физиолог и психолог (цит. по: [36. С. 231])

Наши классики – это пороховой погреб, который ещё не взорвался.

О.Э. Мандельштам (1891–1938), русский поэт (цит. по: [36. С. 230]).

In science truth always wins.

*М.Ф. Перуц (1914–2002), английский биофизик и генетик
[37. С. 432]*

Наука, в диалектическом противостоянии логического алогическому, моделирует скорее природу самого человека, чем природу описываемого им мира. Отсюда изучение природы самой науки – это, прежде всего, путь к пониманию человека.

В.В. Налимов (1910–1997), отечественный учёный-энциклопедист [25. С. 14]

Я хотел того, что описал Фейнман: понять Вселенную на всех возможных уровнях.

Б. Грин, современный американский физик-теоретик [13. С. 34]

Ценность истории в её самосохранности.

Д.И. Трубецков, отечественный радиофизик и историк науки [16. С. 280]

Реальность и науки. Наука, как известно, изучает воспринимаемую человеком объективную реальность²¹. «Все науки имеют дело с реальностью, – обобщает философ. – Только вот реальность может быть разной» [38. С. 7]. Поэтому часто говорят о реально-

²¹ Объективная реальность – всё, что существует в действительности, материальный мир во всём его многообразии. Объективный (от лат. *objectivus* – предметный) – существующий вне и независимо от сознания, в противоположность *субъективному*, т.е. свойственному лишь данному лицу, субъекту. В латинском языке существительное *objectus* означает: противопоставление, противоположение; так говорят о местности, лежащей перед наблюдателем [2. С. 422]. Иначе говоря, *objectum* – буквально: брошенное перед, предлежащее, или предмет. Реальностью (от позднелат. *realis* – вещественный) называют действительность, т.е. то, что воздействует на наши органы чувств. Но реальность воспринимается каждым субъективно: несколько односторонне или даже предвзято. Глагол *subiectere* (содержащий приставку *sub* – под + *iacio* (*iasto*) – бросать) означает: подчинять; ставить вместо чего-либо; научать. Прилагательное *subiectum* среди своих значений имеет: подлежащий, находящийся под; граничащий; подчинённый [2. С. 346, 615–616]. Здесь можно усмотреть намёк на нашу познавательную стратегию: *ставить* (некий объект β , т.е. модель) *вместо чего-либо* (объекта α реальности).

сти во множественном числе. Различают несколько реальностей: физическую и тесно с ней связанную техническую, а также биологическую, социальную, благодаря которой возникла техническая реальность, и знаковую (или информационную, по терминологии Б.И. Кудрина) [39. С. 148–149; 40. С. 7] (рис. 2).

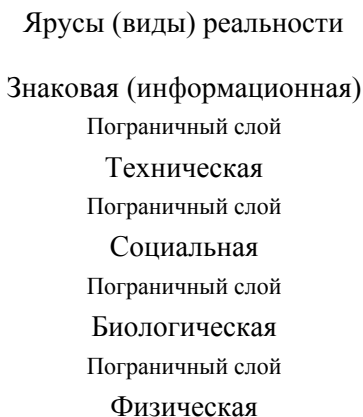


Рис. 2. Пирамида воспринимаемых человеком объективных реальностей, отражающая идею единства Природы. Деление на ярусы имеет модельный характер, т.е. между ними существует «пограничный слой» с двойственными свойствами. Полноценное понимание мира невозможно без обращения к социальной и знаковой реальностям

Отличается ли принципиально физическая, техническая, биологическая реальность от социальной? И насколько реальна социальная реальность? По мнению многих гуманитариев, социальная реальность для воспринимающего её человека обычно воплощается в материально-вещественных объектах, обеспечивающих коллективное сосуществование людей (помещения, технологии, транспорт, заповедники и т.п.). Но она **не** включает их в себя, а представляет собой особую систему правил (писаных и неписаных норм, традиций, запретов и т.п.) взаимодействий между людьми, а также действий с материально-вещественными

объектами. Социальная реальность отличается гораздо большей степенью свободы, неопределённости и изменчивости, чем реальность природная. Это всегда область выбора человечества между различными альтернативами развития. Тем не менее социальная реальность включена в универсальный природный порядок, характерный для нашей планеты. Она столь же реальна, как и другие виды реальности.

В отличие от них социальная реальность – во многом невидимый, мысленно вычлняемый нами мир. Она – подобно нервной системе в организме – пронизывает реально осязаемый мир и улавливается мысленно как сеть (взаимо)отношений.

В этом контексте²² современный отечественный философ Ф.И. Гиренок выдвигает такое соображение: «В мире есть то, что держится сцеплениями причин и следствий». Ясно, что именно этим исчерпываются физическая, техническая и (почти полностью) биологическая реальность. «Но есть вещи, которые существуют, если мы хотим, чтобы они были. А что-то хотеть – значит воздействовать на себя самого. То есть есть вещи, которые удерживаются силой этого воздействия. Вот, например, свобода. Конечно же, она существует. Но ведь мы понимаем, что она существует не так, как существуют деревья». Свобода относится к тем явлениям, которые «держатся не сцеплениями причин, а усилием воли. Сами эти вещи получают произвольной проекцией²³ наших грёз²⁴ и иллюзий²⁵ на окружающую нас материю» [38. С. 7].

²² Контекст (от лат. contextus – тесная связь, соединение < con – со + textum – ткань; связь [2. С. 646]) есть законченный в смысловом отношении отрывок письменной либо устной речи; причём его содержание достаточно для понимания отдельных фраз, слов отрывка. В познавательной деятельности контекст – «рамка», frame, куда помещают получаемые знания. Методологи, в частности Э. Морен, разъясняют: контекст диктует условия включения новых знаний в целостную структуру научного знания и задаёт границы их истинности.

²³ Проекция (от лат. projectio – бросание вперёд) – изображение предмета на плоскости; приписывание какому-либо явлению определённых свойств, исходя из некоторых идей наблюдателя над этим явлением.

Разумеется, членение единой реальности на виды имеет модельный²⁶, условный характер: ярусы между собой объединяют «пограничные слои», отличающиеся двойственностью свойств. Очевидно, что в процессах нашего мышления и поведения проявляется и биологическая, и социальная основа их. Знания же человека относятся к социальной и знаковой реальностям. Причём знания о физической, технической и биологической реальностях образуют костяк естественно-научной составляющей осведомлённости человека, а базу гуманитарной²⁷ (или, как иногда говорят, научно-социальной) составляющей – представления о социальной и знаковой реальностях.

Хотя схема воспринимаемых человеком объективных реальностей на рис. 2 весьма проста, она позволяет, фигурально выражаясь, строить модель и самого человека. Исстари мыслители и вероучители у различных народов, не сговариваясь, предлагали квалифицировать людей по их отношению к миру. Применительно к схеме на рис. 2 это значит, что принципиальными оказываются минимум четыре взаимно влияющих отношения. Первое – к физической, биологической, технической реальностям, «внутри» сплетения которых живёт каждый из нас. Второе – к социальной реальности, т.е. к тем или иным сообществам: от друга и семьи до населения страны

²⁴ Грёза (вероятно, от церковнославянского *грѣза* – смешение [41. С. 455]) – мечта, создание воображения; (сно)видение, видение в состоянии бреда.

²⁵ Иллюзия (от лат. *illusio* – осмеивание, ирония < глагол *illudo* – играть чем-либо, забавляться; обманывать, дурачить [2. С. 292]) – обман чувств, нечто кажущееся, не соответствующее реальности, искажённое восприятие её; несбыточная надежда, мечта.

²⁶ Модель (от фр. *modèle* < ит. *modello* < лат. *modulus* – мера, образец) в научном исследовании – схема, изображение, описание предмета, явления, процесса в природе, технике, обществе, изучаемые как их аналог (от др.-гр. *ἀναλογος* – соразмерный, соответственный), т.е. как соответствие, подобие, сходство. Аналогия есть способ выводов, при которых обнаруживается подобие между несколькими заданными объектами. Благодаря переносу – по аналогии – фактов и знаний, справедливых для известных объектов, на совсем другие объекты определяется способ решения задач либо предсказываются новые факты и знания [42. С. 262].

²⁷ Гуманитарный (от лат. *humanitas* – человеческая природа; образованность; духовная культура) – относящийся к человеку и его культуре; обращённый к человеческой личности, к правам и интересам человека.

либо даже всей «планеты людей» (понятие, введённое А. де Сент-Экзюпери (1900–1944), французским писателем). Третье – к знаковой реальности, посредством которой материализованы плоды культуры²⁸, сохраняется многообразный (и не всегда совместимый по содержанию) опыт человечества, а также идёт его эволюция в науке, технике, литературе, искусстве, образовании etc. Четвёртое – к самому себе персонально, причём отношение это тоже взаимосвязано с остальными тремя. В результате человек представим «точкой» в четырёхмерном пространстве отношений к бытию.

Каждый вид реальности изменчив и живёт по определённым законам. Так, знания изменчивы: они не только накапливаются, но и постоянно обновляются за счёт уточнения, за счёт «списывания в архив» науки не оправдавших себя представлений о действительности. Поскольку наши знания имеют отношение к познанию действительности, то иногда – ради краткости – именем той или иной исследовательской модели, имеющей свои границы применимости, называют какой-то вид реальности. Вот, скажем, Б. Грин в своём капитальном труде «Ткань космоса» (2004), в первой главе «Пути к реальности», даёт общий взгляд на физический мир. Грин перечисляет – в порядке появления – (*модели*) реальности: классическая, релятивистская, квантовая, космологическая; а последняя у него *объединённая* реальность. Последняя есть модель, ориентированная на интеграцию общей теории относительности с квантовой механикой, достижение которой обещает теория суперструн [13. С. 21–35]. Обратим внимание, что в этой теории центральным понятием оказывается именно *колебание* некоторой субстанции²⁹, названной суперструной³⁰.

²⁸ В максимально сжатом определении культура есть система способов жизнедеятельности людей. Общее число всевозможных определений культуры составляет несколько сотен. Например, Декларация о мировой культуре ЮНЕСКО толкует её как весь комплекс наиболее ярких духовных, материальных, интеллектуальных и эмоциональных черт, характеризующих общество или социальную группу. Культура включает в себя искусство, литературу, образ жизни, основные права человека, систему ценностей, традиции и мировоззрение.

²⁹ Субстанция (от лат. *substantia* – сущность; то, что положено в основу) – носитель некоторого явления; материя в единстве всех форм её движения; вещество; содержание, неизменная сущность вещей или явлений.

Грин разъясняет, что теория суперструн не отрицает ключевую роль электронов, кварков и других элементарных частиц. Но она утверждает, что любая из частиц не является точкой, а представляет собой мельчайшую ниточку, или струну, размер которой приблизительно в 10^{20} раз меньше габаритов атомного ядра. Поэтому сегодня нет возможностей изучать суперструны экспериментально. Нити в теории суперструн отличаются своими колебаниями, которые соответствуют различным характеристикам элементарных частиц. Суперструне, вибрирующей одним образом, соответствуют, допустим, масса и заряд электрона, а струне с иными колебаниями – свойства, отвечающие нейтрину etc.³¹ Следовательно, «в теории суперструн объединяются все виды элементарных частиц, каждая из которых представляет одну из вибрационных мод³² одной и той же сущности». В итоге «теория суперструн вышла первым кандидатом на единую теорию, о которой грезил³³ Эйнштейн»³⁴ [13. С. 31].

Бесспорно, исследовать, постигать объективную реальность в разнообразии и полноте её несоизмеримых свойств чрезвычайно

³⁰ Приставка «супер-» (от лат. super – сверх, на) обозначает: главный; высшего качества, свойства; расположенный сверху, над чем-либо. Здесь термин «суперструна» подразумевает наиглавнейшую «струну».

³¹ Etc. – сокращение от лат. et caetera, et cetera – и прочее, и так далее (произносится: «эт цэтэра»).

³² Мода (от лат. modus – мера, образ, способ, правило) – вид (или тип) колебаний, возбуждающихся в телах и других колебательных системах. В общем случае вид колебаний зависит от конфигурации системы, он характеризуется строением пространственного распределения и собственной частотой [43. С. 95].

³³ Грезить (от грёза) – мечтать, создавать в своём воображении.

³⁴ Далее Б. Грин пишет: «предлагаемое теорией суперструн объединение общей теории относительности и квантовой механики осуществимо только в том случае, если мы согласимся на ещё один переворот в наших представлениях о пространстве и времени. Вместо привычных нам трёх пространственных и одного временного измерения теория суперструн требует девяти пространственных и одного временного измерения». А в так называемой *М-теории* обсуждается «космический субстрат, состоящий из одиннадцати пространственно-временных измерений» [13. С. 31–32]. Здесь «субстрат» (от лат. substratum – подстилка, подкладка < substruo – подводить основание [2. С. 619]) – материальная основа, носитель процессов и явлений.

сложно. Здесь требуются так называемые *междисциплинарные*³⁵ системы³⁶ знания. Отличительная черта их – объединение дисциплин ради создания новых методов для работы с особыми объектами. Таковы космические исследования, науковедение, комплексная разработка нано- и биотехнологий etc. [45. С. 32–47, 186–189]. В составе междисциплинарной системы различают инициатора междисциплинарного взаимодействия («целеполагающая дисциплина») и его материал («ресурсная дисциплина») [46. С. 65]. Так, при изучении гипотетического «вычислителя» (арифметико-логического устройства) внутри нейрона [45. С. 181–186; 47. С. 162–183] «целеполагающей» дисциплиной служит квантовая механика, позволяющая формулировать постановку задачи и строить математические модели. А «ресурсными» дисциплинами служат цитология³⁷ и химия биополимеров³⁸ [48]. Междисциплинарное взаимодействие нацелено на создание картины сложного фрагмента реальности – вспомним рис. 2. Картина эта даёт смысловое толкование фактов в каждой отдельной «ресурсной» дисциплине и этим способствует их сближению. Типами междисциплинарности считаются: критика, заимствование, синтез [46. С. 65]. В междисциплинарных исследованиях «предполагается, что главное – это горизонтальные

³⁵ Дисциплинарный – относящийся к определённой дисциплине (от лат. *disciplina* – обучение, учение; наука, искусство; порядок; приобретённые учением принципы, правила, приёмы < *discipulus* – ученик [2. С. 195]), т.е. к самостоятельной отрасли какой-либо науки.

³⁶ Термин «система» происходит от древнегреческого *συστημα* – составленное из многих частей, соединённое в одно целое [4. Стб. 1215]. В истории европейской мысли идею системы – применительно к миру и организму – приписывают древнегреческому мыслителю Зенону из Китиона (между 336 и 332 – между 264 и 262 гг. до н. э.). Его последователи трактовали систему как всеобщий порядок мироздания, космоса. Системное мировоззрение сыграло и продолжает играть чрезвычайно плодотворную роль в науке [44].

³⁷ Цитология (от др.-гр. *κυτος* – клетка + *λογος* – наука) – наука о строении, химическом составе, функциях, индивидуальном и историческом развитии растительных и животных клеток.

³⁸ Полимеры (от др.-гр. *πολυμερεια* – многообразие) – высокомолекулярные соединения, состоящие из повторяющихся групп атомов.

связи, знание метода и переносы метода из одной науки в другую» [49. С. 12] (в рассмотренном примере – из квантовой механики в цитологию и химию биополимеров). Междисциплинарность продуктивно также рассматривать, выделяя два основных вида профессионального общения учёных: производство и потребление знания.

Известно, что «термин “междисциплинарность” часто употребляется как обозначение специфики³⁹ синергетики» [46. С. 65–66]. Для *синергетики*⁴⁰ характерна установка на выявление и изучение наиболее общих закономерностей, действующих на всех ярусах объективной реальности (рис. 2). Упрощая, можно сказать, что синергетику интересуют в первую очередь условия, параметры, модели переходов в нелинейных системах от беспорядка (или, как обычно говорят, хаоса) к упорядоченному движению, а также условия обратных переходов, т.е. от порядка, от структуры к хаосу, к бесструктурности. Процесс и результат возникновения порядка, т.е. чётких форм, из хаоса, из бесформенности часто называют самоорганизацией⁴¹. Соответственно, синергетику нередко определяют как науку о самоорганизации и хаотизации, а также именуют наукой о хаосе [50. С. 7–20; 51], нелинейной наукой (Nonlinear Science) [12], нелинейной динамикой [52], наукой о сложности (Science on Complexity) [27, 47, 53, 54]. По мнению отечественного математика Г.Г. Малинецкого (известного и естественникам, и гуманитариям трудами по современным методам синергетики), нынче сверхзадача состоит в создании це-

³⁹ Специфика (от лат. *specificus* – видоопределяющий, видовой) – то, что свойственно исключительно данному объекту или явлению; своеобразие, отличительная особенность.

⁴⁰ От др.-гр. *συνεργία* – содействие, соучастие, сотрудничество, содружество < *εργασία* – работа, труд, деятельность, действие [4. Стб. 524, 1200]. Синергия – взаимодействие различных видов энергии и потенциалов в едином действии, скажем, при повышенной реакции организма на совокупный приём двух или более лекарств.

⁴¹ Организация (от лат. *organizo* – придаю стройный вид, устраиваю) – строение, устройство чего-либо. Для термина «самоорганизация» философ В.В. Библин (1938–2004) находит яркий синоним: самоустройство.

лостной⁴² научной картины мира – осознании единства научного знания и очерчивании междисциплинарных проблем, которые нужно решать [24; 55. С. 6].

На волнах науки. Насколько важно существование и развитие науки? Об исключительной роли её свидетельствует предложение рассматривать человеческую мысль как планетарное явление, как некую «оболочку» Земли, управляемую разумом. Эта концепция связана прежде всего с именем В.И. Вернадского (1863–1945), одного из корифеев⁴³ русского естествознания, мыслителя, знатока истории науки [56. С. 226–233; 57]. В XIX и XX вв. для характеристики этой области и эпохи проявления творческого присутствия людей выдвигались идеи цефализации⁴⁴, психозойской эры⁴⁵, антропогенной эры⁴⁶, пневмосферы⁴⁷, ноосферы⁴⁸, антропосферы⁴⁹,

⁴² Целостный – представляющий собой внутреннее единство, воспринимающийся как единое целое; цельный, единый (целость – внутреннее единство, связанность всех частей чего-либо).

⁴³ Корифей (от др.-гр. κορυφαίος – вождь, предводитель) – выдающийся деятель на каком-либо поприще.

⁴⁴ Цефализация (от др.-гр. κεφαλή – голова) – рост количества и функциональных возможностей головного мозга у живых существ; термин американского геолога и биолога Дж. Даны (1813–1895), установившего (1851, 1856) эту закономерность. Русский биолог А.Н. Северцов (1866–1936) изучал цефализацию как проявление эволюции формы и строения животных, в частности в работе «Эволюция и психика» (1922).

⁴⁵ Психозойская эра (от др.-гр. ψυχή – душа + ζωή – жизнь; от лат. aere – момент, от которого ведётся летоисчисление; крупный исторический период) – неологизм американского учёного Д. Ле-Конта (1823–1901).

⁴⁶ Антропогенный (от др.-гр. ανθρωπος – человек + γένος – рождение, род) – связанный с человеком, происходящий от человека; антропоген – современный (четвертичный) период в геологической истории Земли. Термины «антропогенная эра», «антропосфера» использовал русский философ А.П. Павлов (1854–1929).

⁴⁷ Пневмосфера (от др.-гр. πνευματικός – дыхательный; одушевлённый; позднее – духовный < πνεύμα – дыхание, дуновение, ветер; позднее – дух, жизнь [4. Стб. 1015]) – термин отечественного мыслителя П.А. Флоренского (1882–1937). В интерпретации его комментатора пневмосфера – «одухотворённая вселенная, которая во всех сферах, связанных и не связанных с человеком, от микромира и до мегамира, строится на энергийных символах и несёт духовное содержание, слитое энергийно с материальным. <...> В пневмосфере... все про-

техносферы⁵⁰ [56. С. 226]. Надо сказать, что физико-математическая подготовка с её установкой на анализ, синтез, модельное и проектное мышление оказывается продуктивной предпосылкой для освоения студентами гуманитарной составляющей. Это даёт студенту *modus operandi*⁵¹ для изучения и конструктивного участия в исследовании и преобразовании всех ярусов реальности (в будущем), а также для саморазвития, *self-development* (уже в настоящем) [60. С. 19–441]. Поэтому студенту не следует робеть перед гуманитарным знанием: его следует усваивать, тщательно вникая в содержание соответствующих терминов.

Науку сегодня понимают как сложную и разнородную систему. Наука, научное знание есть основное и значимое для людей выражение интеллектуального начала в культуре⁵² современного обще-

цессы... суть передачи смысла (смыслов), или, в современных терминах, *процессы передачи информации*» [58. С. 542–543].

⁴⁸ Ноосфера (от др.-гр. νοος – ум, разум, мысль + σφαῖρα – мяч, шар), т.е. сфера разума на Земле, – термин (1927) французского математика и философа Э. Леруа (1870–1954) [59. С. 100]. Им оперировал его соотечественник палеонтолог и философ П. Тейяр де Шарден (1881–1955). Учение о ноосфере как результате человеческой деятельности с начала 1920-х гг. разрабатывал В.И. Вернадский.

⁴⁹ Антропосфера (от др.-гр. ἀνθρωπος – человек) – термин, введённый (1902) нашими соотечественниками: географом, этнографом, антропологом Д.Н. Анучиным (1843–1923) и, возможно, независимо философом Н.О. Лосским (1870–1965), – и призванный выразить масштабность присутствия людей на планете.

⁵⁰ Техносфера (от др.-гр. τεχνη – искусство, ремесло, мастерство, наука [4. Стб. 1240]) – термин отечественного геохимика и минералога А.Е. Ферсмана, означающий область всего, что создал человек.

⁵¹ Образ действия (лат.).

⁵² В самом широком смысле культура – система исторически развивающихся надбиологических программ человеческой жизнедеятельности, поведения, общения (знаний, навыков, норм, идеалов, образцов, верований, ценностных ориентаций и т.п.). Эти программы есть условие воспроизводства и изменения социальной жизни [10. С. 344]. Этимология слова «культура» символична тем, что связана с техникой. Cultura – возделывание, обрабатывание, уход; земледелие; воспитание, образование, развитие, благообразие. Отсюда прилагательное cultus – возделанный, обработанный, культивированный; украшенный, нарядный, изящный, утончённый. Существительное cultus значит то же, что и cultura, а также: обстановка, убранство, одежда, гардероб, туалет; почитание (божества), поклоне-

ства. «От науки в другие сферы сознания и культуры идут “волны” в виде научных знаний, научного стиля мышления, научных методов», – считает социолог науки В.Ж. Келле (1920–2010). Очевидно, что духовность не исключает знаний, рациональности⁵³, интеллекта. «Истина тоже есть ценность», – пишет Келле. «Прогресс знания оказывает огромное влияние на духовную сферу, ибо решение многих смысложизненных проблем зависит от того уровня и объёма знаний, которым обладает данная эпоха». Между духовностью и интеллектуальным началом есть отличия. Динамика духовной сферы имеет мало общего с прогрессом познания. В последнем всегда остаются мировые загадки, например, происхождение жизни на Земле. Но развитие науки и техники идёт за счёт постановки и решения всё новых проблем. «В области духа, напротив, преобладают вечные проблемы, меняются лишь их интерпретации, и новое далеко не всегда устраняет прежнее». Осознание великой роли науки в обществе, признание ценности научного знания и интеллектуальной деятельности является «нормальной идеологией научного сообщества, для которого престиж⁵⁴ науки имеет стимулирующее значение» [64. С. 10–11]. Будущему исследователю это следует помнить.

ние; почитание (человека), угождение [2. С. 157]. *Cultura* происходит от латинского глагола *colo, colere*, имевшего в эпоху Древнего Рима три группы смыслов: обрабатывать, возделывать; взращивать; обитать, населять (последнее через латинское *colonus* превратилось в слово «колония»). А глагол *colere* восходит к индоевропейскому **kuel* – двигаться, вращаться. От корня **kuel* происходит старославянское «коло», т.е. колесо, круг, горизонт, и древнерусское «коло» с теми же значениями (во множественном числе – колёса); отсюда коляска, двуколка, колея, околоток и др. [61. С. 289–290; 62. С. 29].

⁵³ Рациональность – деятельность в рамках принятой системы познавательных и ценностных предпосылок. Она регулируется определёнными нормами и правилами, которые тоже считаются принятыми. Но рациональность предполагает также рефлексию познавательных и ценностных предпосылок и пересмотр их. Для этого требуется выйти за пределы этих предпосылок. Выход становится возможным в условиях критического диалога с носителями иных познавательных и ценностных представлений [63. С. 31–33].

⁵⁴ Престиж (от фр. *prestige* – авторитет) – влияние, уважение, которым пользуется кто-то.

Было бы заблуждением думать, что вся история научной мысли представляет собой лишь один триумфальный⁵⁵ подъём. Нет, периоды успеха неоднократно сменялись периодами застоя. В.И. Вернадский⁵⁶ прямо указывает на этот факт: «Происходит и регресс⁵⁷ научного знания, в более или менее ясной форме постоянно наблюдавшийся и наблюдающийся в крупном и мелком в истории научного мышления. Так сменилось представление о шаровой форме Земли представлением о плоском земном острове, многие века царившим в византийской науке и одно время явившимся частью господствующего научного мировоззрения» [34. С. 61].

Вернадский призывает понимать, что причины временного упадка науки «...связаны с изменением психологии народа и общества, с изменением духовного интереса личности, с ослаблением того усилия, той воли, которая поддерживает научное мышление и научное искание, как поддерживает она *всё* в жизни человечества!». Потому-то столь важно изучение многочисленных и разнообразных исторических фактов: именно оно «может выявить причины и условия, при которых происходит регрессивная переработка научного мышления и научного мировоззрения в его целом или в его частях» [34. С. 64].

Примечательно, что на волновое движение научной мысли обращает внимание и другой наблюдатель за нею. Г.Д. Гачев, сравнивая, как понимали учёные смысл мирового пространства в XVII и XX вв., заключает: «Физика тоже дышит: волны сгущения-разрежения прокатываются по её предмету, по представляемой ею Вселенной» [19. С. 32].

⁵⁵ Триумф (от лат. triumphus – победное шествие, торжественный въезд в Рим, предоставляемый сенатом полководцу и его солдатам за важную победу; торжество, победа [2. С. 661]) – блестящий успех.

⁵⁶ В росте научного знания Вернадский видит «решающий фактор прогресса человеческой цивилизации... способ преобразования биосферы в ноосферу» [56. С. 226], т.е. в сферу господства разума.

⁵⁷ Регресс (от лат. regressus – возвращение) – упадок в развитии чего-либо, движение назад (антоним прогресса).

Интерес к науке. Давно признано: занятия наукой, изучающей природу, – среди множества других человеческих занятий и увлечений – выделяются не только высотой побуждений к этой деятельности. Исследовательская работа – исключительно *интересное*⁵⁸, захватывающее дело. Вот два симптоматичных примера. В США с 1983 г. существует Институт сложности в Санта-Фе (SFI) [66. С. 160–163]. В нём представители многих наук о природе, человеке и обществе исследуют явление хаососложности⁵⁹. Сотрудники SFI часто используют слово «интересный» в качестве синонима слова «сложный» [68. С. 319]. Американский физик Ф. Дж. Дайсон (р. 1923), один из создателей современной квантовой электродинамики и автор проектов, нацеленных на поиск следов астроинженерной деятельности внеземных цивилизаций⁶⁰ [69. С. 96–97], связывает природу интересного с вечной борьбой против обстоятельств, навязываемых нам жизнью. Дайсон провозглашает: «Законы природы и начальные условия таковы, чтобы сделать Вселенную настолько интересной, насколько возможно. В результате жизнь возможна, но не очень легка. Всегда, когда

⁵⁸ Русское слово «интерес» впервые встречается у Петра I (1703). Возможно, оно пришло к нам через польское *interes* или немецкое *Interesse* из средневекового латинского *interesse* – иметь важное значение. Корни *interesse*: *inter* – между, среди (как обозначение различия) + *esse* – существовать [61. С. 136]. Студенту полезно помнить, что в языке древних римлян «интерес» – *studium* (влечение, стремление, рвение, в том числе стремление к научным познаниям; отсюда «студент» – *student* (*studentis*), т.е. усердно работающий, занимающийся), а «мой интерес» (как выгода) – *meae rationes* [2. С. 332, 533, 612; 65, С. 97, 318]. Поэтому, например, в английском языке *interest* – выгода, польза; проценты (на капитал); *interests* – капиталовложения.

⁵⁹ Междисциплинарную науку о сложности [67] часто называют громоздким неологизмом «хаососложность», а также *Science on Complexity*, *Theory of Chaoplexity* и т.п. Она изучает причины хаотических, т.е. чрезвычайно запутанных, трудно предсказуемых по траектории развития, движений. В её рабочий арсенал входят представления теории колебаний и волн.

⁶⁰ Цивилизация (от лат. *civilis* – гражданский) – уровень общественного развития, материальной и духовной культуры; современная мировая культура; в культурно-исторической периодизации (принятой в науке XVIII–XIX вв.) третья ступень общественного развития: первая – дикость, вторая – варварство.

вещи интересны, подворачивается нечто, бросающее нам вызов и останавливающее нас от хождений по проторённой дорожке» (цит. по: [68. С. 406]).

А какова природа интересного? Единого мнения пока нет. Допустим, отечественный литературовед и философ культуры М.Н. Эпштейн, живущий ныне в США, предлагает считать интересным нечто такое, что, с одной стороны, представляется *маловероятным*, а с другой – предъясняет наиболее убедительное доказательство своего *существования*. С этой позиции интересна не та теория, которая доказывает нечто самоочевидное – пусть и весьма убедительно. Но интересна и не та теория, которая аргументирует что-то совсем маловероятное, причём делает это произвольно, хаотически. А вот рассуждение, которое весьма последовательно, аргументированно доказывает нам нечто невероятное, по-настоящему интересно! Следовательно, если предмет обоснования в теории выбрано нечто малоочевидное, то она имеет шансы стать интересной. Эпштейн предлагает оценивать степень интересности творческой задачи и её решения дробью: в числителе её – достоверность доказательства, а в знаменателе – вероятность доказуемого, т.е. выдвигаемого тезиса.

По-английски это выглядит так: *relationship of provability to probability*. Для малоинтересного эта оценка даёт единицу или близкую к 1 величину и наоборот: чем меньше гарантии, тем больше интереса⁶¹. «Чем менее вероятен тезис в начале и чем более он достоверен в итоге, тем более захватывающим является путь теории, тем больше в неё вложено интеллектуального напряжения», – резонно полагает Эпштейн. Наихудшими тогда оказываются учения, которые неосновательны в доказательстве очевидных вещей. И наоборот: истина нынче приобретает инте-

⁶¹ Кивая на этимологию, М.Н. Эпштейн даёт определение: интересное есть «то, что ловит тебя в ловушку, заманивает, захлопывает и позволяет “быть между”»: между двух взаимно исключающих и равно необходимых качеств предмета». Да, интересно то, что находится в промежутке двух крайностей, скажем, между порядком и свободой, системой и безумием, между тривиальностью и абсурдом, между фактом и фантазией [70. С. 144].

рес именно как неожиданная и невероятная истина, не только отражение того, что есть, но и предвосхищение того, чего быть (почти) не может. «Интересность скрепляет “очевидное” и “невероятное”, не позволяя им оторваться друг от друга», – обобщает Эпштейн [70. С. 145].

Скука, очевидно, – противоположность интересу. По мысли В.В. Налимова, скука есть показатель культуры. Как это понимать? «В современном западном мире, – считает он, – общество в какой-то степени защищено от скуки многообразием открывающихся перед ним перспектив: возможностью массового участия в научном творческом процессе, возможностью продвижения по лестнице служебной иерархии» и т.п. Причём «всё это осуществляется в некой игровой ситуации, порождающей остроту жизни и напряжённость сил». «*Потеря игровых ситуаций – это всегда кризис культуры*», – подчёркивает Налимов. Чем явственней эта потеря, тем сильней «начинает ощущаться скука, проявляющаяся в непомерном употреблении алкоголя, наркотиков, в немотивированных преступлениях, в хиппиподобных движениях, отключающих часть молодёжи от основной линии развития культуры, а где-то и в бессмысленном терроризме» [25. С. 296].

Что тормозит движение науки. Очевидно, что науку творят не бесплотные ангелы и не роботы⁶² с кристаллической памятью, а живые люди. Допустим, в науку, возможно, придёт через несколько лет и тот, кто сейчас читает эти строки. Поэтому ясно, что люди приносят в науку не только жажду познания, творческое горение, уважение к опыту предшественников и коллег⁶³. Многовековая история науки учит, что и некоторым учёным отнюдь не чужды человеческие слабости, традиционные пороки (тщеславие, зависть, желание выглядеть лучше, готовность делать карьеру любой це-

⁶² Термином «робот» (от чешского robot – барщина; каторжный труд; robotnik – барщинный крестьянин [71. С. 690]), воспринятым многими как неологизм, чешский писатель К. Чапек (1890–1938) обозначил (1920) человекоподобный автомат.

⁶³ Коллега (от лат. collega – товарищ по должности [2. С. 103]) – товарищ по работе, учёбе, профессии.

ной, амбиция⁶⁴), низкие страсти, толкающие к нарушению правил общечеловеческой и корпоративной морали. Не столь уж редкий пример попрапия последней – плагиат⁶⁵ [70–72]. Конечно, в любом обществе неизбежны конкурентные отношения, конфликты различной природы, столкновения интересов etc. Этот динамичный фон исстари порождает не только позитивную норму, но и всевозможные формы продуманного обмана, сознательной лжи, умолчаний, лицемерия. К сожалению, в этом плане наука не может быть каким-то стерильным пространством [72; 73; 74. С. 94–100].

В наши дни моральный климат в отечественной науке отягощается переходом к коммерциализации⁶⁶ результатов научно-исследовательских работ (НИР) и других форм интеллектуальной собственности. С другой стороны, в ситуации «всё на продажу» возрастает вероятность того, что весьма одарённые учёные окажутся жертвами хитрецов и проходимцев [60. С. 358–377]. «Примазаться» к естественным и точным наукам с их высоким социальным авторитетом стремятся также религиозные организации. Они являются классическими паразитарными структурами, которые стремятся решать свои откровенно экономические и / или политические задачи, привлекая к себе всё больше паствы. Способы околпачивания варьируют от грубо шарлатанских⁶⁷ до маскировки

⁶⁴ Амбиция (от фр. *ambition* < лат. *ambitio* – искание внешнего почёта; страсть к внешнему блеску, чванство [2. С. 35]) – обострённое самолюбие, самомнение; спесь.

⁶⁵ Плагиат (от лат. *plagiatus* – похищенный < *plaga* – охотничья сеть [2. С. 474]) – присвоение чужого авторства; выдача чужого произведения, изобретения и других видов интеллектуального продукта за собственное.

⁶⁶ Опасность дяляческого подхода к творчеству доказала коммерциализация произведений искусства, проведённая в гигантских масштабах за XX столетие в США, странах Европы и Азии, а нынче также в России. В итоге искусство утрачивает познавательную, эстетическую, педагогическую ценность. Занятие искусством становится средством фабрикации максимально упрощённых объектов на потребу неразвитой и творчески бедной народной массы. В художественной культуре она ориентирована почти исключительно на *китч* (от нем. *Kitsch* < *verkitschen* – удешевлять), т.е. произведения примитивного и потому доступного всем содержания.

⁶⁷ Шарлатан (от фр. *charlatan* < ит. *ciarlatano* < *ciarlare* – говорить напыщенно, заговаривать зубы) – обманщик, плут, невежда, выдающий себя за знатока, профессионала.

под сокровенное знание, воспринятое из первых рук: непосредственно от божественной инстанции. Публике предлагают, скажем, законченную теорию творения вселенной, сочетающую азы квантовой механики с толкованиями Каббалы. Соблазнительные обещания дипломированных пророков обучить любого искусству самостоятельно раскрывать фундаментальные принципы мироздания⁶⁸ рассчитаны на простаков.

Как ни печально, но в начале XXI в. правомерно говорить о *невежестве образованных*. Так, в 1999 г. опрос Института Гэллапа показал, что 35% американцев с высшим образованием *не* принимают теорию эволюции; при этом 68% американцев верят в существование дьявола. На родине английского естествоиспытателя Ч.Р. Дарвина (1809–1882) в 2006 г. лишь 48% взрослых считали, что естественный отбор правильно объясняет происхождение и развитие жизни. СМИ успешно соревнуются с церквами и сектами в оглушении населения [77. С. 125–126]. Добавим, что издавна руководители религиозных сект стремятся завоевать себе сторонников в научной среде. Поучительны, скажем, отношения склонного к мистике⁶⁹ Ис. Ньютона (1643–1727) с его другом – молодым

⁶⁸ Типичный ход вербующего на семинары, которые несут простакам «ведическое» учение: «Противопоставление науки и религии, которое мы наблюдаем теперь, мудрецы древности считали невежеством» [75. С. 23]. – Минуточку, а какая наука в строгом смысле слова была в древности? Тогда ведь знание было нерасчленённым. Оно интегрировало мифы и ритуалы, искусство, медицинские, кулинарные, охотничьи, производственные и другие технологии [76. С. 26–128]. Пример такого (синкретического) знания – шаманизм, возникший в новом каменном веке (8–3 тыс. лет до н. э.). «Синтез науки и религии – вот что возвысит наше сознание и изменит общество, в котором мы живём», – уверенно обещает автор [75. С. 23]. Но почему-то он умалчивает о важных вещах: 1) такой синтез уже предпринимался: скажем, в теософии Е.П. Блаватской (1888) и вышедшей из неё антропософии Р. Штейнера (1909); 2) синтез этот ничуть не изменил общества, хотя нашлись последователи тео- и антропософии в Европе, России, США; 3) с чего бы невероятно пёстрое «общество, в котором мы живём», может и / или должно измениться? Подобные приёмы обращения с читателем правомерно назвать интеллектуальным *шулерством*. Но кое-кому доход оно приносит...

⁶⁹ Мистика (от др.-гр. *μυστικός* – таинственный, касающийся мистерий (тайных религиозных обрядов и учений) < *μυστήριον* – таинство, тайна [4. Стб. 832]) –

швейцарским философом Н. Фацио де Дюийе (1664–1753). Он знал множество языков, интересовался физикой, занимался математикой, встречался с корифеями европейской науки, а позднее считал себя духовным сыном Ньютона. Однако в конце 1690-х гг. де Дюийе становится секретарём в секте. Её участники в 1705 г., идя по улицам Лондона, провозглашали приближение Страшного суда, вводя в себя в транс и возбуждая смуту среди населения. Как лжепророк Фацио был судим (1707) и выставлен у позорного столба [78. С. 100–109].

Наряду с указанными проблемами, наука испытывает влияние ряда факторов, *ограничивающих* скорость её прогресса. Каждый новый «слой» научных открытий⁷⁰ требует более совершенной аппаратуры. Таков своего рода инвариант эволюции познания окружающего мира. «...История методов искания, научного отношения к предмету, как в смысле техники ума, так и техники приборов или приёмов, занимает видное место по своему значению...», – говорит В.И. Вернадский [34. С. 58]. Нередко модернизация её требует не только новых технических и технологических изобретений⁷¹, но

вера в сверхъестественное, божественное, необъяснимое; нечто загадочное, непонятное, необъяснимое.

⁷⁰ С точки зрения науковедения открытие – результат исследования, который обнаруживает неизвестные закономерности, явления (эффекты) и свойства окружающего мира [79. С. 16]. В более строгом смысле открытие – в большинстве случаев (но не всегда) – сложный противоречивый процесс. Он состоит не только из микрооткрытий-обоснований, но и из микрозакрýтий-*анти*обоснований. Причём конструктивность последних обнаруживается лишь при оглядке назад и восстановлении всего хода познавательных действий [80. С. 213].

⁷¹ Изобретением обычно называют техническое решение задачи, в результате которого создаются новые устройства, методы (способы, алгоритмы), вещества [79. С. 16]. Новизна их имеет градации. По данным Ю.Н. Пугачёва (заместителя председателя Государственного комитета по делам изобретений и открытий СССР), характер и частота отечественных изобретений к 1988 г. таковы: не имеют аналогов 0,9%; принципиально новые 1,5%; совершенствуют известное 97%. По традиции, разделявшейся Им. Кантом, изобретением считают создание человеком того, что прежде **не** существовало, а открытием – обнаружение того, что **существует** независимо от исследователя. Правда, в истории немало случаев, когда открытие и изоб-

также дополнительных расходов (из кармана налогоплательщика⁷²). Согласно статистике, научное направление активно развивается, если средний возраст используемого приборного парка менее 4–5 лет [81. С. 175–177].

Наука и техника, а также взаимно обусловленный ими (косвенно) рост народонаселения Земли – причины того, что происходящее самоусложнение и саморазвитие мировой системы неразрывно связаны между собой. С 1970-х гг. начинает постепенно проявляться новая тенденция: рост сложности выводит мировую систему из режима самоусложнения к стабилизации, превращая систему в самоограничивающуюся [80]. В свою очередь, этим обстоятельством усугубляется человеческий фактор, выявленный ещё на закате XX в.: «Ранее проблемы, сдерживавшие развитие науки, обычно решались тридцатилетними “нахалами”, но талантливая энергичная молодёжь сейчас равнодушна к науке, потому что там её никто не ждёт» [81. С. 179].

Технонаука в XVII и XXI вв. С другой стороны, острота перечисленных выше проблем усугубляется по мере перехода к этапу широкомасштабной интеграции научного знания в 2010-е гг. Сейчас формируются принципиально новые объекты познания и инженерной деятельности. Они содержат физические, химические, биологические, психологические, технические, социальные составляющие. Их объединение даёт синергетический⁷³ и кумулятивный⁷⁴ эффекты. Стадию развития человеческого знания и форму её организации, которая объединяет многие стороны естествознания, техники и гуманитарных наук, сегодня называют *технонаукой*. Термин введён

речение слиты в одном исследовательском процессе либо одно служит предпосылкой другому [80. С. 82–83].

⁷² Для сравнения: уже к 1997 г. на защиту биосферы требовалось вдвое больше средств, чем вырабатывало мировое сообщество [81. С. 187].

⁷³ Синергетический (от др.-гр. *συνεργεια* – сотрудничество, содружество) – основанный на совместном действии нескольких систем или сил, когда общее действие превышает сумму действий каждого отдельного участника.

⁷⁴ Кумулятивный (от лат. *sumulatio* – увеличение, скопление) – основанный на концентрации нескольких факторов, действующих в одном направлении; совокупный, накопленный; интегральный.

(1987) франко-американским науковедом Бр. Латуром⁷⁵ и требует минимального комментария. В истории и философии техники считается, что технонаука возникла в начале XVII в. в Европе. Тогда рождалось классическое естествознание. Оно отличалось тем, что сочетало математическую идеализацию свойств реального мира и мысленный эксперимент с установкой на опытную (и технически подготовленную) проверку представлений, гипотез, теоретических моделей, на ремесленную практику и создание новой техники, а также на инженерное образование. У истоков этого поворота в познании природы стоял, как известно, выдающийся итальянский физик, инженер, астроном, педагог Г. Галилей (1564–1642).

В технонауке, с одной стороны (так сказать, естественно-научной стороны), на основе математических моделей и экспериментальных данных конструируются принципы (схемы) объяснения и описания природных явлений, а также формулируются предсказания естественных процессов определённых типов. С другой стороны (сугубо технической стороны), в технонауке проектируются новые экспериментальные ситуации и строятся структурные схемы систем, которые ранее были неизвестны; причём здесь обычно инженерам и (или) технологам требуется снова обратиться к учёным по поводу тех или иных возникших проблем. После одной-двух-трёх таких «итераций» рождается изобретение, которое затем превращается в готовый продукт либо в знание know-how и т.д. [83. С. 113–115]. Поэтому технонаука не есть техническая наука⁷⁶.

⁷⁵ Термином «технонаука» Бр. Латур стремился передать состояние производства естественнонаучных знаний в конце XX в. Их обычно нельзя добыть без весьма сложных и дорогих технических устройств (скажем, в ядерной физике, в молекулярной генетике, в астрономии). А чтобы их построить, ариадниной нитью служит новое теоретическое знание. Причём одно из доказательств его истинности – работа этих устройств.

⁷⁶ Что сделал Галилей? «Усилиями Галилея была открыта **Наука**», – подводит черту современный итальянский физик А. Дзикаки [84. С. 27]. Опираясь на математику (объединявшую евклидову геометрию, учение о сфере Архимеда, теорию перспективы, развитую художниками эпохи Ренессанса, геодезию и арифметику), Галилей давал уроки её военным инженерам и учил их пользоваться «математическими инструментами». Галилеев анализ машин (а они – венец развития техники)

Термин «технонаука» чаще всего обозначает информационные и коммуникационные технологии, нанотехнологии⁷⁷, искусственный интеллект, биотехнологии. В близком смысле говорят также о *конвергентных* технологиях и используют аббревиатуру NBICS-technologies (Nano-, Bio-, Info-, Cogito-, Socio), или НБИКС⁷⁸ (рис. 3). Так называемая NBIC-инициатива была выдвинута (2001) под эгидой⁷⁹ Нацио-

опирался на модифицированную им геометро-кинематическую схему. Она послужила началом приложения естественнонаучной теории (теоретической механики) к описанию машин, дав толчок для построения первой технической науки: теории механизмов и машин. «А это, в свою очередь, было возможно, поскольку создаваемая Галилеем наука была по сути дела технонаукой, содержащей в зародыше и естественно-научную и научно-технические составляющие». Например, наклонная плоскость (известная ещё в Древнем Египте) для Галилея – не только искусственный объект, приспособленный для экспериментов, «но прежде всего *абстрактный объект научной теории*, используемый для проведения математических доказательств». И в то же время она – пример специально подготовленного естественного объекта, с чьей помощью можно наблюдать физические процессы, которые не встречаются в «чистом виде» в природе. До Галилея механика была частью техники, но не физики с её математическими моделями [83. С. 114–115]. Поскольку до Галилея фундаментальных законов природы ещё не было известно, технологические изобретения «всегда крутились вокруг всё тех же двух исходных: *огня и колеса*. Но так как ни *огонь*, ни *колесо* не были *поняты*, технологическое развитие не могло произвести чего-либо действительно нового» [84. С. 27].

⁷⁷ Приставка «нано-» (от др.-гр. *ναννος* – карлик [4. Стб. 833]) соответствует 10^{-9} м. От корня *ναννος* происходит термин «наннизм», или карликовость, – ненормально низкий рост человека (для мужчин < 130 см, для женщин < 120 см), вызванный поражением желёз внутренней секреции.

⁷⁸ Конвергентный (от англ. *converge* – собираться вместе, объединяться общими интересами < лат. *convergere* – сближаться, сходиться) – относящийся к конвергенции, т.е. к схождению, сближению – обычно в ходе эволюции – функций и структур систем из-за их приспособления к одинаковым условиям. Процесс слияния или объединения по-английски называют *convergence* либо *merging* (от *merge* – сливаться). Конвергенцию НБИКС-технологий обычно толкуют как функциональное взаимоуподобление, которое влечёт сквозной кумулятивный эффект благодаря сопряжению разнородных участников этого взаимодействия [85. С. 78–80; 86. С. 233–234; 87. С. 16].

⁷⁹ Эгида (от др.-гр. *αἴτις* (*αἰτίδος*) – «бурный щит» верховного бога Зевса в древнегреческой мифологии. От сотрясения эгиды происходит буря, гром, молния и мрак; буря, вихрь; козья шкура (символ тучи и бури, отсюда и атрибут Зевса); панцирь из неё [4. Стб. 28]. «Под эгидой» – под покровительством или под защитой.

нального научного фонда и Министерства торговли США. М. Роко и В. Бейнбридж в работе «Конвергентные технологии для улучшения человеческой функциональности: нанотехнологии, биотехнологии, информационные технологии и когнитивные⁸⁰ науки» связали перспективы реализации проекта с кардинальной⁸¹ трансформацией человеческого организма, достижением интерфейса человек – машина [45. С. 106–116, 176–186; 85. С. 79; 84. С. 230–236; 87. С. 9–10, 16, 19].

Проект NBICS-technologies недаром заставляет вспомнить о широте видов объективной реальности (рис. 3). В нём особенно наглядно демонстрируется существенное для исследователя обстоятельство, о котором пишет философ науки Е.Н. Князева. Реальность мира и её свойства не пред-заданы – как выражается она – познающему их человеку. Свойства эти словно возникают в результате его поисковой активности и в соответствии с его познавательными (теоретическими, экспериментальными) возможностями. Поэтому в ситуации исследования реальности некоторые исследователи характеризуют её как предстоящую, грядущую: *forthcoming reality* [89. С. 257].

Сегодня активно обсуждаются, например, пути создания мыслящего разума и человека в целом на небиологической основе, а также постепенной передачи познавательных и «изобретательских» функций человека самоусложняющемуся искусственному интеллекту [82. С. 30–31]. Подключение к ним – благоприятный повод для активизации размышлений о многовариантном будущем человека, общества, познания.

Поток новаций в этой области растёт стремительно и неизбежно порождает веер проблем социогуманитарного характера. Они

⁸⁰ Когнитивные науки (*cognitive sciences*), или когнитивистика (от лат. *cognitio* – восприятие, познание), – междисциплинарное направление исследований, которое изучает феномены, относящиеся к сознанию, мышлению, познанию; к языку как орудию познания; к функциям мозга, обеспечивающим формирование понятий, оперирование ими и получение выводных знаний; к функционированию систем искусственного интеллекта. Процессы, связанные с обработкой данных в мозге и знанием, называют когнитивными, или *когнициями*. Их синонимами служат такие слова, как «рассудочный», «ментальный», «интеллектуальный» [86. С. 7].

⁸¹ Кардинальный (от лат. *cardinalis* – главный < *cardinis* – точка поворота; главное обстоятельство, критический момент [2. С. 83]) – самый важный, существенный.

вызывают у ряда учёных опасения о возможности утраты контроля над размножением проблем и о новом масштабе угроз земной цивилизации [45. С. 116–136; 85. С. 35–38, 80, 334–343; 87. С. 4–7]. Например, в качестве вполне реальной угрозы человеческой, т.е. верховной, стороне культуры рассматривается ширящееся *вытеснение* компьютером⁸² человека – центральной фигуры образовательного процесса. До сих пор именно человек (родитель, преподаватель, тренер, коллега и т.п.) служил наиболее ценным источником культурных норм восприятия, мышления, поведения, воображения, передаваемых другому человеку [23. С. 647].

Ярусы (виды) реальности	Науки и технологии
Знаковая (информационная)	Cogno-
Пограничный слой	
Техническая	Info-
Пограничный слой	
Социальная	Socio-
Пограничный слой	
Биологическая	Bio-
Пограничный слой	
Физическая	Nano-

Рис. 3. Виды объективной реальности [39. С. 148–149; 40. С. 7] и NBICS-конвергенция [85. С. 78–80]. Она подобна реальности по разноприродности своих объектов исследования. NBICS-конвергенцию называют также нанотехнонаукой. Она рассматривается как «заявка на качественно новый уровень конструирования реальности» [90. С. 14]. По мнению ряда гуманитариев, логичнее говорить даже о SCIBN-конвергенции

⁸² Первую цифровую вычислительную машину (1941) и первый язык программирования высокого уровня (1945) создал и ввёл в эксплуатацию немецкий инженер-кибернетик К.Э.О. Цузе (Zuse; 1910–1995), начав исследования в 1936 г. Две версии машины уничтожены во время войны 1939–1945 гг. [91. С. 285]. Авторы благодарны историку науки д.х.н. В.Г. Майрановскому, указавшему на неверную транслитерацию (Зюс) фамилии Zuse.

Наука ↔ общество. В науке как сложноорганизованной и самостоятельно организующейся системе различают: 1) особую систему знания; 2) особый вид познавательной деятельности; 3) специфический социальный институт; 4) подсистему культуры и цивилизации; 5) базу инновационной⁸³ системы современного общества [25. С. 16–59, 200–266; 93. С. 48–174; 94. С. 3–9; 95. С. 718–744; 96. С. 32; 97].

Если оглянуться назад, то окажется, что «...источники наиболее важных сторон научного мировоззрения возникли вне области научного мышления». В качестве иллюстрации В.И. Вернадский перечисляет: «атомы, влияние отдельных явлений, материя, наследственность, энергия, эфир, элементы, инерция, бесконечность мира и т.п. вошли в мировоззрение из других областей человеческого духа...» [34. С. 32].

В реальной жизни наука (не только гуманитарная, но также естественная и даже точная) состоит в сложных, противоречивых, порою парадоксальных⁸⁴ многосторонних отношениях с властью, различными слоями общества, господствующей идеологией, традиционной

⁸³ Инновация (от позднелат. *innovatio* – нововведение) – явления культуры, которых не было на предшествующих стадиях её развития, но которые появились на данной стадии и получили в ней признание («социализировались»); закрепившиеся в знаковой форме и (или) в деятельности посредством изменения способов, механизмов, результатов, содержаний этой деятельности [10. С. 268]. По Э.А. Соснину, инновация – целенаправленная система деятельности, способная к устойчивому воспроизводству как функции, для которой она создана, так и условий воспроизводства элементов, из которых она состоит: операторов, носителей информации, считывающих и реализующих устройств [92. С. 47].

⁸⁴ Парадокс (от др.-гр. *παράδοξος* – то, что бывает против обыкновенного мнения или ожидания; странный, неожиданный, необыкновенный < *παρά* – рядом, около, возле, у, при; *δόξα* – мнение, представление, предположение; вид, видимость [4. Стб. 341, 932–933, 935]) – суждение, резко расходящееся с общепринятым; формально-логическое противоречие; неожиданное явление, не соответствующее обычным представлениям. Реагировать ли исследователю на выявленный парадокс? Немецкий философ, математик, физик, лингвист Г.В. Лейбниц (1646–1716) в письме (30.09.1695) к французскому математику Г.Ф.А. де Лопиталю (1661–1704) признавал: «Совершенно бесполезных парадоксов не бывает» (цит. по: [98. С. 562]).

и массовой культурой etc. [77. С. 105–334]. Социально-психологические особенности некоторых из этих отношений способствуют рождению исторических и «околонаучных» мифов. Они отчасти переплетаются с фольклором учёных (см., например: [99]). Негативный опыт сосуществования отечественной науки с советской властью только сейчас становится предметом капитального осмысления. Оно свидетельствует о пагубных последствиях для науки любых тоталитарных⁸⁵ режимов [72. С. 362–371; 100; 101. С. 93–95; 102. С. 268–340, 374; 103; 104. С. 223–285]. Тот же вывод справедлив для всей культуры, духовной и материальной: рост её требует свободы, творческой независимости, разнообразия и не терпит принудительной унификации⁸⁶ ради введения всеобщего единомыслия [105. С. 90–94;

⁸⁵ Тоталитарный режим, или тоталитаризм (от фр. totalitarisme < лат. totalis – весь, полный, целый), – форма правления, где господствует полный (тотальный) контроль государства и его карательных органов над всеми сферами жизни, включая частную (privacy), а конституционных свобод фактически нет. Политологи, скажем, Вл. Пастухов, полагают: тоталитаризм – болезненная (истерическая (от др.-гр. *ὄστρα* – матка), т.е. возбуждённая, судорожная деятельность) реакция общества на кризис, затронувший основу существования людей. Подавленные событиями, усталостью, страхом, они готовы отказаться от свободы, уступив её власти. Она же борется с преступной (по её мнению) *мыслью*, расправляясь с теми, кто имеет свою точку зрения, свою позицию. Враг тоталитаризма – мыслящий человек, не поддающийся внушению: он – основная угроза системе. И она стремится парализовать способность человека думать *самостоятельно*. Свободомыслие, инакомыслие – мишень № 1 для атак тоталитарной системы. Наш тоталитаризм ведёт родословную от террора, который практиковало ленинское правительство (1921) против несогласных с «красным самодержавием» в стране.

⁸⁶ Унификация (от лат. unus – один + facere – делать) – приведение к единообразию, к единой системе, форме. Иллюстрируя этот тезис, сошлёмся на статистические данные С. Джимбинова: в СССР с 1923 по 1989 г. в «спецхраны» – секретные отделы при всех крупных книгохранилищах – было помещено свыше 300 тыс. названий книг, около 560 тыс. номеров журналов, около 1 млн газет. «Читателю были недоступны **все** репрессированные, **все** эмигрировавшие авторы, **все** иноязычные издания. <...> В многочисленных мелких библиотеках запрещённая к выдаче литература просто уничтожалась». Списки изданий, отправленных в эти книжные тюрьмы, были тоже секретными (цит. по: [105. С. 93]). Плачевные итоги такой войны с человеческой мыслью в СССР вряд ли могла компенсировать всеобщая начальная грамотность населения, достигнутая к началу 1930-х гг. Впрочем, и до 1923 г. шло истребление печатного слова. В первые годы

107; 108. С. 684–728]. Всё же «размах преследований учёных в 1930-е и более поздние годы был столь масштабен в СССР, что не может быть сравним с преследованием учёных, например, в нацистской Германии и в любых других странах. Это был настоящий геноцид⁸⁷ учёных в СССР», – заключает доктор физико-математических наук, профессор В.Н. Сойфер, историк и аналитик «процесса принижения науки в сталинское время». С 1918 по 1953 г. были расстреляны или подвергнуты репрессиям $\approx 17\%$ членов Академии наук [109. С. 10, 216].

К несчастью, его вывод подтверждают бесчисленные факты, а также исследования социально-политических механизмов *разрушения* науки. К ним относятся: создание особенно благоприятных условий для идеологического злоупотребления наукой; для провоцирования, поощрения, направления – с высот конфликтной внутри себя власти и со стороны прислуживающих ей, но тоже соревнующихся между собой идеологов – грязной конкурентной борьбы в сообществе учёных; для действий в этой атмосфере «жуликоватых шарлатанов, обещавших вождю решение задач, сложности которых они себе и представить не могли» [109. С. 8]. Многообразные материалы по этой болезненной проблеме «подвластной науки» содержатся, например, в работах [25. С. 321–352; 57; 77. С. 9–13; 109–113; 114. С. 144–236, 360–369; 115–119]. В течение 30 лет (до 1953 г.) в СССР часть учёных, инженеров, конструкторов, будучи арестованы по обвинению в несуществующих преступлениях, трудились под надзором органов госбезопасности в «шарашках», иначе – «шарагах», «шарашкиных конторах». Сленгизм этот с 1930-х гг.⁸⁸ обозначал специфические секретные орга-

большевистской власти изъятые (по декрету) у владельцев «библиотеки хранились в ужасном состоянии, – сообщает книговед В.А. Петрицкий. – Для освобождения занимаемого ими места Госиздат решил провести спешную разборку. Было отобрано... до двухсот тысяч пудов книг для перемола на бумагу» [106. С. 22].

⁸⁷ Геноцид (от др.-гр. γένος – род + лат. caedere – убивать) – истребление отдельных групп населения.

⁸⁸ Истоки мрачной советской традиции имели также экономическую подоплёку. В начале 1920-х гг. ОГПУ (ведомство, сменившее (1922) Всероссийскую Чрезвычайную комиссию, ВЧК) «сдавало в аренду арестованных инженеров и специалистов». Предприятия обязали переводить в счёт ОГПУ 60–70% зарплаты, причи-

низации. Они сочетали черты тюрьмы (относительно мягкой по тем временам), со структурами научно-исследовательского либо проектного института, испытательного полигона, опытного производства и т.п. «Шарашки» были ориентированы на разработку новых видов оружия, транспорта, связи, технических устройств для нужд тайной полиции и военных etc. Люди, порядки, быт «шарашки» изображены, например, в романе А.И. Солженицына (1918–2008) «В круге первом» (Париж, 1969) [120. С. 453]⁸⁹.

Затрагивая ситуацию, в которой создавали советскую атомную бомбу, В.Н. Сойфер приводит эпизод, вполне понятный физику. «Всю жизнь Сталин тяготел к обманам и махинациям не только в тех случаях, когда ему надо было обвинить соратников или оппонентов в “преступных действиях”. Показателен в этом отношении случай, рассказанный мне при наших встречах в 1990-х годах одним из руководителей советского атомного проекта академиком Ю.Б. Харитоновым. Когда учёные и техники завершили в 1949 году работу над первой атомной бомбой, поставленный над ними начальником от Политбюро Л.П. Берия пригласил Юлия Борисовича в Кремль на встречу со Сталиным. После доклада Харитона о завершении работы над бомбой Сталин потребовал разделить её на две части и взорвать их так, чтобы между взрывами был небольшой интервал времени. “Тогда американцы, – пояснил он, – которые, конечно, регистрируют взрывы, поймут, что у нас не одна, а несколько атомных бомб”. Харитон начал объяснять, что этого сделать нельзя, так как для бомбы нужна определённая минимальная “критическая масса” плутония, около 10 килограммов, и пока в СССР наработано плутония только на одну бомбу. Сталин перебил академика и с раздражением пояснил: “Вы, товарищ Харитон, не понимаете важно-

тающейся арестантам. «Вооружённый конвоир водил их ежедневно на работу и обратно в тюрьму» [120. С. 453].

⁸⁹ Как возможно творчество за решёткой? Вопрос несправедливый. Кажется, подобный был в мыслях Пушкина, когда он написал: «Забыв и рошу, и свободу, / Невольный чижик надо мной / Зерно клюёт и брызжет воду, / И песнью тешитса живой». Пусть читатель, если хочет, вдумается в модель: участь и утешение певца в клетке.

сти поставленной мной задачи. При чём тут ваши критические массы? Бомбу надо разделить на две и взорвать одну за другой. Тогда будет нужный нам политический эффект»⁹⁰ [109. С. 8].

Как известно, в Германии ситуация сложилась несколько иначе. После прихода к власти нацистов (1933) и принятия антисемитских законов часть учёных были принуждены к эмиграции в соседние страны. Однако вскоре и туда проникли гитлеровцы. Чтобы помочь европейским интеллектуалам, в США был основан «Чрезвычайный комитет помощи уволенным иностранным учёным» (The Emergency Committee in Aid of Displaced Foreign Scholars). В 1933–1941 гг. ему удалось переправить в Америку более 300 лиц, многие из которых впоследствии стали лауреатами Нобелевской премии.

Но порой и научные достижения – через короткий ряд промежуточных событий – оказывают воздействие на ход истории. Здесь поучителен почти симметричный сюжет, какой приводит основатель рентгеновской белковой кристаллографии М.Ф. Перутц (1914–2002), австрийский еврей, с 1936 г. трудившийся в Кембридже и позднее ставший гражданином Великобритании (Нобелевская премия, 1962). Его герой – немецкий химик-неорганик и технолог Ф. Габер (Хабер, 1868–1934), из-за еврейского происхождения вынужденный эмигрировать (1933) из нацистской Германии. Габер изобрёл способ получать азот из воздуха, а затем технологию производства аммиака (1909). Она позволила синтезировать азотистые удобрения, остро необходимые для поддержания урожайности полей (Нобелевская премия, 1918). Нитраты составляют существенную часть взрывчатых веществ, и изобретения Габера не только помогли пополнять арсеналы Германии. Они позволили ей обойтись без ввоза из Чили селитры (сырья для производства нитратов) во время Первой мировой войны, когда Германия оказалась в блокаде.

Но Габер стал инициатором создания химического оружия, применённого 15 апреля 1915 г. [37. С. 15–26]. После поражения

⁹⁰ Молва приписывала вождю коммунистов фразу в ситуации развёрнутой по его указке «борьбы с низкопоклонством перед Западом» в науке (1949): «Пусть делают бомбу, а расстрелять всегда успеем».

Германии Габер бежал в Швейцарию, но вскоре вернулся, чтобы заняться тайным производством отравляющих газов. Через полтора года на его продукцию нацелился новый клиент: большевики в России. Стремясь к мировой революционной экспансии, они взяли курс на военно-политическое сближение с Германией. Первый шаг в секретном сотрудничестве двух стран-изгоев был сделан 13 августа 1920 г., когда Политбюро ЦК РКП(б) решило принять меры, чтобы получить из Германии «предметы вооружения». В частности, для испытаний и совершенствования изобретений Ф. Габера в 1926–1927 гг. создали наиболее засекреченный объект рейхсвера в СССР: Школу химической войны («Вольский химический полигон» под Саратовом) [103. С. 10–11, 84]. Обращаясь к паре история ↔ наука, Перутц кончает своё эссе так: «По жестокой иронии судьбы, первое открытие Хабера – синтез аммиака – было и благом для человечества, и безмерным источником бедствий. Без него Германия истощила бы свои запасы взрывчатых веществ, так как планируемая тогда ею молниеносная война против Франции превратилась бы в затяжную. Из-за отсутствия взрывчатых веществ война бы вскоре закончилась, и тем самым были бы сохранены жизни миллионов молодых людей. Тогда бы Ленин не смог заполучить Россию, Гитлер бы не восторжествовал, холокост бы не состоялся, и европейская цивилизация сохранилась бы на всём пространстве от Гибралтара до Урала. Открытый Хабером синтез аммиака с последующим его использованием для получения удобрений был великим обретением человечества, однако, не в пример теории относительности, особого гения не требовалось, чтобы постичь это. Рано или поздно не один, так другой талантливый химик сделал бы подобное открытие» [37. С. 31–32].

Наука и поиски смысла. Надо подчеркнуть принципиальную особенность. Наука есть саморазвивающаяся и по своему строению – иерархическая⁹¹ система знаний, получаемых различными способами.

⁹¹ Иерархия (от др.-гр. ιερός – священный + αρχη – начало, власть [4. Стб. 202, 623]) – расположение частей или элементов целого в порядке от высшего к низшему; лестница служебных званий в порядке их подчинения.

Знания эти вносят *смысл* в разнообразные данные об устройстве мироздания и протекающих в нём процессах. Но какой смысл имеет слово «смысл»? Под смыслом здесь подразумевается характеристика знания, которая устанавливает *связь* между информационными структурами различной степени общности: мыслями, идеями, понятиями, теориями, образами, сообщениями о фактах и т.п., – которые моделируют (описывают, отражают) реальный мир⁹². Поэтому физику, видимо, ясна метафора Г.Д. Гачева: «энергия есть смысл» [18. С. 213]. И для человечества наука есть один из цехов смыслопроизводства.

В каком смысле можно говорить о формировании, установлении смысла? За ответом надо обратиться к логике, изучающей законы и формы мышления. Грубо говоря, смысл устанавливается в умственном акте посредством минимум трёх логических операций, порой неосознаваемых явно. Это суть дизъюнкция (от лат. *disjunctio* – разделение, различие), конъюнкция (от лат. *conjunctio* – союз, связь), импликация (от лат. *implicite* – тесно связываю). В результате их обнаруживается: 1) некое значение противостоит другим значениям; 2) но это значение к тому же сопоставимо с какими-либо значениями; 3) из этого значения выводимы *новые* значения, т.е. смысл.

С позиции физика и вообще *common sense*⁹³, «идея бессмысленна вне реальности, а контекст изменяет смысл слова или сообщения. Научное осмысление знаний – это их упорядочивание, выстраивание иерархии по общности смыслов» [121. С. 327]. Такой информационный процесс развития идёт параллельно эволюции человека и взаимосвязан с ней. Эволюционный потенциал науки заключается в том, она есть система творящих знаний, стремящихся выработать миропонимание, адекватное⁹⁴ реальности, и рациональное мировоззрение.

⁹² Бесспорно, слово «смысл» имеет много смыслов: разум, рассудок (*устаревшее*); внутреннее логическое содержание, значение чего-либо, например знака, постигаемое разумом; разумное основание, цель, назначение; достаточное основание, рациональная причина, резон (фр. *raison* – рассудок, довод, мотив, основание и т.п.).

⁹³ *Common sense* (англ.) – здравый смысл.

⁹⁴ Адекватный (от лат. *adaequatus* – приравненный) – равный, тождественный, вполне соответствующий.

В противовес искусственным религиозным моделям мира (порой в чём-то перекликающимся с научными, скажем, древнейшие мифы о творении мира сверхъестественным существом похожи на концепцию Большого взрыва, возникшего вследствие неустойчивости вакуума [122. С. 32–33]), наука зиждется на проверяемых фактах и идеях. Это обстоятельство всячески затушёвывают те практичные пропагандисты вероучений (а иногда и наивно⁹⁵ доверяющие им учёные), которые ратуют за сближение науки с религией. Что само по себе странно: сегодня религия есть исторический атавизм⁹⁶, сохраняющийся в культуре с присущей ей избыточностью. Выдвигается сомнительный довод об исключительной высокоморальности церкви: она-де способна облагородить и спасти души грешных людей науки. Но история всех религиозных организаций и современная жизнь доказывают преимущественно как раз обратное. Вероятно, одна из причин того – неизбежная извращённость *корпоративной*⁹⁷ морали, призванной держать паству и членов сект в послушании-подчинении их иерархам. Подобное повсеместно имело и имеет место в политических партиях, особенно в странах с тоталитарными режимами.

Условия возникновения научных идей и *резонансность их восприятия* профессиональным сообществом нередко задаются сплетением разнообразных исторических, этнокультурных, ситуатив-

⁹⁵ Наивный (от фр. naïf – бесхитростный; неопытный, неискушённый; простой < лат. *nativus* – природный, естественный) – простодушный, чистосердечный; присущий простакам. Слово «наивный» вошло в литературный оборот в 1820–1840-х гг., обладая многими смысловыми оттенками. Вплоть до такого, например, изречения: «Наивность... есть грация глупости» (цит. по: [5. С. 777]). «Грация» (от лат. *gratia* – благосклонность, милость; приятность, изящество, прелесть [41. С. 453]) здесь, видимо, имеет три последние значения.

⁹⁶ Атавизм (от лат. *atavus* – прапрадед; *atavi* – праотцы, предки [2. С. 59]) – появление у организмов признаков, свойственных их отдалённым предкам, например, развитие хвостового придатка у человека.

⁹⁷ Корпоративный – узкогрупповой, обособленный. Корпорация (от ср.-лат. *corporatio* – объединение < лат. *corpus* – совокупность; общая масса, общий состав; общество, союз; сословие [2. С. 150–151]) – объединение лиц по какому-либо признаку, обычно на основе общих интересов: сословных, профессиональных и т.п.

ных, личностных факторов, т.е. биографических обстоятельств, и просто непредвиденных событий. «Разные условия, разный контекст порождают разную науку, разные результаты исследования», – говорит социолог науки Л.А. Маркова. Вероятно, «контекст, порождающий новое в науке, формируется не произвольным образом»: он как-то связан с уже существующим знанием, предопределяется возникшими в нём трудностями и потребностями [101. С. 96]. Но сами результаты, продукты, возникающие в конце этого прихотливого, чувствительного к воздействиям случайностей процесса, уже не обнаруживают примет своего происхождения. Они должны быть универсальны, т.е. иметь совершенно интернациональный или даже наднациональный характер. Иначе говоря, учёный может быть, допустим, испанцем, по своим религиозным взглядам – католиком, по политическим убеждениям – монархистом и т.п. Однако в его творческом продукте, раскрывающем какие-то новые черты материального мира, перечисленные признаки автора отсутствуют.

В противном случае появляется «арийская наука» в противовес «еврейской» теории относительности, как в гитлеровской Германии, «красная биология» contra «буржуазной генетики», как в СССР 1940-х гг., и т.п. [116]. Или вот «православная физика», какую предлагают с конца 1990-х гг. в РФ некие шибко верующие люди: они глубокомысленно тщатся привить Библию к стволу квантовой механики⁹⁸. При этом православная церковь с традиционной подозрительностью относится к науке, видя в ней конкурента в борьбе за власть над представлениями людей о мире, обществе, человеке. В.И. Вернадский дальновидно предостерегал против националистической патологии под покровом патриотизма: «Можно говорить о научной работе в русском обществе, научной мысли в русском обществе или русского общества, но нельзя говорить о русской науке. Такой науки нет. Наука одна для всего чело-

⁹⁸ Богоугодное занятие это – при грамотном деляческом подходе – может стать даже доходным. На память здесь приходит афоризм эпохи Просвещения, который обычно приписывают прусскому королю Фридриху II (1712–1786): христианство придумали фанатики, используют интриганы, а верят в него дураки.

вечества. Научная работа есть только один из элементов культуры данного общества» [123. С. 74]. И ещё: «...в общеобязательности научных данных кроется самое коренное отличие науки от других созданий человеческой жизни»: искусства, религии, общественной организации etc. [123. С. 125].

Примерами проверяемых идей служат понятия, теории, гипотезы. «Гипотезы связывают группы фактов в определённые теоретические (смысловые) конструкции». Некоторые из них имеют короткую жизнь и сходят со сцены под воздействием вскрытых противоречий в их содержании и / или новых фактов. Чем больше явлений может правильно объяснить теоретическая конструкция, чем больше фактов она описывает, тем выше степень её устойчивости, т.е. время жизни⁹⁹. Согласно некоторым ожиданиям, «в пределе своей эволюции физическая теория должна охватывать любые аспекты мироздания» [121. С. 327].

И раз уж речь зашла о смысле, то нельзя не затронуть, пожалуй, первоочередных проблем наших дней. На одну из них указывает А.И. Фет (1924–2007) – отечественный математик и публиковавшийся в «Самиздате» под псевдонимом А.И. Фёдоров политический диссидент 1960–1980-х гг. Фет развивает социокультурные идеи К. Лоренца (1903–1989), австрийского зоолога, одного из создателей этологии¹⁰⁰ и социального философа (автора фундаментальных трудов «Восемь смертных грехов цивилизованного человечества», «Так называемое зло (К естественной теории агрессии)», «Оборотная сторона зеркала (Опыт естественной истории

⁹⁹ Здесь, вероятно, несколько шутливо употребляется термин физики: время жизни τ квантовой частицы в возбуждённом состоянии, допустим, молекулы на уровне с энергией E_n , есть средний промежуток времени, за который концентрация молекул с энергией E_n уменьшается в e раз. Время жизни радиоактивных частиц линейно связано с временем $T_{1/2}$ их полураспада: $\tau = T_{1/2}/(\ln 2)$.

¹⁰⁰ Этология (от др.-гр. $\epsilon\theta\omicron\varsigma$ – характер, нрав + $\lambda\omicron\upsilon\omicron\varsigma$ – наука) – направление в изучении поведения животных в естественных условиях, выявляющее генетически обусловленные и связанные со средой обитания факторы эволюции их поведения. За эти исследования К. Лоренцу, Н. Тинбергену и К. Фришу была присуждена Нобелевская премия (1973).

человеческого познания)» [124]). Потребность в осмысленной деятельности есть важная, инстинктивно обусловленная потребность человека. Занятия наукой были во все времена примером такой деятельности.

А сегодня все ли наши соотечественники имеют возможность удовлетворить потребность в осмысленной деятельности (вовсе не обязательно, чтобы она была научной)? Отрицательный ответ очевиден. Среди главных причин этого – ключевых проблем современного общества – А.И. Фет отмечает следующие. Так называемый «простой человек»¹⁰¹, вынужденный трудиться ради заработка (т.е. чаще всего обречённый быть объектом экономических и политических манипуляций), не способен к самостоятельному мышлению. Поскольку в начале XXI в. большая часть производимых товаров не обязательна, не нужна либо даже вредна для жизни, то труд простого человека не всегда полезен и потому не всегда уважаем. По приблизительным оценкам, в наше время не менее 90% человечества относится к этому типу. Чтобы чем-то занять таких людей и помочь им существовать, современное общество изобретает *искусственные потребности*¹⁰². В подавляющем большинстве случаев они не имеют отношения к идеалам культуры, а сводятся к поддельной показной роскоши и пассивному развлечению, скажем, через созерцание всевозможных зрелищ. Последнее представляет собой не действие, а *имитацию*¹⁰³ действий. Человеку предлагается сидеть у телевизора либо практически не покидать сети Интернет.

¹⁰¹ Социологический термин «простой человек» изобрёл президент США (с 1933) Фр.Д. Рузвельт (1882–1945), обозначив им самый распространённый тип избирателя. Адресуя ему свою пропаганду, Рузвельт, возможно, думал, что действует в интересах простого человека, хотя задача президента состояла в защите политических, социальных, экономических институтов американского правящего класса [23. С. 633].

¹⁰² Один из символов потребительства (и средство формирования) искусственных потребностей – производство гаджетов (от англ. gadget – приспособление), которые обычно есть дань тщеславию потребителя.

¹⁰³ Имитация (от лат. imitatio – подражание, обезьянство; замена чем-то похожим [2. С. 293]) – скрытая или демонстративная подделка; подражание; воспроизводство (копирование) с возможной точностью.

При этом ему внушают, что это и есть жизнь, хотя вместо реального бытия простой человек получает его суррогат¹⁰⁴.

Наука и цели культуры. Реальная жизнь означает, повторим, осмысленную деятельность, цели которой вырабатывает культура. Среди ведущих целей культуры – её самосохранение, саморазвитие, самоусложнение [23. С. 633–635, 642]. Однако достижение этих целей далеко не просто: встаёт, например, проблема ресурсов, необходимых для прогрессивного самоусложнения мировой системы Земли. И здесь невозможно обойтись без помощи науки. Причём выход видится в тенденциях *к объединению*. Такова тенденция, ведущая к интеграции достижений наук о природе и человеке. Её признаком нынче, видимо, служит курс на NBICS-technologies (и также на SCIBN-technologies) [82; 85. С. 27–38; 86. С. 230–236; 87; 88].

Вторую тенденцию составляет культурная глобализация, стихийно вызываемая глобализацией экономики и прогрессом технических средств мировой коммуникации [23. С. 646; 125]. Не забудем, что и наука издавна была объединяющей силой. В.И. Вернадский одною из первых указывает причину такого воздействия: *общеобязательность* научных результатов. Она влечёт создание «единой мировой культуры, организации, охватывающей всё человечество», т.е. глобализации. Вхождение Московской Руси в мировую организацию в конце XVII в. «могло произойти только потому, что в общеобязательности и единстве научных выводов был к этому времени найден в жизни человечества общий для всех людей вечный элемент психической жизни», т.е. научная деятельность. Кроме того, растущие применения науки усиливали её социальное значение [123. С. 81]. А также – значение персональное¹⁰⁵: реформы Петра обеспечили возможность нового и глубоко-

¹⁰⁴ По-английски: vicarious life; vicarious – замещающий другого; действующий за других. Суррогат (от лат. surrogo=subrogo – предложить избрать (поставить) кого-либо на чьё-то место [2. С. 618]) – заменитель с худшими свойствами; подделка.

¹⁰⁵ Персональный (от лат. personalis) – касающийся только данного лица. Персона (от лат. persona – маска актёра; роль в жизни; лицо как данность, индивидуальность, характер, положение, значение, которые дают человеку его отношения [2. С. 467]) – особа, личность.

го психического настроения, которое проявилось в «исключительном и необычайном напряжении человеческой воли, стремящейся достигнуть научно неведомого. <...> Очень возможно, что именно оно позволило создать непрерывность научного творчества в России при отсутствии в ней преемственности и традиции», – заключает Вернадский [123. С. 79].

Опасной стороной глобализации сегодня оказывается планетарная потребительская культура. В XIX и XX вв. европейские и российские публицисты, наблюдавшие за поведением нетворческих, но относительно состоятельных слоёв общества, диагностировали явления, для которых предложили социально-критические понятия: «культ вещей», «власть вещей», «товарный фетишизм»¹⁰⁶ и т.п. В России, а позднее в СССР подобный культ вещей («вещизм») часто называли мещанством¹⁰⁷. Парадоксально, на первый взгляд, что советский образ жизни сразу оказался во многом именно мещанским, хотя все 70 лет в СССР население испытывало бо-

¹⁰⁶ Фетиш (от фр. *fétiche* < португ. *fetico* – амулет, волшебство) – неодушевлённый предмет, обладающий (по представлениям верующих) сверхъестественной силой и служащий предметом поклонения. Фетишизм – поклонение фетишам; слепое поклонение чему-либо. Товарный фетишизм – преклонение перед вещами как перед воплощением социального статуса, силы и господства.

¹⁰⁷ Именование «мещанин» (от польск. *mieszczanin* – горожанин < *miasto* – город) первоначально означало: городской [61. С. 616]. В политической истории и социологии термин «мещанство» означает определённое *сословие* (т.е. сообщество, общественную группу с закреплёнными законом особыми правами и обязанностями, часто наследственными). Так, согласно официальному документу 1800–1801 гг., «народ российский разделяется на сословия или чиновостояния. 1. Дворянство. 2. Гражданство или мещанство. 3. Духовенство. 4. Поселяне разного звания...» (цит. по: [126. С. 166]). Иначе говоря, мещанин – городской обыватель. Немецкий социолог В. Зомбарт (1863–1941) прямо говорит: в каждом предпринимателе угадывается мещанин [128. С. 257]. По давней традиции, закреплённой западной и русской литературой XIX–XX вв. [127. С. 486–495], а также публицистикой, с понятием мещанства ассоциируют: ограниченность жизненных интересов, узость кругозора, слабость или отсутствие индивидуального начала, а потому заметную подражательность во внешней стороне поведения (особенно «высшим» сословиям), консерватизм мировоззрения, страх самостоятельности в суждениях, неразвитость художественного вкуса. «Портрет» русского мещанина дан, например, в [128. С. 256–260].

лее или менее острый «товарный голод» (дефицит¹⁰⁸ товаров): предметов первой необходимости не хватало либо они были очень низкого качества. Официальная мораль при этом лицемерно воспевала самоограничение и скромность в быту, обещая потребительский рай в неопределённом будущем, т.е. «при коммунизме».

Мещанский вещизм, нынче называемый часто красивым термином «консюмеризм»¹⁰⁹, проявляется в том, что приобретение дорогих (в советские годы – «дефицитных») вещей, услуг etc. оценивается нетворческим большинством как показатель престижа, высокого положения в обществе. Престижное потребление становится стимулом соревнования, на которое обрекает тщеславного покупателя внутрикорпоративная конкуренция [129. С. 62]. В итоге организуется и приводится в действие многоуровневый *самоскоряющийся* процесс. Он охватывает и массы простолюдинов, не привыкших анализировать своё поведение, и другие социальные слои, чьи представители считают единственной формой самовыражения потребление. В итоге разворачивается «рыночно-принудительная регулярная смена всего вещного состава среды», как выразился (1967) отечественный социолог К.М. Кантор (1922–2008) в своей книге «Красота и польза» (цит. по: [129. С. 62]). Реклама умело разжигает эту стихию нерассуждающего подражания, инстинктивного социального обезьянства. И внешняя, декоративная¹¹⁰, показная сторона облика человека, т.е. *видимость*, оказывается единственно важной, всё затмевающей.

¹⁰⁸ Дефицит (от лат. deficit – недостаёт) – нехватка чего-либо; товар, которого нет в достаточном количестве; превышение расходов над доходами, убыток. В СССР обладание бытовым «дефицитом» (от белья до книг, от обуви до радиоприёмника etc.) было показателем социального статуса человека либо его финансовой состоятельности, позволяющей покупать на «чёрном» рынке дефицитный товар втридорога.

¹⁰⁹ Консюмеризм (от лат. consumo – (у)потреблять; поедать) – образ жизни и мышления человека и (или) общества, подчинённый потреблению вещей, услуг, впечатлений, распространяемых для получения прибыли; движение в защиту прав потребителей в их отношениях с продавцами.

¹¹⁰ Декоративный (от фр. décoratif < лат. decorare – украшать) – служащий для украшения.

Массовый тип личности, выращиваемый глобальной потребительской культурой, предназначен исключительно для шоппинга¹¹¹. Поэтому лишь в приобретательстве она находит смысл своего существования. В итоге личность подменяется коллекцией вещей, которыми она владеет (точнее – которые владеют личностью; скажем, нередко (само)оценка человека пропорциональна стоимости его автомобиля либо недвижимости). Таково сегодня противоречие цивилизации, или, по К.М. Кантору: «благосостояние, оборачивающееся своей противоположностью» (цит. по: [129. С. 63]). «Человечество только учится быть цивилизованным, – обоснованно полагает философ Н.В. Мотрошилова. – Над человеческим родом тяготеет, часто не пускает его двигаться вперёд цепкое наследие предцивилизационного состояния», которое историки называли «варварством¹¹²» [130. С. 14].

Следовательно, чрезвычайно насущным является поиск той человеческой когорты¹¹³, которая способна возглавить культурную глобализацию, придать ей положительное направление и конструктивный характер. То есть обеспечить глобализацию социального инстинкта, который некогда превратил стадное животное в человека. Здесь нельзя не процитировать обобщения, сделанного (в середине 1910-х гг.) В.И. Вернадским. «Вхождение в народную культуру сознательного научного творчества – нового глубокого проявления человеческой личности – есть новый факт в истории человечества. Он характерен для нового времени и в нашей жизни приобретает с каждым поколением всё большее значение» [123. С. 75]. И наше отечество не составляет исключения. «Московская Русь до Петра, конечно, не была культурной страной – мы видим в

¹¹¹ Шоппинг (от англ. shopping – покупка товаров) – посещение магазинов, покупка вещей.

¹¹² Варвар (от др.-гр. βαρβαρος – варварский, не греческий, иноземный, чужой; в переносном смысле: дикарь, человек необразованный, грубый (с таким же оттенком презрения, как русское «бусурман»); вероятно, возникло как слово звукоподражательное, означавшее первоначально человека, говорившего на непонятном языке [4. Стб. 244]) – невежда; грубый и жестокий человек.

¹¹³ Когорта (от лат. cohors (cohortis) – множество; 1/10 часть легиона; телохранители полководца [2. С. 103]) – сплочённая общими идеями, целями группа людей.

ней своеобразную, пожалуй, богатую культурную жизнь, сложившуюся веками, но научная творческая работа не входила в её состав, и русское общество впервые вошло в мировую научную работу с реформой Петра» [123. С. 117].

По убеждению А.И. Фета, когортой может стать мыслящая элита¹¹⁴, состоящая из «людей любого происхождения, готовых бескорыстно служить человечеству, как это делали их предшественники», скажем, русские интеллигенты на рубеже XIX–XX вв., после революции изгнанные из страны или истреблённые¹¹⁵. Культуротворческая элита должна выделяться не особыми привилегиями, а особыми *обязанностями*. Она должна «иметь не власть, а влияние и почтение». Конечно, в наше время большинство образован-

¹¹⁴ Элита (от фр. élite – лучшая, отборная часть < лат. eligo, eligare – выбирать, избирать, действовать с разбором) – наиболее видные представители какой-либо части общества. В одной из трактовок, интеллектуальная элита (как условие существования человеческого общества) – весьма тонкий, дискретный, неоднородный социальный слой, отличающийся моральной высотой целей. Его представители спонтанно «избраны» общественным сознанием (а не назначены «сверху») в качестве личностей, оказывающих наиболее существенное влияние на определённую часть общества, на ход событий в некоторой области социальной жизни etc. Интеллект здесь – совокупная способность («ум», эмоции, поведение, восприимчивость) человека, позволяющая ему выступать и в роли генератора, и в роли приёмника новых форм творческой деятельности по разрешению новых либо «вечных» проблем. Интеллектуальное может и не быть связано с деятельностной активностью [131. С. 18, 22, 23, 25].

¹¹⁵ «Мы должны сделать свободный выбор – не подражания худшим образцам западного общества, а спасения и развития нашей культуры. Традиция, к которой мы должны обратиться, – это не узкая традиция русского рабства, а широкая традиция русского освободительного движения» [23. С. 650]. Возможно, Фет подразумевает обоснованное предостережение А.И. Герцена (1812–1870), русского революционера, писателя, мыслителя: «Долгое рабство не случайная вещь, оно, конечно, соответствует какому-нибудь элементу национального характера. Этот элемент может быть поглощён, побеждён другими его элементами, но он способен и победить» (цит. по: [132]). Отечественный востоковед, историк Древнего мира, лингвист, поэт-переводчик И.М. Дьяконов (1915–1999) применяет термин «интеллигенция» для обозначения всех тех слоёв населения, которые создают нематериальные ценности. Согласно ему, «интеллигенция способствует превращению толпы в сознательные массы людей», а в наше время «на ней лежит ещё и обязанность сколь можно уберечь человечество от экологической катастрофы» [102. С. 369].

ной публики ориентировано на деньги и карьеру, но мыслящая элита – «это творчески активное меньшинство». Во всех странах оно «единодушно презирает современную псевдокультуру с её средствами массовой информации и коммерцией развлечений». Мыслящая элита «враждебна господствующей психологии, сводящей все ценности к деньгам»¹¹⁶; она ищет «выход из тупика стимулируемого потребления», что составляет одну из задач управления вектором культурной глобализации [23. С. 647, 649].

На этом пути А.И. Фет видит корни проблемы в методах образования: «В наши дни мыслящих людей трагически не хватает. Воспитание культурных людей заменяют теперь массовым производством специалистов. С помощью компьютеров и приборов обучают человека, способного обслуживать эти машины для выполнения какой-нибудь специальной работы. Таким образом не может быть воспитан культурный человек. <...> Воспитание – это теснейшая связь между людьми» [23. С. 647–648]. Следует отметить, что наблюдения и выводы Фета подтверждаются закономерностями типологии творческих личностей различного ранга [60. С. 180–410; 134]. И выявленным влиянием телесного начала на познавательную продуктивность человека в творческих ситуациях [135], следовательно, в актах общения тоже.

Существует ли наука, которая объединяла, объединяет и всегда будет объединять практически **все** разделы научного и технического знания? Да, существует. Её имя – *история*. На хронологической оси встречаются *все* научные дисциплины! Ведь на ней выразительно располагаются события, с которыми связаны те или иные творческие достижения естествоиспытателей и инженеров: гениальные догадки, экспериментальные факты, постановки проблем,

¹¹⁶ Здесь вспоминается русский литературный критик и культурфилософ Гр.Ад. Ландау (1877–1941), живший в эмиграции. В его статье «Тезисы против Достоевского» (1932) читаем: «*Ибо человек живёт не только в зле, но и в творчестве*, – только это сознание выводит из удушливого напряжения на светлый простор. Даже больше того – творчество и есть ответ человека на зло, в котором он живёт, путь его преодоления или преодолевания, выход из него...» (цит. по: [133. С. 308]).

убедительные теории, открытия, плодотворные идеи, пионерские изобретения, точные модели природных явлений, полезные приспособления, поучительные неудачи etc. Уже по одной этой причине история науки и техники обладает бесспорной познавательной силой. Внимание к своей истории служит признаком зрелости научной дисциплины. Аналогично, внимание человека к истории собственного рода, откуда он вышел и который он *ответственно* продолжает, есть мерило его культурной полноценности, да и нравственной тоже. Знание истории науки – непосредственно либо косвенно – облегчает освоение её предмета. Облегчает – поскольку помогает постепенно овладеть специальной терминологией, ориентироваться в эпонимии¹¹⁷, в содержании споров между учёными, представить себе судьбу некоторых творческих идей, различные периоды развития науки.

Идеалы научности. Для мыслящего наблюдателя «наука – это определённый способ построения знаний» [38. С. 6]. В чём же кроется главный источник познавательной силы нашей науки? Одним из них являются *идеалы*¹¹⁸ *научности*: в соответствии с ними работают учёные, решая научные проблемы. По своему происхождению идеалы научности есть, во-первых, теоретические *принципы*. Они были выработаны в ходе эволюции познавательной деятельности. Во-вторых, идеалы научности есть фактор, вносящий *единый порядок*, координацию в проведение исследований членами научного сообщества. Они сложились по мере осмысления способов выработки знания. В режиме смены и противоборства идеалы научности

¹¹⁷ Эпонимия (от др.-гр. *επι* – после + *ὄνμα* – имя) – наименование научных понятий (доплеровская ширина линии излучения), единиц размерности (генри), математических категорий (евклидово пространство), технических изобретений (дьюар), географических объектов (Колумбия) и др. в честь кого-либо. Эпоним – тот, кто дал чему-либо своё имя; тот, чье имя стало синонимом либо символом чего-либо. Таковы Архимед Сиракузский (ввёл понятие выталкивающей силы), Афродита (символ женской красоты), Д.И. Менделеев (построил классификацию химических элементов), Пифагор Самосский (автор школьной теоремы), Сальери (из легенды о смерти Моцарта) etc.

¹¹⁸ Идеал (фр. *idéal* < др.-гр. *ιδεα* – идея, понятие, представление) – совершенство, совершенный образец чего-либо; высшая цель стремлений, деятельности.

– в процессе развития науки – становятся эталонами работы: исследовательской группы, лаборатории, научной школы и т.п. Затем идеалы научности становятся дисциплинарными образцами, позволяющими учёному отнести себя к тому или иному научному «цеху». В конце концов они – социально признанные нормы, которые реализуются в системе образования, в подготовке аспирантов и т.д., а также ценности, которые принимаются «здравым смыслом науки» и достаточно культурным внеученым окружением [114. С. 47, 49].

С точки зрения организации познавательной деятельности и регулирования профессионального поведения исследователей понятие идеала научности надо описывать совокупностью определений:

1) идеал научности – некоторый нормативный образец (стандарт¹¹⁹, критерий¹²⁰, эталон¹²¹ оценки), принятый в научном сообществе;

2) идеал научности – некоторое субъективное представление членов этого сообщества о том, что (не)приемлемо, (не)корректно, (не)обоснованно, причём эта совокупность ориентаций позволяет давать оценку результатов и своей, и чужой деятельности;

3) идеал научности – перевод персональных, субъективных характеристик в коллективную, объективную характеристику, что позволяет сообществу сформулировать содержание установок и оценок, выработать правила деятельности и суждений о чём-то;

4) идеал научности обуславливает принципы выбора учёным методологии познавательной деятельности (из ряда возможных), а также её целей и средств;

5) идеал научности выступает как фактор интеграции научного сообщества, благодаря признанию определённых предпочтений в

¹¹⁹ Стандарт (от англ. standard – норматив; образец; образцовая мера; образцовое средство измерения) – объект, принимаемый за исходный для сопоставления с другими объектами; нечто шаблонное, трафаретное, не содержащее ничего оригинального.

¹²⁰ Критерий (от др.-гр. κριτήριον – средство для решения; признак, по которому можно судить верно; суд [4. Стб. 732]) – признак, на основании которого производят оценку, определение, классификацию; мерило.

¹²¹ Эталон (от фр. étalon – точный образец меры) – образцовая мера (или измерительный прибор), служащая для воспроизведения, хранения, передачи единиц измерения с наивысшей достижимой точностью; образец для сравнения.

разработке тех или иных проблем, благодаря принятию критериев оценки творческих достижений [114. С. 48].

Очевидно, что идеалы научности, консолидируя¹²² творческое сообщество, обеспечивают устойчивое развитие науки. В этой связи – замечает В.И. Вернадский – «необходимо обратить внимание ещё на *обратный* процесс, проходящий через всю духовную историю человечества. Рост науки неизбежно вызывает в свою очередь необычайное расширение границ философского и религиозного сознания человеческого духа. <...> Развитие науки раздвигает рамки жизни и составляет могущественный элемент прогресса» [34. С. 39–40].

Имеет ли наука рычаги самоуправления. Познакомившись с понятием идеала научности, коснёмся того, как они осуществляются в исследовательской деятельности. Обратимся к соображениям германского социолога Н. Лумана (1927–1998), одного из авторитетов конца XX в. в теории эволюции социальных систем. Что есть наука, по его мнению? Она является «всё более значительной подсистемой общественной системы». Характеристикой науки в этом плане служит, во-первых, её потенциал, т.е. *способность разрешать* многочисленные классы проблем (многочисленные – но не все; некоторые классы проблем призвано разрешать право, искусство¹²³ и т.д.).

Во-вторых, науку как познавательную подсистему общества отличают особенные средства оперативного (само)управления. В комплект этих средств Луман включает шесть, которые перечислим ниже.

¹²² Консолидация (от лат. consolidatio < con – с, вместе + solidare – уплотнять, укреплять, сращивать) – упрочение, укрепление, сплачивание; объединение для усиления борьбы за общие цели.

¹²³ Например, профессор математики мехмата МГУ В.А. Успенский, подчёркивая значение вымысла в искусстве, выдвигает следующее определение: «Произведение искусства есть знаковая система, свободно вымышляемая её автором и свободно принимаемая другими людьми или человеческим обществом в качестве знаковой системы, нормирующей (регулирующей) течение их психической жизни и их поведение» [136. С. 226].

А. Критерий истины: научное высказывание может иметь значение истины либо лжи [137. С. 150]. Причиной лжи чаще всего служит добросовестное заблуждение; порой в него надолго впадают целые коллективы учёных [75]. Но и сознательное злоупотребление доверием коллег случается [72; 73; 109; 114. С. 360–369; 138], о чём уже говорилось¹²⁴.

¹²⁴ Более того, ложь под прикрытием научного результата тем живучее, чем охотнее покупает её массовый потребитель. Причём продавец лжи «играет» и на невежестве потребителя, и якобы на его способности сомневаться, размышляя. Пример: однозначный вред курения доказан ещё в 1960-е гг. В ответ на это табачная индустрия в США решила создать «свою» науку, названную позднее специалистами *junk science*, т.е. «помойной наукой». Табачные концерны заказали «помойным учёным» повторные и альтернативные исследования последствий курения. После чего стал применяться следующий рекламный ход. Курильщику – в соответствии с законом – на каждой пачке сигарет печатают предупреждение о вреде табака. Одновременно ему сообщают противоположные выводы, сделанные *junk science*, но курильщик-то обычно не подозревает о задачах «помойной науки». В чём же здесь приманка? Покупателю предоставляют соблазнительную «возможность сомневаться, возможность отправлять и упражнять своё критическое мышление, выбирать между альтернативными точками зрения» и т.п. Курильщику, не обладающему системным мышлением, а располагающему лишь «клиповым» (от англ. *clip* – фрагмент радио- или ТВ-передачи) восприятием, созданным преимущественно СМИ, не по силам сделать разумный вывод. Как точно замечает М. Маяцкий, невежество, которое *вменяется* человеку, выгодно производителям табака. Политические агенты тоже обычно действуют, организуя у адресата их обращений «производство сомнения»: *the doubt is a product* [138].

На другой сюжет указывает киевский профессор химии А.А. Андрийко: лет 15 назад появился шквал статей, доказывающих, что фреоны (широко используемые компоненты хладагентов), поднимаясь в стратосферу, разрушают озоновый слой вокруг Земли. Отсюда – кампания за запрет использования фреонов. Ответственность встревожилась. Дошло до того, что 16 сентября объявили Международным днём защиты озонового слоя. Однако он истончается *лишь* над Антарктидой, где источников фреона нет... А «война» с фреоном совпала с окончанием действия патента фирмы Du Pont, производителя его. В СССР образцом гуманитарной *junk science* был священный для коммунистов текст «История ВКП(б). Краткий курс» (1938). Он излагал мифологию русского большевизма, революции, гражданской войны и сталинской группировки, стремящейся удержать власть. Он служил идейной матрицей для историков, экономистов, социологов etc. В XXI в. *junk science* – всевозможные «научные» доказательства существования загробной

Что же проистекает из выбора такого критерия? У В.И. Вернадского находим ответ: общеобязательность научных результатов – «для всех без различия, без исключений». Она «создаёт научным исканиям в разнообразии и изменчивости жизни неизыблемость». Общеобязательность «придаёт вечный характер научным завоеваниям». Научное искание «разнообразным и глубоким образом отражается на психической конструкции общества, в среде которого оно совершается». В области же личной жизни научное искание «тесно связано с совершенно своеобразным и очень глубоким влиянием, какое может оказывать научное искание на понимание человеком смысла и цели существования. Подобно религии, оно может дать своим живым адептам прочное и неизблемое положение среди признанного ими несовершенства и горестей мира» [123. С. 123].

По наблюдениям Л.А. Марковой, в наши дни гораздо большую роль, чем прежде, начинает играть понятие *смысла*. Причина в том, что истина – «довольно-таки мимолётное свойство знания. Им обладает только господствующая на данный момент теория, и то очень непродолжительное время, она постоянно пребывает в состоянии ожидания неизбежного опровержения». Все прошлые, сданные в архив теории уже не обладают истинностью, но они обладают смыслом, т.е. с ними можно спорить, аргументированно опровергать и т.п. А как быть с множественностью сосуществующих сегодня, не опровергнутых теорий? Им тоже свойственна научность постольку, поскольку они обладают смыслом. Поэтому плюрализм в естествознании «базируется не на том, что высказываемые взгляды одинаково истинны, а на том, что все они обладают смыслом». Что же тогда делать с бессмысленными высказываниями? «С ними в науке никто не спорит, не дискутирует, и никто их не опровергает. На них просто не обращают внимания» [101. С. 93–95].

В. Восприимчивость, предполагающая использование учёными согласованных стандартных способов проведения исследова-

жизни, бессмертной души, бога и иных сверхъестественных существ. Увы, в легковверных людях недостатка никогда нет.

ний, описания их процедур и получения результатов, что облегчает общение и дискуссию между специалистами [137. С. 150]. Однако и при выполнении указанного условия не исключена драматическая невосприимчивость к творческой инициативе. Об этой ситуации читаем у В.И. Вернадского: «...недостаточно, чтобы истина была высказана или чтобы явление было доказано. Их *понимание*, проникновение ими человеческого разума зависит от других причин, одна хрустальная ясность и стройность, строгость доказательств недостаточны. Условия внешней, социальной среды, состояние техники, настроения и привычки мыслящих людей науки должны быть при этом принимаемы во внимание». Дело в том, что «научное мировоззрение не есть абстрактное логическое построение. Оно является сложным и своеобразным выражением общественной психологии» [34. С. 61].

Пример: после выхода в свет «Математических начал натуральной философии» (1687) «десятки лет Ньютоновы идеи не могли проникнуть в общественное сознание» [Там же]. Учение Р. Декарта (лат. Картезия, 1596–1650), французского философа, физика, математика, физиолога [224. С. 161], о силе как свойстве пространства, 30–40 лет держалось в Англии, ещё дольше – во Франции и Германии [34. С. 25]. Проблема воспринимаемости во многом (но не всегда) обусловлена природой человеческого языка. Глубокое разъяснение этого постоянно действующего в познании фактора даёт, например, В.В. Налимов. Он обстоятельно изучил те механизмы, посредством которых работает наука. Налимов призывает помнить об отличии между обыденным языком и языком науки. Последний «носит значительно более резко выраженный *кодовый* характер». И «глубина кодирования», т.е. смысловая ёмкость понятий, «растёт во времени по мере развития научных концепций». Иначе говоря, такое кодирование зависит от научного мировоззрения в данный исторический период [139. С. 141].

Насколько важно понятие научного мировоззрения и каково его содержание? «Именем научного мировоззрения, – говорит Вернадский, – мы называем представления о явлениях, доступных научному изучению, которое даётся наукой; под этим именем мы

подразумеваем определённое отношение к окружающему нас миру явлений, при котором каждое явление входит в рамки научного изучения и находит объяснение, не противоречащее основным принципам научного искания. Отдельные частные явления соединяются вместе, как части полного целого, в конце концов получается одна картина Вселенной, Космоса, в которую входят и движения небесных светил, и строения мельчайших организмов, превращения человеческих обществ, исторические явления... вызванные борьбой или воздействием других мировоззрений, одновременно живых в человечестве» [34. С. 25].

Что же лежит в основе этого мировоззрения? «Метод научной работы, известное определённое отношение человека к подлежащему научному изучению явлению. <...> Нет науки без научного метода. <...> Этот научный метод не есть всегда орудие, которым строится научное мировоззрение, но это есть всегда то орудие, которым оно проверяется. Этот метод есть только иногда средство достижения научной истины или научного мировоззрения, но им всегда проверяется правильность включения данного факта, явления или обобщения в науку, в научное мышление» [34. С. 26].

*С. Верифицируемость*¹²⁵ – гарантированная возможность процедуры установления истинности полученных результатов (например научного высказывания) по общепринятым правилам путём сопоставления с данными опыта и / или с положениями теории [10. С. 114–115]. И поскольку сейчас речь идёт о средствах самоуправления в науке, то нельзя забывать, что все они сложились постепенно, эволюционно. «Некоторые части даже современного научного мировоззрения были достигнуты не путём научного искания или научной мысли, – подчёркивает Вернадский, – они вошли в науку извне: из религиозных идей, из общественной жизни, из искусства. Но они удержались в ней только потому, что выдержали пробу научного метода» [34. С. 26].

¹²⁵ Напомним, что по-латыни «истина» – veritas. Отсюда – термин «верификация» (от лат. verus – истинный + facere – делать, создавать) – проверка истинности выводов и положений, установление их достоверности.

*Д. Фальсифицируемость*¹²⁶ – гарантированная возможность процедуры, но теперь, напротив, установления ложности полученных результатов: тоже по общепринятым правилам путём сопоставления с экспериментальными данными и / или с фундаментальными положениями теории, которая принята в научном сообществе, скажем, с законом сохранения энергии. Принцип фальсифицируемости (в противовес принципу верифицируемости), т.е. принципиальной опровержимости любого утверждения, принадлежит (1963) К.Р. Попперу (1902–1994), британскому философу, логика, социологу. Он настаивает на том, что для жизни вообще, для конкурентных действий людей и для познания ими мира особую ценность имеет метод *устранения ошибок*. Этот метод «исключает такое поведение, которое не привело к успеху в достижении определённой цели», – пишет он (1994). По его ёмкой формуле, «поведение представляет собой реальное остриё эволюции» [140. С. 22].

Поппер также обосновывает гипотетический характер и подверженность ошибкам любой науки: так называемый принцип *фаллибилизма*¹²⁷. Тогда история познания есть история смелых предположений и их перманентных¹²⁸ опровержений [10. С. 533–535, 745]. В пользу позиции Поппера свидетельствуют многочисленные эпизоды из истории науки [75]. Поэтому столь ценна критика – средство устранения ошибок и источник опровержения, т.е. «закрытия», антиобоснования [80. С. 212]. По остроумной реплике Д.Г. Лахути – «критика есть вежливость научного работника или даже попросту всякого обсуждающего любую проблему» [141. С. 106].

¹²⁶ Фальсификация (от лат. falsificatio – подделывание < falsus – (под)ложный, неверный; ни на чём не основанный, не имеющий основания) – преднамеренное искажение чего-либо с целью выдать за подлинное, настоящее.

¹²⁷ Принцип фаллибилизма (от англ. fallible – подверженный ошибкам, ошибочный < лат. fallo – от чего-либо наблюдения, знания, внимания ускользать, укрываться, оставаться незамеченным; обманываться, заблуждаться [2. С. 247]) утверждает неизбежное присутствие погрешности (англ. fallibility – погрешность) в познавательных операциях.

¹²⁸ Перманентный (от лат. permanent (permanentis) < permaneo – (продолжать) оставаться; пребывать [2. С. 463]) – постоянный, непрерывный.

*Е. Операционализируемость*¹²⁹ – тоже гарантированная возможность указать, какие операции (практические и / или мысленные) необходимо проделать, чтобы дать ответ на вопрос: что означает данное понятие (термин); при этом, по П.У. Бриджмену, операциональное значение должно быть настолько единственным, насколько это возможно, чтобы не возникло разных имён для обозначения одного и того же понятия¹³⁰ [10. С. 488–489]. Строгость терминологии и разграничения понятий всегда составляла особую заботу ответственных исследователей. С нею взаимосвязаны сложные вопросы непротиворечивой классификации терминов и обозначаемых ими объектов, позволяющая делать верные предсказания [142].

Многовековая жизнь науки доказывает, что содержание отдельных важных терминов (возникших исторически, не забудем) со временем постепенно изменяется. Их первоначальный и, казалось бы, однозначный смысл «размывается», утрачивает чёткость своих прежних границ. В этом плане полна глубокого смысла реплика, автором которой считают академика Л.И. Мандельштама (1879–1944). Он предостерегал: «Если вы хотите погибнуть, займитесь классификацией» (цит. по: [143. С. 120]).

Поучительное наблюдение сделал недавно науковед и историк физики С.Д. Хайтун, кстати говоря, критически анализируя содержание термина «энтропия» и трактовку её как меры беспоряд-

¹²⁹ Операционализм (от лат. operatio – действие) – методологическая позиция, которую разработал американский физик-экспериментатор и философ науки П.У. Бриджмен (1882–1961) [69. С. 45]. Согласно ей, содержание научных понятий и теоретических конструкций обуславливается совокупностями экспериментально-измерительных и / или умственных (подобно процедурам счёта) *операций*. Так, Бриджмен показал, как через действия с «линейкой» и «часами» А. Эйнштейн вводил понятия времени и пространства в свою теорию относительности [10. С. 488–489].

¹³⁰ Пример: «электрическое сопротивление» R участка линейной цепи – *ненаблюдаемая* характеристика объекта. Действительно ли R – операционализируемый термин? Да. Известны действия, которые надлежит совершить, чтобы определить R : 1) измерить ток I , протекающий через участок цепи; 2) измерить разность потенциалов (электрическое напряжение) U на краях участка; 3) найти их отношение, дающее $R = U / I$.

ка. Он думает, что вообще (не)удачный «выбор автором основных для его теории терминов и (или) её названия может определить судьбу теории». К примеру, французский естествоиспытатель Ж.-Б. Ламарк (1744–1829) ввёл (1802) – одновременно с немецким учёным Г.Р. Тревиранусом – термин «биология», имеющий исключительно широкое хождение и ныне. Будучи предшественником Ч.Р. Дарвина, Ламарк создал учение об эволюции живой природы (ламаркизм). Но, следуя традициям XVIII в., он назвал движущие эволюцию взаимодействия «невидимыми флюидами¹³¹». И уже учёными XIX в. «невидимые флюиды» воспринимались как нечто мистическое (и потому бессодержательное). Что же в итоге? Неприятие этого термина – уверен С.Д. Хайтун – «почти на два столетия отодвинуло его вполне рациональную автогенетическую концепцию с авансены¹³² эволюционизма» [144. С. 74].

Ф. Измеримость – возможность подвергнуть изучаемые объекты измерительным действиям [137. С. 150]. По этому поводу в самом начале XX в. немецкий химик и философ¹³³ В.Ф. Оствальд (1853–1932) решительно заявил: «Если каждая величина, входящая в формулу, сама по себе измерима, то это закон природы, а если содержит неизмеримые величины, то это гипотеза в математической оболочке; в плоде есть уже червь» (цит. по: [32. С. 193]). Сегодня признано, что измерение¹³⁴ – «универсальное средство коли-

¹³¹ Флюид (от лат. fluidus – текучий) – гипотетическая тончайшая жидкость, с помощью которой в XVIII в. объясняли явления тепла, магнетизма, электричества. В переносном смысле «флюиды» – то, что исходит от кого-либо, чего-либо. В мистических учениях флюиды – особый «психический ток», излучаемый человеком.

¹³² Авансена (от фр. avant – перед + др.-гр. σκηνή – шатёр, палатка, крыша; сцена; пир в шатре [4. Стб. 1136]) – часть сцены перед занавесом, несколько выдвинутая в зрительный зал.

¹³³ Для Оствальда началом всех начал была энергия. По его убеждению, «фактически энергия является существенно реальным в мире, а материя является не носителем, а формой проявления энергии» (цит. по: [32. С. 193]). Свои идеи он изложил в книге «Энергия и её превращения» (1888), перевод которой появился в том же году в журнале «Русское богатство», № 7 (цит. по: [145. С. 307, 317]).

¹³⁴ Измерением в физике обычно называют экспериментальное определение значения некоторой величины с использованием средств измерений. В более широ-

чественного познания реальности, лежащее в основе всякого физического знания» [146. С. 142].

С приведёнными выше средствами оперативного (само)управления наукой, видимо, следует ассоциировать наглядный образ, принадлежащий историку естествознания Дж. Гранту (2006). Он резюмирует¹³⁵: «Именно точная наука¹³⁶ крутит колесо человеческой технологии» [77. С. 249].

Личность неустранима из теории, а теория – из опыта. Само собой разумеется, что тщательное соблюдение норм научности есть условие необходимое, но вовсе не достаточное для творческих достижений. Ведь в центре научной работы – человек. Значит, исключительное значение имеют его персональные качества. Сошлёмся, скажем, на мнение Х. фон Фёрстера (1911–2002), австро-американского биолога, физика, тесно сотрудничавшего в 1950-е гг. в США с твор-

ком смысле измерение – процедура присвоения символов наблюдаемым объектам по заданным правилам. Цель измерения – получение формальной модели объекта, чьё исследование удобнее, чем исследование самого объекта. Алгоритм присвоения символа объекту называют измерительной шкалой (от лат. *scala* – лестница). Шкала – тоже модель. Различают четыре типа измерительных шкал: *наименований* (символы – буквы, цифры, слова и т.п.); *порядка* (позволяет упорядочивать классы по возрастанию (убыванию) изучаемого признака); *интервальной* (предполагает наличие единицы измерений, в которой (в числах) оценивается значение признака; нуль устанавливают произвольно либо по договору, скажем, температурные шкалы Цельсия (1742) и Фаренгейта (1710 или 1714)); *отношений* (предполагает, что установлено отношение отношений, т.е. разрешены операции умножения и деления, позволяя ответить на вопрос, во сколько раз одно значение больше (либо меньше) другого; при этом имеется абсолютный нуль, не зависящий от произвола наблюдателя и соответствующий полному отсутствию измеряемого признака). Количественные шкалы делят на дискретные и непрерывные, первичные и вторичные. Качество измерений обусловлено свойствами инструмента: *точностью* (соответствием эталону), *чувствительностью* (величиной единицы измерения), *надёжностью* (способностью воспроизводить результаты измерений в пределах чувствительности шкалы), *валидностью* (от фр. *valide* – законный, действительный, работоспособный) – способностью измерять именно тот признак, какой предполагается) [10. С. 258–259].

¹³⁵ Резюмировать (от фр. *résumé* – резюме, краткое изложение, конспект; тезисы) – кратко обобщать.

¹³⁶ По-английски понятие «точная наука» – *hard science* («трудная наука»).

цами кибернетики¹³⁷ и создавшего её оригинальную интерпретацию («кибернетику кибернетики»). Фёрстер недаром подчёркивал: исследователь не столько отражает мир, сколько изобретает, конструирует его. Поэтому цель познания – это сам процесс познания, подобно тому, как путь прокладывается движением по нему. Согласно Фёрстеру, такая конструктивная теория познания определяется *любопытством* человека к миру. Для неё он придумывает весёлый неологизм¹³⁸: «учение о любопытстве», или Neugierologie [89. С. 255, 256; 147. С. 11] (от нем. neugierig – любопытный).

Соответственно, причины упадка науки в некоторые периоды – пишет В.И. Вернадский – «...связаны с изменением психологии народа и общества, с изменением духовного интереса личности, с ослаблением того усилия, той воли, которая поддерживает научное мышление и научное искание, как поддерживает она *всё* в жизни человечества! <...> Изучение многочисленных и разнообразных фактов... может выявить причины и условия, при которых происходит регрессивная переработка научного мышления и научного мировоззрения в его целом или в его частях» [34. С. 64].

Центральное место человека в науке нельзя не принимать в расчёт ещё в одном важнейшем сюжете, относящемся к идеалам научности. Проблема в том, что приписывание научным построениям таких свойств, как истинность, доказанность, однозначность, точность, определённая, верифицируемость, фальсифицируемость, не является абсолютным¹³⁹. Оно носит в некоторый степени условный характер, или, выражаясь языком методологов, конвен-

¹³⁷ Кибернетика (от др.-гр. κυβερνητική – искусство управления) – наука об управлении в природе, технике, обществе, сложившаяся к концу 1940-х гг. усилиями работавших в США математиков и инженеров.

¹³⁸ Неологизм (от др.-гр. νεος – новый + λογος – слово) – появившееся в языке слово (или оборот речи), обозначающее новый объект, явление, понятие. Скажем, названия технических новинок – обычно неологизмы.

¹³⁹ Абсолютный (от лат. absolutus – неограниченный, безусловный, независимый) – безотносительный, взятый вне связи, вне сравнения с чем-либо, безусловный; совершенный, полный.

циональный¹⁴⁰ характер [148. С. 61]. Вот, скажем, скорость света *c*. Благодаря успехам квантовой метрологии в 1983 г. значение *c* = 299792458 м/с было *принято* точным (могли бы выбрать и другое близкое значение) [149. С. 270].

Дело в том, что наделение аксиом¹⁴¹ и принципов теорий перечисленными выше свойствами не имеет – и не может иметь по самой природе научного познания – абсолютно твёрдого рационального основания. Почему же решение о достаточности подобных оснований имеет относительный и договорный (между членами учёного сообщества) характер? Потому что в основе этого решения лежит познавательная воля исследователя, некий его *выбор*, а также ряд сугубо практических соображений: простота модели (для приемлемой точности), удобство пользования ею другими специалистами, предсказательная сила теории, успешное применение в сфере техники и технологии etc. [148. С. 61].

Очень откровенно выделяет это человеческое начало в научном познании А. Дзикаки (кстати говоря, он много лет возглавлял Европейский союз физиков и был одним из руководителей ЦЕРН'а, где изучал элементарные частицы). Он предлагает, в частности, два определения. 1. «*Воображение* в **Логике** означает изобретение новых математических структур со своими аксиомами и своими правилами». 2. «*Воображение* в **Науке** соответствует придумыванию нового принципа, нового явления, нового закона и воображению нового эксперимента». Естественно, творчество в науке «должно полагаться не только на логические структуры, не противоречащие сами себе, но и подчиняться правилу воспроизводимо-

¹⁴⁰ Конвенциональный (от лат. *conventionalis* – соответствующий договору < *conventio* – соглашение) – принятый сообществом, отвечающий установленной традиции. Конвенционализм в науке означает, что в основу математических и естественнонаучных теорий кладут – по договорённости между учёными – некоторые соглашения. А их выбор обусловлен логикой целесообразности или даже простого удобства.

¹⁴¹ Аксиома (от др.-гр. *ἀξιωμα* – достоинство, почёт, уважение; требование, желание, воля, решение; положение, не требующее доказательств < *ἀξιός* – достойный, стоящий чего-либо [4. Стб. 143]) – положение, принимаемое без доказательств в качестве исходного для данной теории; неоспоримая истина.

сти экспериментальных доказательств» [84. С. 19–20]. Тем не менее достаточность оснований научного знания – один из краеугольных камней идеалов науки.

Так не кроется ли спасение от «слишком человеческого» в обращении к опыту? Увы, нет, поскольку в науке не существует «чистых», никак не зависящих от какой либо теории, данных наблюдения и эксперимента. Уже сами термины, в которых наблюдатель описывает результаты наблюдений и экспериментов, явно либо неявно связаны с определённой теорией, концепцией, общей идеей. Действительно, наиболее яркое проявление конвенциональности научного знания – сам язык науки, стремящийся к максимальной точности и однозначности понятий и высказываний. Чтобы этого достичь, научным терминам приписывают строго определённое значение. Но привязка конкретного слова только к одному из его возможных значений как раз и демонстрирует наличие договора, конвенции. Следовательно, язык любой отдельной науки «существенно задаёт пределы видения ею исследуемой предметной области и действительности в целом» – вспомним рис. 2. Кроме того, имеет место принципиальная незаконченность опыта. Его «начало» и «конец» регламентирует наблюдатель. А из чего он исходит? Из определённых (возможно, даже не всегда чётко осознаваемых им) предписаний какой-то теории, методологической позиции, традиций школы, к которой он принадлежит, и т.п. [148. С. 59–60].

Человек, его пространственно-временные масштабы истари и неустранимо присутствуют в эксперименте тоже. Историк науки К.А. Томилин совершенно резонно напоминает, что все меры (длины, веса, времени) связаны с удобством человеческой практики; все общепринятые меры *соизмеримы* с параметрами *Homo sapiens*¹⁴². Все первоначальные эталоны длины прямо определялись через параметры человека: фут (от англ. foot – нога), т.е. длина ступни; дюйм (от голл. duim – большой палец), ярд¹⁴³, вер-

¹⁴² *Homo sapiens* (лат.) – «человек разумный» (обозначение биологического вида).

¹⁴³ Ярд – единица длины в английской системе мер, равная трём футам, или 91,44 см.

шок¹⁴⁴, сажень¹⁴⁵, пядь¹⁴⁶, локоть¹⁴⁷, аршин¹⁴⁸, миля¹⁴⁹ (от лат. *milium passuum* – тысяча шагов) – 1 000 двойных человеческих шагов и т.д. В итоге используемые во многих экспериментах практические меры и параметры *Homo sapiens* равны с точностью до порядка [149. С. 275]. Поэтому нельзя не процитировать сентенцию¹⁵⁰ Протагора из Абдер (около 480–400 до н. э.), древнегреческого философа, странствующего «учителя мудрости»: «Человек есть мера всех вещей: для реальных – их реальности, для нереальных – их нереальности» (цит. по: [151. С. 521]).

Отголоском тезиса Протагора звучит сегодня антропный¹⁵¹ принцип, ставший методологическим принципом в физике [149. С. 302]. Он устанавливает зависимость существования человека как сложной биофизической системы и космического существа от фундаментальных физических констант: постоянной Планка \hbar , скорости света c , массы протона m_p , заряда электрона e и др. Расчёты показывают, что изменение хотя бы одной из мировых констант (при неизменных других и сохранении всех физических за-

¹⁴⁴ Вершок – русская мера длины, первоначально равная длине фаланги указательного пальца (1,75 дюйма, или 4,45 см).

¹⁴⁵ Сажень – русская мера длины, равная трём аршинам, или семи футам (2,1336 м). Известны маховая сажень (размах рук; 1,76 м) и косая сажень (высота поднятой руки; 2,48 м).

¹⁴⁶ Пядь – древнерусская мера длины, первоначально равная расстоянию между концами растянутых пальцев руки: большого и указательного. Пядь равна четырём вершкам, или четверти (17,78 см).

¹⁴⁷ Локоть – древнерусская мера длины, равная длине локтевой кости человека: 38–46 см.

¹⁴⁸ Аршин (тюркское *arşun* – мера длины; известно в русском языке с XVI в. [41. С. 92]) – мера длины, в России равна 16 вершкам, т.е. 71,12 см.

¹⁴⁹ Миля: морская международная – 1852 м, уставная сухопутная (в Великобритании и США) – 1609 м.

¹⁵⁰ Сентенция (от лат. *sententia* – мнение, суждение) – обобщающее изречение, обычно нравоучительного характера. Например, у Гераклита Эфесского (ок. 540 – ок. 480 до н. э.) читаем: «Многознание (Πολυμαθία) уму не научает...» [150. С. 195]. Ошибкой читателя было бы видеть в сентенции этой оправдание невежества.

¹⁵¹ Антропный, или антропологический, антропический, антропогенный, антропийный (от англ. *anthropic* – обусловленный влиянием человека < др.-гр. *ανθρωπος* – человек), – относящийся к человеку, обусловленный человеком.

конов) сделало бы невозможным существование тех или иных физических объектов: ядер, атомов и т.п. Так, уменьшение m_p лишь на 30% привело бы к отсутствию в нашем физическом мире всех атомов, кроме водорода H. И потому жизнь стала бы невозможной [10. С. 38]. Осознание подобных фактов привело к выдвиганию антропного принципа. Его первоначальная версия (1957) принадлежит отечественному астрофизику Г.М. Идлису. Антропную аргументацию развивали, вероятно, *независимо*: Р.Г. Дикке (1916–1997), американский физик (1961); английский математик и физик, специалист по теории гравитации Б.Д. Картер (1968, 1970, 1973); его соотечественник астрофизик С.В. Хокинг (1973) и их комментатор Дж.А. Уилер (1973). Наш физик А.Л. Зельманов тоже толковал (1967) явление расширения наблюдаемой части Вселенной (1970): «Мы являемся свидетелями процессов определённого типа потому, что процессы другого типа протекают без свидетелей» (цит. по: [149. С. 297]).

Антропный принцип существует в различных формулировках. О нём спорят во многих книгах и ≈ 1000 статей [105. С. 102], включая спекуляции религиозных идеологов. Но чаще всего он звучит в виде двух утверждений Б.Д. Картера: слабого и сильного. Слабая версия гласит: «То, что мы ожидаем наблюдать, должно быть ограничено условиями необходимыми для нашего существования как наблюдателей». Сильный антропный принцип требует: «Вселенная (и, следовательно, параметры, от которых она зависит) должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателей». Следовательно, возможен антропный постулат¹⁵²: «Вселенная, обладающая другими параметрами, – принципиально ненаблюдаема» [10. С. 38; 149. С. 295, 302].

¹⁵² Постулат (от лат. *postulatum* – требование) – принимаемое без доказательств отправное положение теории, кладущееся в основу доказательств других её положений. Нередко синонимом постулата указывают аксиому. Но между ними есть отличие, на котором настаивал, как обычно считают, древнегреческий философ Аристотель Стагирит (384–322 до н. э.). Постулат как допущение, которое предлагается принять, будет подтверждён, если выведенные из постулата (либо нескольких постулатов) следствия окажутся *соответствующими действительности*. И вот тогда правомерно считать постулат аксиомой.

По поводу антропного принципа и затронутого выше неустрашимого присутствия наблюдателя (исследователя) в познавательных действиях добавим ещё старинный афоризм. По преданию, Леонардо да Винчи полагал: «В науке теории – генералы, а эксперименты – солдаты». Бесспорно, победа в битве зависит от тех и других, но именно генералы планируют, осуществляют и несут ответственность за исход операции [148. С. 61].

О классификации разделов физики. Известный отечественный физик, Нобелевский лауреат (1964), академик А.М. Прохоров (1916–2002) предложил следующее определение физики и классификации её разделов: «Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие свойства и законы окружающих нас объектов материального мира. <...> Границы, отделяющие физику от других естественных наук, в значительной мере условны и меняются с течением времени. <...> Деление физики на отдельные дисциплины не однозначно, его можно проводить, руководствуясь различными критериями. По изучаемым *объектам* физика делится на физику элементарных частиц и физических полей, физику ядра, физику атомов и молекул, физику твёрдых, жидких и газообразных тел, физику плазмы». Как сегодня известно, материя существует в *форме* частиц и полей. Соответственно, физику можно делить по типу изучаемых материальных *объектов*: «на физику элементарных частиц и физических полей, физику ядра, физику атомов и молекул, физику твёрдых, жидких и газообразных тел, физику плазмы».

Другой критерий деления физики – характер движения этих двух форм материи (частиц и полей), т.е. процессы, в которых они участвуют, включая как особый случай статические состояния. «Различают механическое движение, тепловые процессы, электромагнитные явления, гравитационные, сильные, слабые взаимодействия; соответственно в физике выделяют: механику материальных точек и твёрдых тел, механику сплошных сред (включая акустику), термодинамику, статистическую физику, электродинамику (включая оптику), теорию тяготения, квантовую механику и квантовую теорию поля. <...> Указанные способы подразделения физики частично перекрываются вследствие глубокой внутренней

взаимосвязи между объектами материального мира и процессами, в которых они участвуют» [152. С. 310].

Здесь и в дальнейшем «объектом исследования считается тот или иной феномен¹⁵³ исследуемой реальности во всём многообразии его (известных и неизвестных) свойств, а предметом – лишь определённый срез объекта, интересующий ту или иную науку или область исследования или проектирования» [104. С. 375]. Допустим, алмазу как объекту исследования соответствуют различные *предметы* исследования. С ними работают: 1) специалист по физике твёрдого тела, 2) инженер-электрооптик, 3) кристаллограф, занимающийся рентгеноструктурным анализом, 4) геолог-поисковик, 5) ювелир, проектирующий кулон, 6) разработчик режущего инструмента, 7) химик, выясняющий разницу между графитом, алмазом и фуллереном, 8) оценщик при подготовке аукциона, 9) преподаватель кафедры минералогии, формирующий учебную коллекцию.

Тогда нетрудно видеть, что указанные разделения и «внутренние границы» в физике классифицируют *предметы* исследования. Тем не менее исторически так повелось, что для краткости обозначения тех или иных разделов физики в их названиях фигурируют как объекты исследования, так и предметы исследования. Скажем, имя физики элементарных частиц указывает на её объект исследования. А механика материальных точек сообщает о своём предмете исследования. Дело в том, что «материальная точка» есть отвлечённое понятие, в природе таких объектов нет, как и, допустим, нет идеального газа. Для него французский физик и инженер Б.П.Э. Клапейрон (1799–1864) вывел уравнение (1834), которое обобщил (1874) Д.И. Менделеев (1834–1907) [69, 133–134, 184].

Различные науки (разделы физики) могут быть нацелены на один и тот же объект. Причём цель одной науки может достигать-

¹⁵³ Феномен (от нем. Phänomen < др.-гр. φαίνωμενον – являющееся < φαίνω – являть(ся), показывать(ся), обнаруживать(ся) [4. Стб. 1304]) – явление, в котором обнаруживается сущность чего-либо; редкое, необычное явление, исключительный факт.

ся методами второй. В такой ситуации эта вторая наука «подчинена интересам» первой и играет роль её метода, т.е. части первой науки. В другой ситуации роли могут поменяться.

Так, обратимся к тем восьми научным направлениям, которые соответствуют дисциплинарному делению физики по процессам. Известно, что можно строить различные классификации, выражающие *связи* между содержанием дисциплин, в зависимости от выбора двух или трёх наук, «охватывающих» всю физику. Например, правомерно выбрать в качестве таких наук пару «термодинамика – статистическая физика». Термодинамика – «наука о наиболее общих тепловых свойствах макроскопических систем. Термодинамический подход не требует привлечения упрощённых моделей рассматриваемых явлений, поэтому выводы термодинамики имеют универсальный характер» [153. С. 83].

Задача же статистической физики – «выразить свойства макроскопических тел, т.е. систем, состоящих из очень большого числа одинаковых частиц (молекул, атомов, электронов и т.д.), через свойства этих частиц и взаимодействие между ними». Здесь используются сведения о «микроскопическом» строении тел, и потому статистическая физика является микроскопической теорией [154. С. 665]. Считается, что законы термодинамики более просты и фундаментальны, чем законы статистической физики. В этом смысле термодинамика *предшествует* статистической физике на шкале: аналитичность – синтетичность. При такой классификации теория колебаний и волн, оптика и квантовая физика входят в состав статистической физики [155. С. 97–98, 100]. Например, в учебнике А.Д. Ивлиева содержание физики сгруппировано в восемь разделов, среди которых: механика, электричество и магнетизм, колебания и волны (включая электромагнитные), молекулярная физика и термодинамика etc. [156. С. 667–669]. Учебник Ю.Н. Дубнищева [157] своей структурой тоже отражает общность колебательных и волновых явлений любой природы, выделяя нелинейные эффекты в оптике.

Кроме того, можно выбрать (в качестве дисциплин, «охватывающих» всю физику) тройку «механика¹⁵⁴ – электродинамика – атомная физика». Напомним: механика – «наука о механическом движении материальных тел и происходящих при этом взаимодействиях между телами». Здесь движением называют происходящее со временем изменение в пространстве взаимного положения тел (либо их частей) [158. С. 126]. Электродинамика изучает классические (т.е. неквантовые) свойства электромагнитного поля и движения электрических и (гипотетических) магнитных зарядов, взаимодействующих друг с другом посредством этого поля [159. С. 519]. Тогда теория колебаний и волн входит в состав механики, оптика же – в состав электродинамики [155. С. 98, 100]. Не забудем, что оптика¹⁵⁵ – раздел физики, где изучают оптическое излучение (свет), процессы его распространения и явления, наблюдаемые при взаимодействии света с веществом. Оптика является частью учения об электромагнитном поле (электродинамики) [161. С. 418].

Контрольные вопросы

1. В чём смысл понятия «объективная реальность»?
2. Какие виды объективной реальности принято различать?
3. Чем характерны физическая и техническая реальность?
4. В чём смысл понятия «модель»?
5. В чём смысл понятия «система»?
6. В каких случаях требуются междисциплинарные системы знания?
7. Как Вы понимаете сверхзадачу современной науки?
8. Как Вы толкуете положение В.И. Вернадского: «человеческая мысль есть планетарное явление»?

¹⁵⁴ Термин «механика» происходит от др.-гр. μηχανικός – изобретательный, хитрый < μηχανή – вымысел, хитрость; орудие, машина; средство [4. Стб. 815].

¹⁵⁵ От др.-гр. – ὀπτική – наука о зрительных восприятиях < ὀπτός – видимый, зримый < ὀπτανό – видеть < ὀπίλος – глаз [4. Стб. 893–894]. В русский научный язык слово «оптика» ввёл М.В. Ломоносов [160. С. 239].

9. Есть ли отличия между духовностью и интеллектуальным началом?
10. В чём смысл понятия «рациональность» и в чём её важность для науки?
11. Как Вы понимаете причины временного упадка науки?
12. Какова Ваша интерпретация слова «интерес» и какова его этимология?
13. В чём проявляется «невежество образованных»?
14. Каковы главные факторы, ограничивающие скорость научного прогресса?
15. Что принято называть научным открытием?
16. Что принято называть изобретением?
17. Почему технауча не есть техническая наука?
18. На каком основании Г. Галилея считают «отцом» технауча?
19. Что означает аббревиатура NBICS-technologies (или SCIBN-technologies)?
20. Какие науки называют когнитивными?
21. Как сегодня трактуют конвергенцию НБИКС-технологий?
22. Почему в NBICS-technologies некоторые авторы видят угрозу человечеству?
23. Какое определение науки Вы можете дать и почему?
24. Как Вы толкуете обобщение В.И. Вернадского: «источники наиболее важных сторон научного мировоззрения возникли вне области научного мышления»?
25. Способствует ли тоталитарный режим расцвету наук и почему?
26. Почему в науке важны проверяемые идеи и каковы они?
27. Чем ценна потребность в осмысленной деятельности?
28. Почему В.И. Вернадский особо выделяет всеобщность научных результатов?
29. Чем грозит личности мещанский вещизм?
30. Как в социологии науки обычно понимают мыслящую элиту?
31. Что такое эпонимия?
32. Что такое идеалы научности и зачем они нужны исследователям?
33. Что такое критерий истины в науке?
34. В чём смысл понятия «восприимчивость» в сфере научного общения?

35. Что такое «верифицируемость» научного результата?
36. В чём смысл понятия «фальсифицируемость»?
37. Чем полезно понятие «операционализируемость» теоретику?
38. Что такое измеримость?
39. Почему в науке невозможно получить данные наблюдения и эксперимента, никак не зависящие от теории?
40. Какую из формулировок антропного принципа Вы предпочитаете и почему?
41. Какое определение физики даёт академик А.М. Прохоров?
42. Какую классификацию направлений (дисциплинарное деление) физики Вы бы предложили?

Глава 2. Время, пространство, колебания, волны

Национальные образы времени. В природе и в жизни отдельного человека, а также общества в целом такие физические явления, как колебания и волны, распространены чрезвычайно широко (см., напр. [17]). Они имеют исключительно важное значение ещё и потому, что определяют во многом временную организацию нашего бытия и быта. Но что есть время? Русский философ Н.А. Бердяев (1874–1948) считал проблему времени «основным вопросом человеческого существования». По его убеждению, человек способен адекватно воспринимать время только в творчестве, поскольку время и творчество ведут человека к свободе и вечности [162. С. 298].

Уже отсюда можно догадаться, насколько фундаментально понятие времени. Действительно, оно возникает ещё в центральных мифах человечества о сотворении мира и богов. Идея времени связана с категориями¹⁵⁶ хаоса, порядка и перехода между ними, т.е. самоорганизации [163]. Понятия же времени и самоорганизации издревле, в частности уже Аристотелем в IV в. до н. э., рассматривались в связи с проблемами необратимости и многовариантности. Они весьма различно решались теми или иными доктринами¹⁵⁷ [164. С. 7–8]. В человеческом мышлении время проявляется как последовательность базовых противоположностей, прежде всего – пары Хаос – Космос [165. С. 14–19]. Пара же противоположностей составляет два полюса целостности. А движение между ними есть процесс становления, эволюции¹⁵⁸.

¹⁵⁶ Категория (от др.-гр. *κατηγορία* – суждение) – понятие, отражающее наиболее общие свойства и связи явлений действительности; родовое понятие, обозначающее разряд объектов либо самый общий их признак; группа, класс однородных объектов, явлений, лиц.

¹⁵⁷ Доктрина (от лат. *doctrina* – учение) – учение, руководящий теоретический или политический принцип.

¹⁵⁸ Эволюция (от лат. *evolutio* – развёртывание), в узком смысле – необратимое, идущее с различной скоростью развитие живой природы. В нём ведущую роль

В плане физики колебаний любопытно, что слово «время» происходит от древнерусского *веремя*. Его смысл: «нечто вращающееся» [19. С. 33]. С ним связаны: глагол «вертеть»; существительные «веретено» (в церковнославянском – *вретено*); «ворот; верста», идущие от древнерусского *вьрста* (в старославянском – *врста*); уменьшительное – «вершок». А *вьрста* означало – обратим внимание! – «возраст (древнерусское *возврст*); пара; ровесник; мера длины». Глагол «верстать» – сравнивать кого-то с кем-то; ставить солдат в ряды. Родитель привычного нам слова «сверстник» – церковнославянское *съвверсть*, т.е. «одинаковый возраст» [41. С. 300; 166. С. 94].

Такое вращательное время не имеет «начала, конца, направления»; оно есть «обход круга», *περίοδος*¹⁵⁹, а не такт¹⁶⁰, – тонко замечает Г.Д. Гачев [21. С. 171]. В церковнославянском языке «время» ассоциировалось с древнегреческим *καίρος* – «верная мера, удобное время, удобный случай, погода, продолжение» [167. С. 101]. Согласно А.Г. Преображенскому, слово «время» родственно санскритскому (разновидность древнеиндийского языка) *vartman* – «колея, дорога, след колеса, жёлоб» (цит. по: [21. С. 180]).

играют: наследственность, изменчивость, направленные мутации (как элементарный эволюционный материал), отбор организмов, приспособление их к условиям существования, образование и вымирание видов, преобразование биосферы, включая её кризисы. Эволюция, в широком смысле – процесс постепенного (в отличие от революции) непрерывного количественного и качественного изменения живого, непрограммированного развития знаний и техники; развитие вообще [39. С. 166]. По одной из гипотез, в физическом Космосе преобладает «тёмная энергия», которая не эволюционирует вовсе, и «тёмная масса», чрезвычайно слабо эволюционирующая.

¹⁵⁹ Знакомый термин «период», *περίοδος*, для грека означал: обход; окружность; круговращение, движение по кругу; очередь, чередование; перемена кушаний за столом; определённый образ жизни, диета [4. Стб. 984].

¹⁶⁰ Такт (от нем. *Takt* < лат. *tactus* – прикосновение, ощущение, воздействие; осознание) в музыке – повторяющаяся всё время часть ритма: от одного сильнейшего удара (акцента) до следующего удара равной с ним силы. От *tactus* – прилагательное «тактильный», т.е. осознательный, и (через фр. *tact*) «тактичный»: обладающий чувством меры, которая подсказывает деликатную линию поведения при достижении цели.

Г.Д. Гачев настаивает, что в русской душе и сознании время неотделимо от вращения, обращения, возвращения; оно сопряжено с образами линии, пути, катящегося колеса. «Недаром так по душе пришлось на Руси выражение “колесо истории”. Тут и путь-дорога, и природный кругооборот. Линия эта не простая, а с закавыкой вспять. Ведь при качении вперёд – точка колеса идёт назад, потом вперёд, потом назад, туда-сюда. Так что “время” есть колебание: такое время есть трепет, дрожь. И тут – сближается с пульсом, тактами вдоха-выдоха, которые суть тоже колебания туда-сюда; и именно отсюда, изнутри человека, Кант выводил Время как априорную¹⁶¹ форму нашей внутренней чувственности» [21. С. 171, 174]¹⁶².

Гачев позволяет себе следующее ёмкое сопоставление: «Гоголевская мифологема¹⁶³ “Русь-тройка” есть путь в бесконечный простор как пролагаемый качением. “Другие” (“народы и государства”) стоят: столбами; реализуя вертикали. Русь же катится: её царство – даль и ширь, горизонталь. Другие – “косясь, постара-

¹⁶¹ Априорный (от лат. a priori – из предшествующего) – относящийся к знанию о фактах, полученному до изучения их на опыте, т.е. к знанию, изначально присущему человеческому сознанию. Противоположное понятие – апостериорный (от лат. a posteriori – из последующего, от позднейшего).

¹⁶² Напротив, латинское tempus – «время» – происходит от глагола tendo – «растягивать(ся), тянуть» [2. С. 640]. Гачев напоминает, что отсюда же появляются термины Р. Декарта: extension – протяжение, entendement – мышление, понимание, внимание [18. С. 204; 19. С. 24]. Гачеву слышится в tempus «ступание римского легиона по римской дороге». От tempus – французское temps. А откуда всем известное time? От староанглийского tīma, старонемецкого tīmon, имеющего корнем, вероятно, глагол tī – простирать, протягивать. По догадке Гачева, германское tī в немецком глаголе ziehen (тянуть, влечь, протягивать) сопряжено с Zeit (время). Но немцы понимают время иначе: как рубленный отрезок, как *срок*. Лишь Ewigkeit (Ewig – от лат. aevum < др.-гр. αἰών), т.е. вечность, тянется, длится. И Zeit указывает на «единичное», дискретное касание, рубленость, нечто отдельное. Zeit позволяет выбрать частицу времени за начало, откуда «только вперёд!» [18. С. 204; 21. С. 159, 171].

¹⁶³ Мифологема (от др.-гр. μυθολογία – баснословный рассказ, сказка [4. Стб. 829]) – структурная единица, смысловой «квант» некоторой мифологии. Так, выражение «прикосновение Мидаса» (превращавшее всё в золото) выступает как мифологема по отношению ко всему древнегреческому мифу о царе Мидасе.

ниваются”. “Постараниваются” = дают пространство: оно образуется качеством: его, как колобок-ковёр, перед собой катят и раскатывают в равнину и “бесконечный простор”, чтоб “пройтись богатырю”. В немецком же мироощущении интимнее Время.

Даже в математической терминологии это сказывается. Для выражения того содержания, что в русском языке передаётся через “необходимо и достаточно”, в английском и французском языках в этом случае употребляется союз “если и только если” (if and only if; si et seulement si), в немецком – “тогда и только тогда” (dann und nur dann). То есть немецкий математический Логос выражает эту ситуацию через время, тогда как (“в то время как” – русский язык в этих оборотах калькирует немецкий образ мышления – так повелось в русской терминологии с XVIII века – хотя время не присуще ему) английский и французский выражаются, минуя его» [19. С. 35–36]. А как с нашим родимым пространственным моделированием бытия? Ответ даёт А.А. Мельникова на основе изучения разнообразной и порой запутанной грамматики русского языка. А.А. Мельникова заключает: «В отличие от многих других языков, русский отражает такое национальное сознание, в соответствии с которым мир предстаёт неструктурированным, неорганизованным, непредсказуемым, в котором может случиться всё что угодно. Кардинальное отличие от рационального, тщательно структурированного сознания жителя Западной Европы» (цит. по: [168. С. 291]).

Говоря именно о национальном сознании, важно учесть одно существенное различие. Его проводит наш физиолог, создатель учения о высшей нервной деятельности, нобелевский лауреат И.П. Павлов (1849–1936). Будучи крупной общественной фигурой в России начала XX в., он в числе немногих стал бесстрашным гражданином и в СССР. Павлов здраво оценивал роковые последствия советского – как он писал, взывая к властям, – «эксперимента с уничтожением всего культурного слоя и всей культурной красоты жизни» [169. С. 667]. В лекции «О русском уме» (1918) Павлов исходит прежде всего из фундаментального принципа: «долг нашего достоинства – сознать то, что есть». Поэтому «у каждого ума одна задача – это правильно видеть действительность, пони-

мать её и соответственно этому держаться». Одинаково ли по масштабу *горе от ума* научного и от ума обычного, среднестатистического, общежизненного, т.е. народного?

Павлов рассуждает неожиданно: «Научный ум имеет дело с маленьким уголком действительности, а ум обычный имеет дело со всей жизнью. Задача по существу одна и та же, но более сложная; можно только сказать, что здесь тем более выступает настоятельность тех приёмов, которыми пользуется в работе ум вообще. Если требуются известные качества от научного ума, то от жизненного ума они требуются в ещё большей степени. И это понятно. Если я лично или кто-либо другой оказались не на высоте, не обнаружили нужных качеств, ошиблись в научной работе, беда небольшая. Я потеряю напрасно известное число животных, и этим дело кончается. Ответственность же общежизненного ума больше. Ибо если в том, что происходит сейчас, виноваты мы сами, эта ответственность грандиозна».

О качестве «обычного ума» Павлов судит по революционным событиям 1917–1918 гг. и приходит к неутешительному выводу: «русский ум не привязан к фактам. Он больше любит слова и ими оперирует». Особенно тревожит его то, что «русская мысль совершенно не применяет критики метода, т.е. нисколько не проверяет смысла слов, не идёт за кулисы слова, не любит смотреть на подлинную действительность. Мы занимаемся коллекционированием слов, а не изучением жизни». И это – «общая, характерная черта русского ума. Если ум пишет разные алгебраические формулы и не умеет их приложить к жизни, не понимает их значения, то почему вы думаете, что он говорит слова и понимает их». Типичную реакцию на критику Павлов характеризует убийственно: «Мы глухи к возражениям не только со стороны иначе думающих, но и со стороны действительности. В настоящий, переживаемый нами момент я не знаю даже, стоит ли и приводить примеры» [170]. Скорее всего, оценка И.П. Павлова не трезвит наших «патриотов», горячих поклонников социальной практики русского коммунизма etc. Но, прислушавшись к доводам Павлова, можно снизить вероятность провала в жизни и в научных занятиях.

Идею космического времени, которую выражал годовой цикл явлений на планете и периодичность лунных фаз, люди были способны осознать около 30 тыс. лет назад. Культ ежегодно умирающего и воскресающего божества – подателя всех благ был известен в Древнем Египте (конец 4-го тысячелетия до н. э.) и унаследован, вероятно, от религии шаманизма, появившейся в эпоху неолита (около 8-го – 3-го тысячелетия до н. э.). Показательно, что у индоевропейцев *meH-, корень слова «время», связан с глаголом *meH(i)-, означающим: созреть, собирать урожай. Вместе с тем корень *meH- имеет значение «измерять». Это доказывают слова: хеттское *mehur* (время), древнеиндийские *māti*, *mīmāti* (измеряет) и *mātrā* (мера), древнегреческое *μετρον* (мера), латинское *mētor* (измеряю). Вероятно, в мышлении и картине мира у людей той поры значение «время роста и созревания злаков», т.е. «сезонное время», затем обобщилось в значение «время вообще» [171. С. 691]. Привычное нам слово «мера», присутствующее в древнерусском и старославянском с тем же смыслом, происходит от *meH- (через *mātrā*), при этом, например, в литовском *mėtai* – «год» [61. С. 600; 172. С. 30].

Поэтический и туманный образ времени как будущего встречается в текстах Ветхого Завета. Например, в апокалипсической¹⁶⁴ Книге пророка Даниила (который жил в VI в. до н. э., но Книга приобрела окончательный вид около 165 г. до н. э. [173. С. 96]), её автору – в процессе видения – является «муж в льняной одежде». Подняв руки к небу, он пророчествует о том, что совершится «к концу времени и времён и полувремени и по совершенном низложении силы народа святого» (Дан., 12, 7).

Стремление понимать время: от античности до Августина. «Время времени и всё делает временным» [38. С. 242], – афоризм

¹⁶⁴ Апокалипсический (апокалиптический) – относящийся к апокалипсису (от др.-гр. *αποκαλυψις* – раскрытие, снятие покровов), т.е. будто бы к божественному откровению. В христианском учении Апокалипсис – пророчество о «конце света», о последнем времени и т.п., содержащееся в «Откровении Иоанна Богослова», давно ставшим предметом различных толкований и бесчисленных спекуляций со стороны фанатиков, шарлатанов, дельцов.

стически¹⁶⁵ формулирует отечественный мыслитель наших дней. (Возможно, по ассоциации он невольно воспроизводит неологизм *temporalisation* (1968) французского философа Ж. Деррида (1930–2004); если перевести буквально, *temporalisation* – темпорализация, или овременивание: некоторое присутствие прошлого в любом знаке и намёк на его изменение в будущем [174. С. 29].)

Необратимость течения времени отчётливо осознана давно. Уже Антифону, древнегреческому философу-софисту (V в. до н. э.), ученику Сократа, приписывают изречение: «Самое драгоценное достояние – время» (цит. по: [175. С. 26, 34]). Первым предпринял научный анализ времени (как «меры и числа движения») и поставил проблему восприятия его человеком (понятие «время души») Аристотель Стагирит в капитальнейшем трактате *Φυσικῆς*, т.е. «Физика» [162. С. 289, 291].

В истории естествознания и шире – в истории культуры – суждения о природе времени заметно различались. Так, Аристотель, фактически, допускал мнимость времени, указывая, прежде всего, на то, что время не дано нам в ощущениях как нечто осязаемое и зримое. Одной его части *уже* нет: она прошла. Другой – *ещё* нет: она пока не наступила. Есть же некое «теперь», так называемое настоящее время. Но оно, всегда неуловимым образом исчезая, есть как раз «ненастоящее», иллюзорное, поскольку во всякое мгновение оказывается другим и новым «теперь» [175. С. 52]. В Древнем Риме время начинает восприниматься не только как космический, но и как исторический феномен. «Время – чередование вещей, схваченное в тройкой изменчивости, если только может быть схвачено то, что никогда не останавливается, – пишет римский грамматик Диомед (IV в. до н. э.). – ...мы либо делаем, либо сделали, либо собираемся делать». Это значит, что «мы нераздельному времени назначаем части, не разделяя само время, но обозначая различие наших действий» (цит. по: [175. С. 41]).

¹⁶⁵ Афористический – присущий афоризму (*αφορισμός* < *αφορίζω* – отделять (границей), определять [4. Стб. 233]), т.е. изречению, выражающему мысль предельно кратко и ёмко.

Этот круг мыслей в дальнейшем расширялся. Он послужил для Аврелия Августина (354–430), христианского богослова и церковного деятеля, основой своеобразной концепции времени, изложенной в замечательном литературном памятнике: его лирико-философской «Исповеди». Августин полагает *относительность* времени. У него оно служит главным образом мерой продолжительности вещей, их движения, а также человеческих действий, оставляя впечатления о них в памяти и «в нашей душе» [175. С. 68]. По мнению Августина, есть «три лика одного времени: настоящее прошедшего, настоящее настоящего и настоящее будущего», связанные с памятью человека (цит. по: [162. С. 291–292]). Сходство с Августином Г.Д. Гачев усматривает у Р. Декарта (1596–1650), французского философа, математика, физика и физиолога. Августин учит, что с творением бог внёс и время, т.е. до творения мира не было времени, а была вечность, так что время соприуще тварям – «сотворённым» существам. Симметрично, т.е. в конце мира, согласно пророчествам Апокалипсиса, в которые и поныне верят христиане, «времени больше не будет». По Гачеву, время есть «очень отцовско-мужское» понятие: оно «недаром сопряжено с творением, а о пространстве такого что-то не слышать в рассуждениях отцов церкви» [18. С. 206].

Теория как видение. Известно, что приход Возрождения (XIV–XV вв. в Италии, конец XV–XVI вв. в других странах Европы)¹⁶⁶ изменил господствующее мировоззрение. И это обстоятельство не могло не отразиться на качестве научной деятельности. Обновился *modus cognitandi*, т.е. образ мышления. Для ренессансного естествоиспытателя, а тем паче для его коллеги в науке Нового времени, возникшей в первой четверти XVII в., мир видится как

¹⁶⁶ Термин «Возрождение» (ит. *Rinascita*) одним из первых ввёл (1550) Дж. Вазари (1511–1574), итальянский художник-маньерист, архитектор, автор «Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих». Термин «Ренессанс» (фр. *Renaissance*) обозначает период между Средневековьем и Новым временем в Европе. Границы его зависят от истории отдельной страны или региона. С Возрождением связаны новый образ мышления (*modus cognitandi*) и интеллектуальная революция, изменившая взгляд на мир.

пространство (вспомним перспективу в живописи Возрождения) и осязается как нечто материальное. А вот становление, изменение и само время (вместе с вечностью в христианском вероучении) отходят на второй план. Время понимается лишь как средство мышления, т.е. оно превращается в чисто мыслимую величину, и неявно сводится к протяжённости, а движение – к пространственному перемещению. В итоге мышление о мире стало пониматься преимущественно как видение, созерцание его.

Такое отношение учёного к постижению окружающей его действительности проявилось в характере творчества. И – выражая его отличия – даже в обозначении творческого продукта. Раньше главным результатом процесса познания была *докса*¹⁶⁷, т.е. некое воззрение. В XVII в. концентратом и ведущей формой организации научного знания стала *теория*¹⁶⁸, – напоминает философ-антрополог Н.Н. Трубников [175. С. 84–85, 90]. Оба эти термина имели хождение ещё в античной Греции, но «феория», т.е. $\Theta\epsilon\omicron\rho\iota\alpha$, имеет более сложную и поучительную этимологию.

Германский философ М. Хайдеггер (1889–1976) напоминает, что $\Theta\epsilon\omicron\rho\iota\alpha$ происходит от глагола $\Theta\epsilon\omicron\rho\epsilon\iota\nu$, который возник от сращения двух корней: $\Theta\epsilon\alpha$ и $\omicron\rho\alpha\omega$ [35. С. 242]. Греческое $\Theta\epsilon\alpha$ – основа всем знакомого слова «театр». В старинном произношении это «феатр», т.е. укороченное древнегреческое $\Theta\epsilon\alpha\tau\rho\nu$, означающее: место для зрелищ; зрелище. Кстати говоря, словом «теорема», $\Theta\epsilon\omicron\rho\eta\mu\alpha$, древний грек искони именовал зрелище, увеселение! И только позднее $\Theta\epsilon\omicron\rho\eta\mu\alpha$ получила иной – нынче известный даже школьникам – смысл: исследованное и доказанное по-

¹⁶⁷ Докса (от др.-гр. $\delta\omicron\zeta\alpha$ – мнение, представление, предположение < $\delta\omicron\kappa\epsilon\omega$ – думать, полагать [4. Стб. 338, 340]) – учение. Отсюда понятие «ортодоксия» (др.-гр. $\omicron\rho\theta\omicron\delta\omicron\zeta\iota\alpha$ < $\omicron\rho\theta\omicron\varsigma$ – прямой, истинный, правильный [4. Стб. 898]) – неуклонное следование принципам какого-то учения, мировоззрения.

¹⁶⁸ Теория (др.-гр. $\Theta\epsilon\omicron\rho\iota\alpha$ – смотрение на зрелище; наблюдение, рассмотрение, исследование; наука, учение, теория [4. Стб. 606]) – обобщение опыта; совокупность положений, составляющих науку или её раздел, а также правил в области какой-то деятельности; система взглядов по какому-то вопросу; отвлечённые знания, рассуждения, оторванные от действительности.

ложение, правило, учение [4. Стб. 598, 605]. Кроме того, подчёркивает М. Хайдеггер, $\Theta\epsilon\alpha$ – «облик, лик, в котором вещь является, вид, под которым она выступает». Платон Афинский (428 или 427 – 348 или 347 до н. э.) «называет этот вид, под которым присутствующее показывает, что оно есть, эйдосом»¹⁶⁹. И потому увидеть ($\epsilon\iota\delta\epsilon\nu\alpha\iota$) этот вид – значит ведать, знать. И наше видение, созерцание часто предполагает, а то и усиливает чувство интереса, повышенного внимания. В русской речи XVII в. и позже бытовал глагол «навидеть» – охотно смотреть, любить; увидеть, усмотреть, положить взгляд на кого-либо. Аналогично – в польской (*nawidzieć*) и украинской речи. В.В. Биbihин (кстати говоря, он и Хайдеггера переводил) подмечает, что в русских глаголах «наворочать», «навоображать», «нагрузить», «наполнить» и т.п. приставка *на-* имеет смысл «прибавить». Потому «навидеть» – прибавить веса в своих глазах, увидеть в объекте больше, чем прежде [178. С. 365]. Какая мораль отсюда для исследователя? Ему весьма полезна «школа навидения»¹⁷⁰ (метафора Биbihина [178. С. 367]).

Второй корень в «феории» – глагол $\omicron\rho\alpha\omega$ (или $\omicron\rho\epsilon\omega$). Он означает: «глядеть на что-либо, охватывать взором, разглядывать» [35.

¹⁶⁹ Эйдос (др.-гр. $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$ – вид, наружность, красота; качество, устройство чего-либо; идея [4. Стб. 371]) – в учении Платона – синоним термина «идея» ($\iota\delta\epsilon\alpha$), умопостигаемая форма, объект достоверного научного знания. Слово $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$ имеет своим корнем др.-гр. (F) $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$ – вид, фигура. (F) $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$, как и русское «вид», древнерусское «вѣдь», т.е. знание, колдовство, ведовство (отсюда – ведунья, ведьма) [176. С. 120], происходит от древнеиндийского *vēdas* – знание, осматрительность [41. С. 313]. Аналогично, первоначальное значение слова $\iota\delta\epsilon\alpha$ есть (F) $\iota\delta\epsilon\alpha$ – зрительный образ, или «видеа»; оно является диаграммой от корня *Fid* = вид (цит. по: [177. С. 15]).

¹⁷⁰ Читатель, верно, догадался, что «ненависть» – негатив «навидения». В.В. Биbihин прав: «Отнимите готовность вглядываться, на-видеть, и дело скоро дойдёт до невыносимости смотреть. Взгляд редко удерживается на середине, сбивается на навидение (слышите это слово как на-видение, на-копление, наращивание вещи при обращении внимания на неё: наработывание) или на отвлечение. <...> Достаточно только не пускаться в открытие вида как бесконечного, отказаться от *навидения* как *идеализации* – достаточно не идеализировать, и то, на что смотришь, скатывается до мало что ничего, а до ненавистного» [178. С. 365–366].

С. 243]. В страдательном залоге οραω – быть видимым, замечаемым, являться, показываться; в переносном же смысле οραω – замечать, понимать [4. Стб. 894–895]. А в целом θεωρεῖν означает «видеть явленный лик присутствующего и зряче пребывать при нём благодаря такому видению» [35. С. 243]. Но слова Θεα и οραω при другом ударении могут звучать как Θεα (богиня) и ωρα (осторожность, почтение, внимание, забота). В толковании Хайдеггера богиня для греческого мыслителя – Истина, Алетейя (Αληθεια, правда; справедливость; правдивость; действительность, истинное положение дел; αληθω – нескрыт(н)ый [4. Стб. 52, 750]). Поэтому «“теория” в старом, т.е. раннем, ничуть не устаревшем смысле есть оберегающее внимание к истине» [35. С. 243]. Актуально ли хайдеггеровское определение теоретического знания нынче? А вспомним, чем должно быть научное высказывание в идеале. Не истиной ли?

Возрождение во многом означало освоение и использование интеллектуальных ресурсов полисной¹⁷¹ Античности [179. С. 52]. Новое время продолжило эту линию, например, в лице Р. Декарта. Разумеется, по мере прогресса естествознания и техники шла ревизия отдельных частей античного научного наследия. Тем не менее, в эти столетия учёное сообщество воспроизводило познавательный идеал и другие ценности древнего грека. Вот как Хайдеггер комментирует этот важный факт. Он разрабатывает тезис: наука есть теория действительности¹⁷². «Образ жизни (βίος), опре-

¹⁷¹ Полисный (от др.-гр. πόλις – город) – относящийся к городу-государству как особой форме социально-экономической и политической (от др.-гр. πολιτική – искусство управлять городом) организации общества.

¹⁷² Смысл «теории» мы рассмотрели. А что есть «действительность»? По Хайдеггеру, «действительность составляет сферу действянного, того, что действует». Глагол «действовать», «делать» восходит к индоевропейскому корню **dhebh-*, т.е. сооружать, мастерить, готовить (по Э. Бенвенисту, **dhe* – устанавливать в бытии (о богах)). А ещё **dhebh-* – этимон праславянского слова **doba-* – благоприятное, подходящее время, отсюда слова «добро», «удобный», «надобность», «подобный», «(не)подобающий», «доблесть», «снадобье», «сдоба» [180. С. 66]. От **dhebh-* – древнегреческое θεμις (право, закон, обычай; отсюда богиня правосудия Фемиды) и θεσις (полагание, выкладывание, (место)положение; постановвле-

деляющийся “феорией” и ей посвящённый, – пишет Хайдеггер, – греки называют βίος θεωρητικός, образом жизни созерцателя, вглядывающегося в чистую явленность при-сутствующего. В отличие от этого βίος πρακτικός есть образ жизни, посвящённый действию и деланию. Различая их, мы должны, однако, всегда помнить одно: для греков βίος θεωρητικός, созерцательная жизнь, особенно в своём наиболее чистом образе как мышление, есть высшее действие». И заключает афоризмом, относящимся к теме времени: «Пока мы не вникнем мыслью в то, что есть, мы никогда не сможем принадлежать тому, что будет» [35. С. 243, 258].

Стремление понимать время: от XVII до XX в. Вернёмся к краткой истории понимания времени. У Ис. Ньютона время, фигурально говоря, реабилитируется¹⁷³. Оно толкуется как самостоятельная сущность, которая не зависит ни от движения, ни от человека как субъекта восприятия [162. С. 292]. У Ньютона время имеет те же «права», что и пространство, интерпретируемое подобным образом. Противопоставляя двух колоссов¹⁷⁴ науки XVII в., Г.Д. Гачев образно пишет: «Декартово бытие – это бесконечный многочлен. Ньютон же учредил его биномом из двух членов:

ние, назначение; размещение; закладывание, залог [4. Стб. 600, 604]). Как «тезис» θεσις знаком русскому слуху. Но – всё же лишь как полагание, мнение, суждение о действительности, скажем, о природе. Однако θεσις как делание Хайдеггер мыслит не просто как оперативность и активизм человека. «Рост, движение природы (φυσις) есть тоже действие, причём именно в точном смысле θεσις», – считает Хайдеггер. В познавательной ситуации φυσις и θεσις можно противопоставлять именно потому, что у этих понятий есть общее основание, на котором они расходятся. Но «φυσις есть θεσις: спонтанное выдвигание, выставление, про- и из-ведение вещи в её присутствие» [35. С. 240–241, 423]. В древнегреческом языке φυσις означает также творение, тварь [4. Стб. 1331].

¹⁷³ Реабилитация (от позднелат. *rehabilitatio* < лат. *re* – приставка, обозначающая возобновление или повторность действия, + *habeo* – обладать; иметь владение, состояние [2. С. 279]) – восстановление: в правах; доброго имени; нарушенных функций организма и трудоспособности.

¹⁷⁴ Колосс (от др.-гр. *κολοσσος* – статуя размером более человеческого роста [4. Стб. 719]) – сооружение громадных размеров; человек, выдающийся на каком-либо поприще.

a – пространство (L), b – время (T) – и из них, в разной степени сочетаний, стало возможно строить всё» [19. С. 27].

Возрождение важнейших для античной философии идей становления и изменения, идей последовательности состояний бытия etc. происходит в работах Г.В. Лейбница, не только математика и физика¹⁷⁵, но также философа, изобретателя, юриста, историка, языковеда, ботаника, геолога, палеонтолога¹⁷⁶. Будучи сам «школой и направлением», Лейбниц свободно синтезирует подходы Декарта, Ньютона, отчасти ещё А. Августина и Аристотеля как автора «Физики». Согласно Лейбницу, число, время, движение есть не только мыслимые сущности, но они такие же объективные определения вещей, как и их пространственная протяжённость [175. С. 89–90, 92, 95]. Считается, что Лейбниц создал концепцию субъект-объектного времени. По его мнению, «пространство и время не реальности, существующие сами по себе, а феномены, вытекающие из существования других реальностей». Не будь человека в мире, время стало бы «чисто идеальной возможностью» [181. С. 410–411]. В скрытой полемике¹⁷⁷ с Ньютоном (в частном письме) Лейбниц разъяснял свою позицию: «...считаю пространство, так же как и время, чем-то чисто относительным: простран-

¹⁷⁵ Например, Лейбниц ввёл физический термин *vis viva*, т.е. «живая сила», обозначавший именно то содержание, какое отныне в науке фигурирует под именем кинетической энергии [175. С. 99]. Известно, что Лейбниц участвовал в обсуждении с Петром I проектов организации нашей Академии наук, основанной в 1724 г. (в ней работали ученики Лейбница), системы образования и государственного управления в России. С именем Лейбница ассоциируются также просветительские инициативы Петра I, в том числе приобретение им в Европе этнографических, анатомических и других коллекций, вошедших позднее в учреждённую монархом Кунсткамеру (от нем. *Kunstkammer* – кабинет редкостей; музей). Петровские начинания актуальны и сегодня, когда в народной массе быстро восстановились старинные формы невежества: от языческих суеверий до мракобесных поклонений мощам и прочим фетишам, пропагандируемым РПЦ через СМИ.

¹⁷⁶ Палеонтология (от др.-гр. *παλαιός* – древний + *ον* (*οντος*) – сущее) – наука об ископаемых животных и растениях.

¹⁷⁷ Полемика (от др.-гр. *πολεμικός* – воинственный, враждебный < *πόλεμος* – война [4. Стб. 1020–1021]) – острый аргументированный спор при выяснении или обсуждении чего-либо.

ство – порядком сосуществований, а время – порядком последовательностей» (цит. по: [175. С. 94]).

Концепцию абсолютного объективного времени Ньютона критиковал английский философ и католический богослов Дж. Беркли (1685–1753). Он исходил из принципов солипсизма¹⁷⁸ и эмпиризма¹⁷⁹: «существовать – значит быть воспринимаемым», и «мир есть комплекс наших ощущений». Поэтому у Беркли вне человеческого чувственного восприятия нет ни времени, ни самого мира! Ньютонской теории он противопоставляет следующий довод: «Если бы время существовало вне нашего восприятия, то тогда время страдания не ощущалось бы нами как длящееся более долго, а время удовольствия не пролетало бы мгновенно» (цит. по: [162. С. 294]). Свой взгляд на идею времени развивает Им. Кант. В диссертации «О форме и принципах чувственно воспринимаемого и умопостигаемого мира» (1770) он строит систему познания действительности. В противоположность физикам, Кант обращается к субъективному аспекту времени [175. С. 101–102].

Надо сказать, что обычно под *субъектом* понимают человека, познающего либо изменяющего внешний мир. Мир же выступает в роли *объекта* человеческой активности. Ранее мы уже касались этимологии этих фундаментальных терминов. Латинский глагол *objaceo*, сконструированный из приставки *ob* (вперед, при) и *iaceo* (лежать; метать, бросать), означает: лежать перед. Глагол *objectere* имеет смысл: бросать перед кем-либо, ставить против; выставлять, держать перед – сравни с др.-гр. словом *προβλημα* (переводится и как «проблема») – поставленное впереди [2. С. 422]. Иначе говоря, глосса *objectum* буквально означает: брошенное (метаемое) перед, пред-лежащее, или предмет. Г.Д. Гачев остроумно переводит ла-

¹⁷⁸ Солипсизм (от лат. *solus* – единственный + *ipse* – сам) – учение, объявляющее единственной реальностью только своё «я», индивидуальное сознание и отрицающее наличие внешнего мира.

¹⁷⁹ Эмпиризм (от др.-гр. *εμπειρία* – опыт(ность), знание, приобретаемое опытом) – учение, признающее чувственный опыт единственным источником знания; склонность к практической деятельности, к получению результатов без теоретического обобщения их или даже без предварительного теоретического анализа.

тинский objectum / объект русским существительным «подкидыш» [182. С. 134].

Аналогично, для древнего римлянина глагол subiectere (содержащий приставку sub – под + глагол iacio – бросать) означал: подчинять; ставить вместо чего-либо; научать. Прилагательное subiectum среди своих значений имеет такие: подлежащий, находящийся под; граничащий; подчинённый [2. С. 615–616]. М. Хайдеггер разъясняет, что латинское слово subiectum есть перевод древнегреческого существительного ὑποκειμενον – средоточие вещи, и указывает на древнегреческий глагол ὑποκεισθαι – лежать под чем-либо (ὑπο – под + κεισθαι – лежать); в переносном смысле – служить основанием [183. С. 94–95]. Получается, что латинское subiectere в значении «подчинять» содержит намёк на акт познания, а в значении «ставить вместо чего-либо» – намёк на источник модели. Причём «средоточие вещи» (ὑποκειμενον) – обратим внимание – в древних языках придано субъекту деятельности!

Так вот, у Им. Канта время выводится не из чувственных данных, а, наоборот, предполагается ими, мыслится человеком, подобно тому как пространство есть априорная форма рассудка. «Время не есть нечто объективное и реальное: оно... субъективное условие, по природе человеческого ума необходимое для координации между собой всего чувственно воспринимаемого и умопостигаемого мира по определённом закону...» (цит. по: [162. С. 294]). Взятое как таковое, «само по себе», время суть entia imaginaria (нечто воображаемое). Причём всякое вообще время *t* мыслится субъектом как некоторая часть одного и того же времени *t*, т.е. понятие *t* есть *единичное* понятие. По Канту, *t* – непрерывная величина, и её изменения текучи, поскольку любая доля времени есть также *t*, а моменты времени – лишь границы, между которыми течёт *t* [175. С. 102].

Немецкий физик-теоретик М. фон Лауэ (1879–1960), размышляя о роли колебаний и волн при измерении времени, в ряде пунктов соглашается с Им. Кантом: «Кант во всяком случае был прав, когда он представлял *время* как запечатлённую человеческим разумом форму созерцания. Это созерцание непрерывно» (курсив

наш. – *Авт.*) Лауэ добавляет: «Но непрерывность никогда не несёт с собой собственной меры; следовательно, чтобы измерить время, надо внести в него систему мер. Можно, например, произвольно установить отметки времени, нумеруя удары, в то время как кто-либо стучит кулаком по столу. <...> Тем самым устанавливается временная последовательность событий посредством ряда чисел» [184. С. 14]. В качестве поясняющей аналогии введения меры – но применительно к пространству – М. фон Лауэ обращается к цепи и к однородной нити. «Цепь имеет свою меру в себе: можно нумеровать её звенья». А вот для измерения однородной нити придётся приложить к ней масштабную линейку и отнести её деления к нити [184. С. 14].

Справедливости ради скажем, что Кант в этом отношении продолжал линию Ис. Ньютона. Последний в своей «*Philosophiae naturalis principia mathematica*»¹⁸⁰ (1687) полагал: «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 обыденное¹⁸¹ время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного, или математического, времени, как-то: час, день, месяц, год». Ньютон осторожно допускает: «Возможно, что не существует (в природе) такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с совершенной точностью». И постулирует: «Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени изменяться не может...» (цит. по: [185. С. 132]).

Против кантовского истолкования понятий пространства и времени как априорных форм познающего рассудка выступил немецкий мыслитель Г.В.Фр. Гегель (1770–1831). В разделе «Механика»

¹⁸⁰ «Математические основы натуральной философии» (лат.). И. Пригожин считает 1687 год датой рождения физики [81. С. 111; 185. С. 132].

¹⁸¹ Обыденный и (*устаревшее*) обыденный – повседневный, обыкновенный, заурядный.

его сочинения «Философия природы» (1817) выдвигается положение о том, что реальностью обладает не время как таковое, а *временное*, т.е. движущееся, конечное и преходящее [175. С. 131, 135]. У Гегеля реальность понята как процесс, пространство же оказывается тождественным реальности как момент этого процесса. «Не во времени всё возникает и преходит, – настаивает Гегель, – а само время есть это становление, возникновение и прехождение». Влияние на него Августина заметно в тезисе: «Лишь настоящее существует. Но конкретное настоящее есть результат прошедшего, и оно чревато¹⁸² будущим» (цит. по: [175. С. 134, 138]). У Гегеля истина есть *процесс*: она неотделима от времени и от вечной борьбы человеческих идей¹⁸³.

Стремление понимать время: от Бергсона до Пригожина. Французский философ А. Бергсон (1859–1941) своей постановкой проблемы времени в «Опыте о непосредственных данных сознания» (1889) опередил её новые естественно-научные формулировки. Они были выдвинуты в самом начале XX в. в работах по теории относительности и атомной физике [175. С. 141–142], а на рубеже XX–XXI вв. – по синергетике и когнитивистике. Последняя развивает сейчас «методологию от первого лица», т.е. фигуры наблюдателя, исследователя, анализируя феномены сознания, свойства и организацию «моего личного опыта восприятия». Сознание же рассматривается с позиций синергетики как открытая, самоорганизующаяся система, способная конструировать, порожд-

¹⁸² Согласно Далю, «чреватая» (от слова «чрево» – живот) – беременная, например: чреватая грозюю туча [186. Стб. 1363].

¹⁸³ Словно предвидя русскую жизнь после 1917 г., Гегель заявляет: «Посредственность длительно существует и в конце концов правит миром. Эта посредственность обладает также и мыслями; она убеждает в правоте этих маленьких мыслей окружающий мир, уничтожает яркую духовную жизнь, превращает её в голую рутину, и она, таким образом, обеспечивает себе длительное существование. Её долговечность означает именно то, что она упорно стоит на своей жи, не добивается и не достигает правды, не воздаёт должное понятию; эта долговечность царства посредственности означает, что истина не воплощается в нём как процесс» (цит. по: [175. С. 140]).

дать саму себя [187. С. 173, 184]. Данный факт – подходящий повод дать слово самому Бергсону.

В тексте «О постановке проблем» (1922) он настаивает: «...куда важнее *найти* проблему и, следовательно, *поставить* её, чем её разрешить. Ибо теоретическая проблема оказывается решённой, как только она правильно ставится. Я понимаю под этим, что в таком случае её решение уже существует, хотя может оставаться неясным и, так сказать, прикрытым: остаётся только его раскрыть. Однако поставить проблему означает не просто *раскрыть*, но и изобрести. Раскрытие касается того, что уже существует, актуально или виртуально; значит, рано или поздно оно наверняка появится» (цит. по: [188. С. 154]). Правоту позиции Бергсона можно иллюстрировать, скажем, анализом возможных альтернативных «историй» квантовой теории. Его выполнил (1975) [189. С. 185–188] Фр. Хунд (1896–1997), немецкий физик-теоретик, один из строителей квантовой механики и основоположников молекулярной спектроскопии; он, в частности, предложил способ определения размещения уровней энергии в мультиплетах¹⁸⁴ (правило Хунда) и открыл законы взаимодействия угловых моментов в двухатомных молекулах (случай Хунда) [69. С. 292–293].

В «Опыте о непосредственных данных сознания» Бергсон подчёркивает, что реальное время есть прежде всего длительность (*durée*), длительность бытия самой вещи, самой реальности в её собственных определениях, длительность реальных событий, которые в конечном счёте обуславливают движение и форму времени, а не определяются в своём бытии ни временем, ни во времени [175. С. 144]. Причём он связывает это качество со свойствами наблюдателя, введя понятие «интуиция длительности». К идее длительности Бергсона привели размышления над апориями¹⁸⁵ Зе-

¹⁸⁴ Мультиплетность (от лат. *multiplex* – многократный) – число $2S+1$ возможных ориентаций в пространстве полного спина атомной системы, где S – спиновое квантовое число. Мультиплетность определяет кратность вырождения уровня энергии системы, т.е. расщепления его на компоненты [161. С. 217].

¹⁸⁵ Апория (от др.-гр. *απορία* – недостаток, безвыходность; затруднение, сомнение, недоумение < α – не + $\pi\omicron\rho\sigma$ – выход, средство для разрешения чего-либо

нона Элейского. Позднее в сочинении «Творческая эволюция» (1907; Нобелевская премия по литературе 1927 г.) он даёт комментарий к термину *durée* как характеристике времени: «Эволюция предполагает реальное продолжение прошлого в настоящем, предполагает длительность, которая является *связующей нитью*. Другими словами, познание живого существа, или естественной системы, есть познание, направленное на сам интервал длительности, тогда как познание *системы искусственной*, или математической, направлено только на её конечный момент. Непрерывная изменчивость, сохранение прошлого в настоящем, истинная длительность, – вот, по-видимому, свойства живого существа, общие со свойствами сознания. Нельзя ли пойти дальше и сказать, что жизнь, подобно сознательной деятельности, есть изобретение и тоже представляет собой творчество?» [190. С. 57].

Разъясняя суть *durée*, Бергсон постоянно имеет в виду рефлексирующего исследователя или художника либо их сплав в одной персоне. «Поищем в глубине самих себя такой пункт, где мы более всего чувствуем, что находимся внутри нашей собственной жизни. Мы погрузимся тогда в чистую длительность, в которой непрерывно действующее прошлое без конца набухает абсолютно новым настоящим» [190. С. 205]. По образному выражению Бергсона, «один и тот же процесс должен был одновременно выкроить материю и интеллект из одной ткани, содержавшей их обоих». При этом «существенная функция интеллекта – связывать подобное с подобным»; это относится и к восстановлению – задним числом – «нового состояния из ряда его внешних снимков, как можно более сходных с тем, что уже известно» [190. С. 205–206]. И ещё одна яркая метафора Бергсона: «Наша мысль изначально связана с действием. Именно по форме действия был отлит наш интеллект. Размышление – это роскошь, тогда как действие – необходимость. Но, чтобы действовать, прежде всего ставим себе

[4. Стб. 175, 1036]) – трудноразрешимая проблема, парадокс, который обычно вызван противоречием между данными опыта и их анализом (т.е. средствами анализа). Скажем, апория «Ахилл и черепаха», восходящая к древнегреческому философу Зенону из Элеи (около 490–430 до н. э.).

цель»¹⁸⁶. В свою очередь, составление плана и выбор средств его реализации в конечном итоге требует, «чтобы мы выделяли в природе те сходства, которые позволили бы нам предвосхищать будущее» [190. С. 75].

Понятие длительности (*durée*) комментатор А. Бергсона объявляет его главным философским открытием и уточняет, что оно включает в себя аспекты историчности, динамизма¹⁸⁷, органицизма¹⁸⁸ [190. С. 9–11]. По мнению же Г.Д. Гачева, А. Бергсон и не без его влияния французский писатель М. Пруст (1871–1922) стали придавать термину *temps* (время) смысл непрерывности, дления в полемике с германским дискретным аналогом *Zeit* [19. С. 26].

Концепция времени, развитая Бергсоном, широко обсуждалась в работах многих выдающихся интеллектуалов XX в. Так, германский философ Эд. Гуссерль (1859–1938) в «Лекциях по феноменологии внутреннего сознания времени» (1928) учит, что в природе существует объективное время, но его невозможно изучать методами естествознания, психологии и философского учения о бытии. Гуссерль предлагает изучать его методом восприятия осознаваемых человеком внутренних переживаний. При этом Гуссерль полагает главной характеристикой абсолютного сознания его *направленность*¹⁸⁹ на изучаемый предмет. Он утверждает: «Дли-

¹⁸⁶ Попутно отметим, что нематематическая теория информации радиобиолога В.И. Корогодина (1929–2005), разработанная им для описания с *единых* позиций целеустремлённого поведения биологических и социальных систем [189], оказывается продуктивной для понимания творческой деятельности [60. С. 19–127]. Фактически, это ещё одно подтверждение правоты бергсоновских идей и продолжение их в новом контексте.

¹⁸⁷ Динамизм (от др.-гр. *δυναμις* – сила, способность; могущество [4. Стб. 347]) – учёт (и наличие) движения.

¹⁸⁸ Органицизм (от лат. *organizo* – придаю стройный вид) – познавательная установка на представление сложного целого через формирование его структуры из многих частей, элементов, их взаимосвязей.

¹⁸⁹ Эд. Гуссерль пользуется важным для исследователя термином «интенциональность» (от лат. *intentio* – стремление, намерение; протягивание, внимание; напряжение, усилие [2. С. 331]). Его ввели в средневековой европейской философии. Философы XX в. применяли понятие «интенциональность» для описания психических переживаний. По Гуссерлю, интенциональность существует в виде единой

тельность ощущения и ощущение длительности – две разные вещи»; «последовательность ощущений и ощущение последовательности – не одно и то же». Причину этого Гуссерль видит в том, что время запечатлевается и существует в форме «непрерывного потока сознания». По Гуссерлю, пространство и время проявляют себя именно как феномены потока сознания [162. С. 297]. В.И. Вернадский, считая себя последователем Бергсона, выделял для своих исследовательских нужд в его концепции идею множественности уровней времени и множественности жизненных миров, существующих на разных уровнях [187. С. 184], или *темпомиров*, как часто говорят в синергетике. Независимые структуры живут в разных темпомирах, т.е. каждая из них развивается в своём темпе. Если происходит объединение структур, то они попадают в один общий темпомир: темпы их эволюций согласуются, синхронизируются [193; 194. С. 42–43]. Поэтому, размышляя о картине мира, следует всегда учитывать позицию наблюдателя, с какой она построена, всегда рассматривать восприятие времени как активное творение наблюдателя [101. С. 99–116; 187. С. 184; 195. С. 60–85].

Бергсоновская философия не только оказала многообразное влияние на русских мыслителей, но часто использовалась как аргумент в дискуссиях 1907–1917 гг. Хотя главной его идее длительности (*durée*) уделялось не так много внимания. Почему? Сказывалась религиозная традиция, к которой относили себя многие русские философы [196. С. 108]. Скажем, философ и психолог

структуры: 1) акта *полагания* объекта (ноэзис < др.-гр. νοησις – мышление < νοεω – замечать, видеть, понимать; думать, взвешивать; значить); и 2) *предметного смысла* (ноэма < др.-гр. νοημα – мысль, намерение, решение; рассудок, ум [4. Стб. 848]). В этом плане Гуссерль говорит о «смыслосозидающей интенциональности» сознания. Ноэзис (как «я мыслю») и ноэму (как построенный в мышлении предмет; «модель» у физика) ввёл в философский оборот ещё Платон. Аристотель толковал мышление как комбинаторику ноэм, а истину – как их адекватное сочетание. Согласно Дж.Р. Сёрлю, значение (смысл) нельзя свести лишь к лингвистическим составляющим: значение есть результат взаимодействия языка и интенциональных мыслительных актов [10. С. 270, 474; 192. С. 47].

Л.М. Лопатин (1855–1920) был убеждён: «вся действительность времени заключается в его нереальности» (цит. по: [196. С. 109]).

К идеям Бергсона обычно обращаются, когда обсуждают исток *необратимости* процессов, используя крылатое выражение «стрела времени». Оно появилось (1928) в книге «Природа физического мира» А.С. Эддингтона (1882–1944), английского астрофизика (в частности, он определил время «жизни» Солнца) и философа [69. С. 307]. Выражение это подчёркивает также, что в ходе эволюции происходит переход от простого к сложному. Согласно одной из физических концепций материи (поляризационная теория Мироздания), необратимость времени в нашей Вселенной обусловлена тем, что существует гравитация. Предполагается, что время обратимо для всех элементарных частиц, за достоверным исключением одной: нейтрального K^0 -мезона¹⁹⁰. Чтобы в нашей (нуклонной¹⁹¹) Вселенной время было необратимым, этим свойством должен обладать протон либо нейтрон. Согласно поляризационной теории для нейтрона (как и для нейтрального K^0 -мезона) время необратимо, но пока этот слабый эффект не зарегистрирован экспериментально из-за отсутствия должных средств [121. С. 76–78].

В связи с проблемой «стрелы времени» о концепции Бергсона пишут, например, И. Пригожин¹⁹² и И. Стенгерс в первой главе «Вопрошание времени» их книги «Время, хаос, квант». Они констатируют¹⁹³, что в работах А. Бергсона «время, или “длитель-

¹⁹⁰ Мезоны (от др.-гр. μέσος – средний; название связано с тем, что массы первых открытых мезонов: π -мезона и K -мезона – имеют значения, промежуточные между массами электрона и протона) – неустойчивые элементарные частицы (принадлежат к классу адронов, т.е. частиц, участвующих в сильном взаимодействии), обладают нулевым либо целочисленным спином и не имеют барионного заряда (который для ядер равен их массовому числу). Согласно кварковой модели мезон состоит из кварка и антикварка.

¹⁹¹ Нуклоны (от лат. nucleus – ядро) – общее название для протонов и нейтронов – частиц, из которых построены все атомные ядра.

¹⁹² И.Р. Пригожин (1917–2003), сын советских эмигрантов, физик и физикохимик, многие годы работавший в Брюссельском университете.

¹⁹³ Констатировать (от фр. constater < лат. constat – известно) – устанавливать факт, наличие чего-либо.

ность” (*durée*), играет главную роль при обсуждении взаимоотношений между человеком и природой, а также пределов науки». Но И. Пригожин и И. Стенгерс возражают против вывода Бергсона¹⁹⁴ о том, что наука успешно развивается, если ей удаётся свести происходящие в природе процессы к *повторению*, иллюстрацией чего служат законы механики. Тезис этот устанавливает, по их мнению, *границу* научного познания там, где наука пытается описать возникновение нового, т.е. создающую силу времени [197. С. 24].

Сам Пригожин ввёл понятие *точечного*, или сингулярного¹⁹⁵, времени, т.е. времени без прошлого и будущего. Точечное время сменяет наше привычное время, в котором разворачиваются процессы в динамической системе, когда она оказывается в точке *бифуркации*¹⁹⁶ [162. С. 301]. В ней процесс, текущий в реальной си-

¹⁹⁴ Вероятно, имеются в виду следующие пассажи: «Как и обыденное познание, наука сохраняет лишь одну сторону вещей: *повторение*. Если целое оригинально, наука устранивается таким образом, чтобы анализировать те его элементы или стороны, которые *почти* воспроизводят прошлое. Она может оперировать только тем, что считается повторяющимся, то есть, предположительно, избегает действия длительности» [190. С. 63]. «Реальная длительность въедается в вещи и оставляет на них отпечаток своих зубов. Если всё существует во времени, то всё внутреннее изменяется и одна и та же конкретная реальность никогда не повторяется. Повторение допустимо, следовательно, только в абстрактном; повторяется лишь тот или иной аспект реальности, выделяемый нашими чувствами, в особенности же нашим интеллектом, и повторяется он именно потому, что наше действие, на которое направлено любое усилие нашего интеллекта, может совершаться только среди повторений. Так интеллект, сосредоточенный на том, что повторяется, занятый лишь тем, чтобы сплавить подобное с подобным, – отворачивается от видения времени. Он противится текучести: всё, к чему он прикоснётся, затвердевает. Мы не *мыслим* реального времени, но проживаем его, ибо жизнь преодолевает границы интеллекта» [190. С. 77]. Заметим, что Бергсон касается здесь и принципов построения моделей мира.

¹⁹⁵ Сингулярный (от лат. *singularis* – исключительный, особый, отдельный) – единственный, одиночный.

¹⁹⁶ Термин «бифуркация» (от лат. *bi* – два + *furca* – вилка) означает: развилка, разветвление (пути). Он описывает случай изменения числа решений нелинейного дифференциального уравнения, описывающего, например, динамическую систему, вследствие изменения значения некоторого её параметра (коэффициента уравнения). На плоскости «решение уравнения – параметр» появление бифуркации изображается точкой на кривой, где начинается её разветвление на две или

стеме, «на миг» теряет устойчивость. И в этом смысле процесс утрачивает связь со своим прошлым: её нарушает вторжение случайной силы, или, как говорят физики, «шума». Но и с будущим процесс в системе ещё не связан, так как подчиняется случайному, хаотическому воздействию. Именно этот шум, хаос «направляет» систему на одну из нескольких возможных траекторий движения. На какую именно? Об этом *до* точки бифуркации можно судить лишь гадательно, да и то, если известны эти траектории, т.е. потенциальные состояния реальной системы. В новом состоянии системы процесс в ней развивается снова устойчиво, влияние шума становится пренебрежимо малым. Иными словами, в системе имеет место другой режим, другой порядок, но истоком этой новизны послужила случайная активность. Поэтому Пригожин и Стенгерс предложили для возникновения нового состояния системы в точке бифуркации крылатое выражение: порядок из хаоса [198. С. 250–253]. Ещё раньше принцип «порядок через шум» ввёл Х. фон Фёрстер, стоявший у истоков теории самоорганизующихся систем [89. С. 253].

Раз уж мы коснулись такой кардинальной категории, как новизна в системе, приведём её определение, принадлежащее отечественному эволюционисту А.С. Раутиану (2006): «Новизна – мера причинной независимости, неопределённости (и если угодно, “степени случайности” связи) последующих состояний субъекта развития по отношению к предыдущим». Комментируя это определение, Л.Е. Гринин и А.В. Коротаев подчёркивают, что новизна обуславливает: 1) саму возможность последовательной смены предыдущих состояний последующими; 2) отсутствие однозначного предопределения будущего прошлым. Для анализа эволюции системы особенно важно наличие «первичной новизны», аналогов

более кривых. Процесс, происходящий в реальной физической системе, в точке бифуркации теряет устойчивость. Поэтому на поведение системы становится принципиально влиятельным воздействие случайных слабых флуктуаций («шума», или «хаоса»). А в устойчивом режиме система их влияния практически не ощущала. Эти слабые воздействия случайным образом «переключают» систему на один из нескольких возможных путей её эволюции в будущем.

которой ещё не было: это «качественно новые состояния не просто для данного объекта, но для эволюции в целом» [199. С. 9].

Почти одновременно с А. Бергсоном идею непрерывного потока сознания выдвинул американский философ У. Джеймс (1842–1910), один из основателей прагматизма¹⁹⁷. Он допускает, что наше поведение часто можно толковать как совокупность связей «стимул – реакция». Он также исходит из физиологического принципа: восприятие времени человеком – основная приспособительная функция его организма. А потому, заключает Джеймс, человек воспринимает только реальное время. По мнению Джеймса, к адекватному восприятию времени способен только деятельный и творчески активный индивид, причём именно в акте творчества, когда воспроизводится реальное время [162. С. 298].

По наблюдениям Г.Д. Гачева, «дух, пространство в Средней Европе толкуются как активная протяжённость, не вакуум, но силовое поле, что властно изгибать свет, – поле и вместилище чистой невидимой деятельности, в чём оно, к стати, сродственно “Я” моему, внутреннему миру, который тоже есть невидимая, но осязаемая активность. Оттого и смогли европейские мыслители само Пространство выводить из самочувствия “Я”. Кант ещё оставил отдельно Пространство и Время, а немецкая музыка, симфонии есть уже подвижная архитектура, т.е. изготавливаемые пространства, храмы, соборы, воздушные замки, фата-морганы¹⁹⁸ средневековых мифов и сказок; потом Гегель уже Время – становление как форму деятельности мирового Духа – вознесёт над пространством; про-

¹⁹⁷ Прагматизм (от др.-гр. *πραγματός* < *πραγμα* – дело, действие) – учение, отрицающее объективность истины и признающее истинным лишь то, что даёт практически полезные результаты, решая жизненные проблемы индивида. Функцию мысли прагматизм видит не в познании, но в выборе эффективных средств для достижения цели. Прагматизмом называют следование узкопрактическим интересам пользы, выгоды, успеха.

¹⁹⁸ Фата-моргана (ит. *fata morgana* < ср.-лат. *fata Morgana* – фея Моргана, по преданию, живущая на морском дне и обманывающая путешественников призрачными видениями) – сложный мираж, когда на горизонте возникают изображения предметов, лежащих за горизонтом, искажённые и изменчивые.

странство ж – омертвление, инобытие¹⁹⁹, ставшее. Ещё дальше по дискредитации²⁰⁰ пространства как самости пойдёт XX век: Эйнштейн, Бергсон, Шпенглер, Хайдеггер (“*Sein und Zeit*” – Бытие и **Время**²⁰¹)). Германский историк и философ культуры О. Шпенглер (1880–1936) в своём фундаментальном сочинении «*Закат Европы*» (1918–1922) полагает, что «для человека исходно чувство времени, которое через даль и отвод порождает пространство». То есть «активно невидимое время» [22. С. 140–141].

Временные масштабы и споры о природе времени. Из приведённых учений о феномене времени ясно, что он имеет много аспектов. Поэтому для консолидации усилий исследователей в этой области созданы специальные организации. Так, в Нью-Йорке, по инициативе американского учёного Д.Т. Фрейзера, учреждено (1966) Международное общество по изучению времени [200. С. 7]. Принято различать несколько родов времени: физическое, двумерное физико-биологическое время живых организмов, биологическое, психическое, историческое, социальное время и т.д. [194. С. 93–101, 149–182, 213–219; 201. С. 32, 75, 82, 111, 220, 229]. В их ряду техническое время, актуальное для теории колебаний и волн, – лишь один из родов [20. С. 190; 202. С. 47]. В литературе помимо ускоряющегося исторического времени различают столь же важное обыденное «очеловеченное» (по выражению отечественного историка А.Я. Гуревича (1924–2006)) время. Наиболее удобной единицей измерения его должна быть длительность человеческой жизни или только её активного периода.

Причём *разнонаправленность* изменений скорости обыденного и исторического времени существенна для понимания начала

¹⁹⁹ Инобытие – категория философии Г.В.Ф. Гегеля. Она обозначает момент развития бытия: относительно законченное бытие выступает в иной (иногда в смысле «неистинной», «несобственной») форме, причём она уже потенциально заключалась в предшествующей собственной форме. Так, в определённом смысле культура оказывается инобытием природы [151. С. 214].

²⁰⁰ Дискредитация (от фр. *discréditer* – подрывать доверие) – подрыв доверия, умаление авторитета.

²⁰¹ «Бытие и Время» – труд М. Хайдеггера (1927), который «в почитании и дружбе посвящается» Э. Гуссерлю, учителю Хайдеггера.

XXI века. В переживаемую нами эпоху – констатирует историк С.В. Цирель – скорость исторических, например, технологических изменений достигла небывалых прежде значений. Обыденное время, наоборот, замедлилось. И оно начинает тормозить исторические изменения: людям тяжело отвыкнуть от того, к чему они привыкли в детстве и юности. Если в ближайшем будущем не случится коренных преобразований, касающихся самой природы человека²⁰², то в дальнейшем неизбежна стабилизация скорости изменений или даже замедление хода исторического времени [199. С. 117–118].

Д.Т. Фрейзер выделяет шесть стабильных уровней материи и соответствующих им темпоральных²⁰³ уровней. 1. Мир частиц без массы покоя, движущихся со скоростью света c – *атемпоральность* (эти объекты, по-видимому, находятся вне времени). 2. Мир частиц с ненулевой массой покоя, двигающихся со скоростью менее c , – *прототемпоральность*²⁰⁴ (время микромира). 3. Мир масс, складывающихся в звёзды, галактики, их группы, – *эотемпоральность*²⁰⁵ (космологическое, или астрономическое, время). 4. Мир живых организмов – *биотемпоральность* (биологическое время). 5. Человек – *ноотемпоральность*²⁰⁶ (человеческое, психологическое, личностное время). 6. Коллективные институты человеческого общества – *социотемпоральность*²⁰⁷ (историческое и социальное время); причём наряду с синхронизмом²⁰⁸, порождаемым взаимодействием людей в обществе, возможна и «неодновремен-

²⁰² О них говорилось выше в связи с проектом NBICS-конвергенции [85–87].

²⁰³ Темпоральный (от лат. *temporarius* – сообразный со временем; *temporis* – зависящий от времени, чувствительный к времени), относящийся к феномену времени, временности (нем. *Zeitlichkeit*). Напротив, атемпоральный – не зависящий от хода времени, вневременной.

²⁰⁴ Приставка прото- (от др.-гр. *πρῶτος* – первый (по месту, времени, достоинству); главный [4. Стб. 1099]) означает: первичный, первоначальный.

²⁰⁵ Приставка эо- образована от др.-гр. *αἰών* – век, вечность [4. Стб. 38].

²⁰⁶ Приставка ноо- образована от др.-гр. *νοός* – ум, разум, мысль [4. Стб. 851].

²⁰⁷ Приставка социо- образована от лат. *societas* – (со)общество, сообщничество, союз, связь [2. С. 596].

²⁰⁸ Синхронизм (от др.-гр. *σύν* – вместе + *χρόνος* – время) – совпадение во времени явлений или процессов.

ность», или, как судит германский философ Э. Блох (1885–1977), «не все люди существуют в одном и том же Теперь» (цит. по: [108. С. 146]). Каждый из шести уровней описывается соответствующей теорией либо целой наукой. Предполагается, что существуют и промежуточные неустойчивые формы темпоральности. Раздел физико-математического естествознания, занимающийся свойствами времени в перечисленных объектах, называется хронодинамикой²⁰⁹ [200. С. 21–22].

Ещё в конце XIX в. были открыты так называемые *большие числа* в физике, т.е. числа, имеющие значения порядка 10^{20} , 10^{40} , 10^{60} , 10^{120} и т.д. Проблема состояла в том, что ни в одной из математической теории столь большие значения не появляются в качестве решений. Британский физик П.А.М. Дирак (1902–1984), один из отцов квантовой механики, предположил (1937), что все большие числа связаны друг с другом. Действительно, одно из больших чисел – современное космологическое время T . Иначе T называют возрастом Вселенной. Можно проверить, что $T / t_0 \approx 10^{40}$, где так называемое атомное время $t_0 = \hbar / mc^2$, m – масса элементарных частиц: электрона либо протона. И все остальные большие числа оказываются такими потому, что зависят от космологического времени, изменяясь вместе с его течением. Так, радиус R наблюдаемой Вселенной $R / r_e \approx 10^{40}$, где r_e – так называемый классический радиус электрона; средняя плотность ρ Вселенной, выраженная в единицах «плотности» элементарной частицы ρ_0 , т.е. $\rho / \rho_0 \approx 10^{-40}$. Тогда радиус R наблюдаемой Вселенной столь велик (плотность же ρ столь

²⁰⁹ От др.-гр. $\chi\rho\nu\nu\omicron\varsigma$ – время [4. Стб. 1354]. В древнегреческом пантеоне $\chi\rho\nu\nu\omicron\varsigma$ – олицетворение времени, одно из мировых начал, наряду с Зевсом (богом грома, молнии, дождя), правителем мира, и Геей, богиней Земли. В некоторых версиях мифа Хронос отождествлён с титаном Кроном (Кроносом, $\text{K\rho\nu\nu\omicron\varsigma}$), сыном Урана (древнейшего верховного божества, олицетворения Неба) и Геи (Земли). Крон низверг отца и стал родителем Зевса (Кронида). С правлением Крона греки связывали позднее представление о Золотом веке (о $\epsilon\lambda\iota \text{K\rho\nu\nu\omicron\nu\omicron}\nu\omicron\varsigma$). Народная этимология сблизила имя Кроноса с наименованием времени – Хроносом. В древнеримской мифологии аналог Кроноса – Сатурн, бог посевов [176. С. 294–295; 203. С. 5, 124; 204. С. 61, 77, 128, 156].

ничтожна) просто потому, что прошло достаточно много времени [149. С. 275–277, 279]. В теории колебаний величина T имеет своим аналогом время установления какого-либо режима в динамической системе: статического, периодического, хаотического и т.д.

Неоднократно строились модели, объединяющие $3D$ -евклидово пространство со временем. Скажем, в «Теории аналитических функций» (1797) французский математик Ж.Л. Лагранж (1736–1813) предложил рассматривать механику, изучающую движение положения точки (x, y, z) в пространстве как четырёхмерную (x, y, z, t) геометрию; аноним S . (в ответе на статью (1880) Ч. Хинтона «Что такое четвёртое измерение?») выдвинул (1885) идею четырёхмерного, или интегрального, тела (*sur-solid*) – воображаемой совокупности, сформированной последовательными движениями данного тела во времени-пространстве за данное время [205]; английский писатель Г. Уэллс (в рассказе «Машина времени») изложил концепцию: всякое тело существует в четырёх измерениях, имея не только длину, ширину, высоту, но и длительность.

Почти в то же время (1896) малоизвестный русский мыслитель с мистическим уклоном и математик М.С. Аксёнов полагал, что вселенная простирается не только в $3D$ -пространстве, но и во времени. Он был убеждён в существовании такого воспринимающего начала в человеке, которое «непрестанно совершает несознаваемое нами движение в направлении четвёртого измерения, по нормали к нашему, трёхмерному пространству». Отсюда получался поразительный вывод: «явление изменения и уничтожения есть иллюзия, порождаемая трёхмерностью нашей природы» [206. С. 5–48, 52, 54, 189–195]. Появление теории относительности (1900-е гг.) многие публицисты, популяризаторы естествознания и даже некоторые физики, математики, философы (в их числе М.С. Аксёнов) расценили как научное доказательство четырёхмерности реального мира [201. С. 151–152]. Под впечатлением научных открытий, а тем паче их вольных толкований, потрясающих ум и воображение, возникло искусство художественного авангарда в Западной Европе и России.

От колебания и волны к мере и мышлению. От категории времени неотделимы понятия «колебание» и «волна». Поскольку

эти виды движения относятся к наиболее фундаментальным, существует несколько их определений. Так, словари [43. С. 71; 207. С. 293; 208. С. 547] толкуют *колебания* как движения или процессы (изменения состояния), обладающие той или иной степенью повторяемости во времени. Профессор МГУ П.С. Ланда, следуя Л.И. Мандельштаму, предлагает понимать под колебательным движением «всякие происходящие длительное время ограниченные изменения состояния тела. В силу ограниченности эти изменения обязательно должны происходить “туда и обратно”» [209. С. 11]²¹⁰.

Под *волновыми* движениями подразумеваются «колебательные движения, распространяющиеся в пространстве» [Там же]. Энциклопедии же называют *волнами* изменения состояния среды (возмущения), распространяющиеся с конечной скоростью в этой среде и несущие с собой энергию без переноса вещества [207. С. 85; 208. С. 221]. А словарь [43. С. 26, 122] ассоциирует волну лишь с физическими полями, утверждая, что волна – распространение в пространстве какой-либо физической величины, обладающей свойствами физического поля (т.е. особой формы материи, пред-

²¹⁰ На наш взгляд, указанная здесь ограниченность в общем случае не является достаточным основанием для вывода об обязательности движения «туда и обратно». Ведь асимптотическое стремление состояния к конечному пределу – тоже разновидность *ограниченного* движения. Поэтому, возможно, было бы целесообразно внести в определение дополнительное требование, например, смены знака изменения состояния.

Первый вариант определения тоже кажется небезупречным: ведь выражение «той или иной степенью повторяемости» можно трактовать весьма широко! Допустим, стояние на месте (предельный случай движения) обладает *абсолютной* повторяемостью во времени. Но назвать его колебанием затруднительно, хотя это предельный случай колебаний – «колебание с нулевой амплитудой». Упомянутое асимптотическое стремление состояния к конечному пределу тоже обладает некоторой «степенью повторяемости»: отрезки графиков изменения состояния равной длительности переводятся один в другой масштабированием в некоторое число раз по невременной оси. Однако в плане необходимости очертить объект и предмет теории колебаний и волн перечисленные шероховатости определений совсем несущественны. В действительности эта теория исследует не только те движения, которые мы привыкли считать колебательными либо волновыми, но и предельные случаи таковых.

ставляющей собой систему, характеризуемую непрерывным распределением физических величин в пространстве и обладающую бесконечным числом степеней свободы). Для сравнения: в «Толковом словаре» В.И. Даля читаем: «волна – водяной гребень, гряда, долгий бугор, поднявшийся при всколыхании воды ветром или иной силою» [3. Стб. 572].

Повторим: колебательно-волновые явления универсальны. Именно потому соответствующие слова мы находим в праязыках. В надписи на древнеанатолийском языке, датируемой XVIII в. до н. э., встречается название реки Hulana- (в Анатолии²¹¹). Считается, что оно происходит от слова *Hulna- в значении «волна», сопоставляемого с индоевропейским названием «волны» *Hul-no-. Отсюда имена «волны»: старославянское vlŭna, литовское vilnis, древневерхненемецкое wella, а также балтийское Vilnia – река, по которой назван город Vilnius, столица Литвы [171. С. 861]. Любопытно, что в украинском языке волна на воде называется *хвиля*, или *ливша* (от слова «перелив»). Словарь П.А. Лукашевича даёт отсылку к древнерусскому слову *свиля* (*свила*), т.е. шёлк [166. С. 77, 83, 95]. Здесь вспоминается термин прикладной оптики «свиль», т.е. полоса, неровность в стекле, влекущая неоднородность показателя преломления света. М. Фасмер, однако, сближает «свиль» с глаголом «(с)вить» [210. С. 577], что тоже резонно.

В древнегреческом языке «волна» – *κύμα* [4. Стб. 740]; в латинском «волна» – *unda* или *fluctus*, а колебание как качание – *fluctuatio*, колебание как тряска, дрожь – *vibratio* [2. С. 260, 669, 692]. В русском языке имя «волна» характерно тем, что за формой множественного числа («волны») закреплено *пространственное* значение: волны есть объекты, которые образуют пространство, обычно без чётких границ, т.е. употребление слова «волны» предполагает возможность неограниченного увеличения объёма пространства, занимаемого волнами [211. С. 218–219]. Раздумывая над русским национальным образом пространства и, в частности, над гоголевской

²¹¹ Анатолия (от др.-гр. *ανατολή* – восход (солнца, луны, звёзд); позднее – восток) – древнее название Малой Азии.

«Русью-тройкой», Г.Д. Гачев приходит к выводу, особенно интересному для оптика. «Продвижение есть раз-движение, для него, для дифференциации сторон (света = мира, “белого света”, “страны света...”). Вот в чём дело! Вот к чему эта странность в Пространстве русском: стороны для света! они ему функциональны, служебны; для него продвижение как распахивание окон, души, дверей. <...> Мир же здесь есть – “белый свет”, а свет – не плоскостен, но заливает всю обширь разом: “Всю-то я вселенную проехал!” Итак, русское пространство ориентировано на бытие Света, который есть в нём обитатель, а оно – его обитель»²¹² [21. С. 175].

Но к понятию колебания ещё в древности пытливое человеческое сознание приближалось и с другой стороны. Так, у древнегреческого поэта-лирика Пиндара (≈ 518–442/438 до н. э.) познавательная активность человека обсуждается в контексте вопроса: «каким быть человеку в мире, когда мир *меняется*, когда боги не открывают знамений людям, когда, наконец, предвидения будущего, на которое ориентируется человек, часто не соответствует этому будущему»? Пиндар в своих одах подсказывает ключевую категорию *μετρον*, т.е. меру. «Всему своя мера: / Должный срок превыше всего», – обобщает Пиндар (перевод М.Л. Гаспарова) [212. С. 53]. «Самое разумное в этой ситуации – руководствоваться некой мерой. <...> Непостоянство мира... вынуждает человека искать нечто твёрдое, надёжное, постоянно неизменное – *меру*; и человек,

²¹² По наблюдению Г.Д. Гачева, «в русском чувстве из пары: Пространство и Время – интимнее, роднее Пространство. Оно – однокоренно и с понятиями “страна”, “сторонка” (родимая!) и “странник”, что путь-дорогу осуществляет». Какой здесь акцент? Вспомним латинское слово *spatium* – «шагание», откуда английское *space*, французское *espace* и *rayon* (от *ragus* – село, волость). Аналогично, германское *Raum* – «пустота». В русском же образе пространства Гачев различает «обращение лицом вперёд – не для себя, а для родимых сторонок: не перед (и не высь, и не глубь, разумеется) родим, а сторона: это и в выражении “Моё дело – сторона»» [21. С. 174, 178]. В слове же «пространство» слышится Гачеву: «страна моя!», «сторонка» – интимное, сердечное, родо-коренное. И у Даля находим забытое (навсегда?) обращение к ней: «Отчизнушка, отчизненка ты моя!» [11. Стб. 1989]. И ведь верно: «“странный” в русском сознании – это свой, родной; странник любим народом: “Угоден Зевсу бедный странник” (Тютчев)...» [21. С. 178].

даже если он ищет чего-то, мера чего ему неизвестна, должен заботиться о ненарушении меры и для этого – знать и свою собственную меру», – комментирует В.Н. Топоров [172. С. 25, 27].

Физику сразу бросается в глаза, что, во-первых, Пиндар утверждает принципиальную роль меры. У него «*μετρον* – принцип, метод и результат гармонизации²¹³ мира и человеческого поведения и одновременно наименее рискованная стратегия при незнании» [172. С. 30]. Во-вторых, «стихия меры и мерности» [172. С. 26] часто раскрывается Пиндаром через приливно-отливные, колебательно-волновые, существующие словно в ритме вдоха-выдоха события в жизни людей и природы: «Древние доблести / Чередуют силу поколений людских: / Чёрные пашни не плодоносят подряд, / Деревья благоухают цветами не каждый год, / Всеми нужна перемена» [212. С. 158–159]. Это ли не гимн периодичности?

Понятие меры существенно и для более ранней традиции, сохранённой в древнеиндийских Ведах (на санскрите «веда» – знание) – памятниках мысли и литературы, созданных в конце 2-го – начале 1-го тыс. до н. э. В ведийской традиции понятие меры выражено словом *mātrā* (этимологически родственным древнегреческому *μετρον*). Но у индийцев сюжеты, где фигурирует *mātrā*, напротив, подчёркивают превышение меры, выход за её пределы. Такая *чрезмерность* оказывается следствием «ещё не полной переработанности хаотического наследия» в мышлении людей, находящихся под многовековым впечатлением космогонического²¹⁴ мифа.

Здесь важно уяснить, что уже в ту далёкую эпоху человеческое познание мира понималось как «некая разновидность индивидуального духовного творения». И вот что примечательно: процесс творения имел черты колебательно-волнового движения. Ведийская

²¹³ Гармонизация – придание гармонии; гармония (от др.-гр. ἁρμονία – связь, скрепа; союз, договор; правильное и прекрасное соотношение всех частей в каком-либо предмете, созвучие, соразмерность; гармония в музыке [4. Стб. 197]) – стройное сочетание, взаимное соответствие.

²¹⁴ Космогонический (от др.-гр. κοσμογονία – происхождение мира) миф – центральный в мифологиях народов Земли, повествующий о том или ином механизме рождения Космоса из первородного Хаоса.

модель познания трактует его как аналог перехода от Хаоса к Космосу. Восстанавливая эту модель, В.Н. Топоров разъясняет, что для древних индийцев творение «никогда не бывает только приращением, чистым прибытком. Оно скорее напоминает *обмен*, череду приобретений и потерь, управляемую неким механизмом *компенсации*, воздаяния, которое неотделимо от предшествующего ему *дефицита*, состояния лишённости, недостачи, утраты» [172. С. 30–31].

Понимание роли познания в древности приоткрывается, если обратиться к ведийскому слову *sumná*. Среди толкований глоссы *sumná* – «особое состояние ума, мысли, “мнения”, души, сердца», а также «просьба о достижении этого состояния, о *милости*, которую просят у богов. Благодаря уму-разуму (*manasā*) человек стремится быть первым, впереди на пути к ожидающей его милости». Дальней параллелью к слову *sumná* оказывается праславянское **so-тъnenije* или **su-тъnenije* [172. С. 55–56]. От него – через форму **сумнение* (от глагола *сомнѣти* – сомневаться) – происходит русское «сомнение» [210. С. 716]. От ведийского *manasā* (ум, дух, разум) и древнегреческое *μνημη* (память) – через праславянское *тънить*, древнерусское *мънить* (помнить, думать, полагать) – происходит современный глагол «мнить» [61. С. 633]. А также безличная форма «мниться» – думаться, казаться, представляться, видеться, мерещиться. (Старинное слово «мнѣться» означало: казаться себе самому; например, говорили: он себе мнится всех умнее.) В Толковом словаре Даля производным от глагола «мнить» указано прилагательное «мнимый» – на одном только мнении основанный, неистинный, неподлинный, призрачный и воображаемый, видимый и обманчивый. И более далёкое по смыслу прилагательное «мнительный» (человек) – недоверчивый, робко осторожный, подозрительный; кто слишком заботится о здоровье своём и в ничтожном недуге видит опасную болезнь [11. Стб. 866].

По ассоциации с ведийским *sumná* вспоминается одно место из Ветхого Завета (собрания памятников древнееврейской литературы XII–II вв. до н. э.). В книге «Исход» Господь говорит Моисею, что для изготовления главных культовых принадлежностей Господом назначен Веселиил (в другой транслитерации этого имени –

Бецалель). «И Я исполнил его Духом Божиим, мудростию, разумением, ведением и всяким искусством» (Исход, 31:3). Пожалуй, можно сказать: здесь понятие *sumná* словно разложено в спектр. Среди его составляющих есть и ведение (знание, иврит. *daat*). Но для успешной практической деятельности профессионалу требуется ещё мудрость (иврит. *hokhmah*) и разумение (ивр. *tebunah*). Вероятно, под «всяким искусством» следует понимать не столько способность мастера к художественному самовыражению, сколько умение делать или изготавливать что-либо *искусно* (τεχναῶν, как сказал бы древний грек [4. Стб. 1240]), «технично», очень ловко.

Будущему исследователю стоило бы знать свои культурные корни. А именно, что у слова *sumná* две части: *su* – хорошо; *mná* же происходит от *man*, «обозначающего некий *смыслостроительный* процесс, который совершается через “мнение” – мышление, воображение, припоминание, осуществляющееся как озарение, вдохновение, творчество, которое сродни поэтическому». Поскольку мы ведём речь о колебаниях и волнах, то небезынтересно отметить: индоевропейское слово **men* (родственное *man*) «обозначало некое ментальное²¹⁵ состояние, связанное с мелкодрожательным движением, своего рода трепетанием, при котором многократно увеличивается и разрешающая способность *men*-органа. Это высокочастотное мелкое дрожание-трепетание как бы помогает разуму освободиться от неких шор²¹⁶ логического мышления, от автоматизмов повседневности и открыться *иному*, иначе не достижимому», – комментирует В.Н. Топоров [172. С. 54–55].

С позиции строгого смысла, имя «колебание / колебания» представляет наиболее интересный подкласс имён квази-множеств²¹⁷, у

²¹⁵ Ментальный (от лат. *mentalis* – умственный, духовный < *mens* – разум) – относящийся к умственным способностям. Этимомом здесь оказывается **men*.

²¹⁶ Шоры (от польск. *szory*) – прикрепленные к уздечке наглазники, которые не дают лошади возможности смотреть по сторонам, в частности – позволяют не пугаться других повозок; в переносном смысле – то, что мешает понимать окружающую реальность, воспринимать новые идеи, сужает горизонт и т.п.

²¹⁷ Квази (от лат. *quasi* – как будто, будто бы) – приставка, имеющая значение слов «почти», «близко», а также «мнимый», «ненастоящий».

которых наряду с формой множественного числа присутствует форма единственного числа, обозначающая тот же самый объект (процесс). Не спутаем: в русском языке имена «дрожь», «дрожание», «трепетание» обозначают колебание с малой амплитудой. Имена же «качание», «тряска», «качка» подразумевают монотонность, постоянство режима движения (напротив, стадии колебания могут быть разными по характеристикам) [211. С. 321].

Обратим внимание, что такие слова, как колебание, волна, система, структура, вихрь, модель, широко распространённые в физике, служат не только общенаучными *терминами*, но и культурными *концептами*²¹⁸. Разворачивая оригинальный тезис: «мысль обязана быть техничной потому, что техника теперь среда нашего обитания», – В.В. Бибахин использует латинский корень термина «концепт» и производимое от него существительное «конципирование». Чтобы его смысл был более ясен, рассмотрим в гамму значений соответствующего латинского глагола *conspicere*, передающих различные оттенки умственных усилий: от военного до нежного. *Conspicere* – собирать, захватывать, брать; облекать слова в

²¹⁸ Концепт (от лат. *conceptus* – зачатие, понятие, плод < *conspicere* – собирать, схватывать, задумывать, зачинать) в русском языке имеет своим синонимом слово «понятие», происходящее от др.-рус. глагола «пояти», т.е. схватить, взять в собственность [213. С. 42]. Часто концепт противопоставляют понятию на шкале знания как «сущностное» и «поверхностное» [214. С. 12]. Принято считать, что концепт – многомерный и сложный когнитивный лингвосоциальный *конструкт* [213. С. 6], т.е. понятие, которое «работает» в зоне перехода от практического опыта к теоретическому знанию и обратно, играя роль «перевода». Пример конструкта – классификация [10. С. 327]. Концепт отражает процесс познания мира, результаты деятельности человека, его опыт, мнения и знания о мире, а также хранит их. Духовная культура всякого общества в значительной мере состоит в операциях с 40–50 базовыми концептами [213. С. 6]. По Д.С. Лихачёву, концепт – «послание» (*message*). Оно может по-разному восприниматься адресатами. Отсюда – возможности для сотворчества, домысливания, «дофантазирования», создаваемые концептом, в зависимости от контекста, в котором доходит до адресата концепт. И это чрезвычайно важно в науке. Поэтому диапазон толкований содержания концепта обусловлен, с одной стороны, богатými возможностями, возникающими в силу его «заместительной функции» (по С.А. Аскольдову-Алексееву, 1928), а с другой – ограничениями, задаваемыми контекстом [215. С. 144].

известную формулу; составлять формулу чего-либо; вбирать, всасывать, принимать; зачать; дать чему-нибудь в себе возникнуть, зародиться; представлять себе, воображать; понять, постичь [2. С. 116–117]. В.В. Библихин обобщает: «Схватывание (конципирование) есть вообще то действие мысли, в котором она выходит из пустоты к содержанию, из одиночества к вещи, становится плодотворной. Сопсертио – зачатие, зарождение нового существа» [216. С. 352]. В силу важности упомянутых понятий мы к ним ещё вернёмся.

Конципирование в контексте теории колебаний. Чтобы прояснить предмет теории колебаний и её место в естествознании XXI столетия, процитируем Ю.И. Неймарка (1920–2011), одного из её творцов. «Теория колебаний сегодня, – пишет он, – это широкая всеобъемлющая наука об эволюционных²¹⁹ процессах в природе, технике и обществе, в механике, физике, астрономии, химии, биологии, и во всём, что нас окружает, и в нас самих. Буквально, да и в восприятии многих людей, название “теория колебаний” не

²¹⁹ Европа открыла идею биологической эволюции, когда в Венеции увидел свет (1509) трактат по естествознанию «Eritome» («Сокращение») позднеантичного автора, ныне известного как Псевдо-Плутарх. Излагая мнения античных учёных, он приводил, например, догадки Анаксимандра (610–547 до н. э.). Леонардо да Винчи (1452–1519) первым (около 1509) поставил эволюционные вопросы: какова природа ископаемых? какова история земных толщ? Термин «эволюция», объединяющий индивидуальное и историческое развитие организмов, предложил британский правовед, богослов и натурфилософ М. Хэйл в сочинении «The primitive origination of mankind...» (Лондон, 1667). Первым собрав сведения о заселении Америки, М. Хэйл заключил, что здешние высшие животные, равно как и люди, произошли от мигрантов из Европы, а их разнообразие есть результат накопления изменений: случайных или под действием местных условий. Он также провёл блестящую аналогию между скрещиванием организмов и взаимовлиянием западных языков [8. С. 43, 105, 165, 386; 39. С. 166]. Почему же идея эволюции уже 150 лет приводит христианских правых фундаменталистов в ярость? Американский учёный и философ Д. Деннетт отвечает: «она затрагивает... идею того, что для появления меньшего требуется нечто большее, прекрасное, разумное. <...> [Ч.Р. Дарвин же] доказывает, что ничего подобного: возможно не только творение из несотворённого, но даже эволюция создателей из несозданного» (цит. по: [77. С. 184]). Явление самоорганизации в природе, обществе, мышлении демонстрирует правоту этого тезиса десятками сюжетов [12]. Но христиане не желают её признавать ни за что.

адекватно тому, что я сказал. Но так распорядилась история: название пришло от колебаний маятника, механического и электрического осцилляторов²²⁰; и история же определила мощь и значимость теории колебаний как науки всеобъемлющей, воплощающей в себе великую идею изоморфизма²²¹ и единства природы и мира. Её ядром являются математические модели законов природы и происходящих в ней процессов, включая технику и общество. В основе этих моделей лежит понятие состояния и оператора его изменения. Состояние изобретается, оператор открывается. Фарадей изобрёл электрические и магнитные поля – состояние; Максвелл написал уравнения, определяющие оператор» [217. С. 1].

Прервём цитату, чтобы вспомнить: английский физик Дж.К. Максвелл (1831–1879) не только математизировал результаты экспериментов своего соотечественника М. Фарадея (1791–1867). Максвелл принимал также во внимание теорию французского математика, физика, химика А.М. Ампера (1775–1836), видя в нём «Ньютона электричества». Максвелл дал теоретическое истолкование фарадеевскому методу исследования, включая сам язык Фарадея, считая его «наилучшим образом приспособленным для целей рождающейся науки» [219. С. 381–382]. Максвелл подчёркивал, что Фарадей, введя понятия «поле сил», «индукция», «диэлектрик» и др., фактически, перестроил науку об электромагнетизме. Фарадей обратил внимание исследователей на процессы,

²²⁰ Осциллятор (от лат. *oscillum* – качание, колебание) – колебательная система, в которой могут возбуждаться свободные (собственные) гармонические колебания: маятник, пружина с грузом, *LC*-контур и т.п.

²²¹ Изоморфизм (от др.-гр. *ισος* – равный + *μορφη* – вид, форма) – одно из основных понятий современной математики. Оно относится к системам объектов с заданными в них операциями и отношениями. Примером двух изоморфных систем служат система R всех действительных чисел с заданной на ней операцией сложения $x = x_1 + x_2$ и система R_+ положительных действительных чисел с заданной на ней операцией умножения $y = y_1 y_2$. Можно показать, что «внутреннее устройство» систем R и R_+ совершенно одинаково: они изоморфны друг другу. Принципиально то, что изучение свойств одной из изоморфных систем в значительной мере (а с абстрактно-математической точки зрения – полностью) сводится к изучению свойств другой [217. С. 224].

протекающие в пространстве между намагниченными и наэлектризованными телами. Предложенный Фарадеем язык не был всего лишь терминологическим уточнением. «Формирование каждого из таких понятий радикально изменяло представления физиков о том, что в принципе можно исследовать в эксперименте» [220. С. 253–254]. Вот какова роль языка науки (и неологизмов в науке).

Добавим ещё оценку В.И. Вернадского: «Знаменитый и совершенно исключительный гений – Майкл Фарадей...» был человеком религиозных убеждений, согласно которым имеет место единство всего окружающего. «Исходя из своих идей, он делал опыты и развивал взгляды, резко противоположные господствующему научному мышлению» – отнюдь не из-за недостатка математического образования [34. С. 52].

Здесь, как видим, не обойти всегда актуальной проблемы творчества, человеческой способности к продуктивному воображению, к рождению нового, далеко не сразу получающего признание. «Многие очень крупные открытия в науке, – продолжает Неймарк, – совершаются дважды: первый раз абстрактно теоретически, отдельными людьми, и это открытие никого не волнует и не трогает, его не замечают. И второй раз – практически жизненно, когда оно овладевает многими умами и потрясает людей, открывая им что-то ранее неведомое, неожиданное и очень важное. <...> У крупных открытий есть и третья фаза, когда ранее потрясшее всех открытие становится общеизвестным и как бы “исчезает”. Так произошло с великим открытием, что Земля – шар и ничем не поддерживается, что Земля вращается вокруг Солнца, что две массы или два заряда взаимодействуют друг с другом, хотя между ними пустота». В теории колебаний так «произошло и с автоколебаниями²²² и происходит сейчас с хаотическими и стохастическими²²³ движениями...».

²²² Автоколебаниями называют незатухающие колебания, поддерживаемые внешними (по отношению к системе) источниками энергии, которые существуют в нелинейной системе, обладающей потерями энергии. При этом форма и характеристики автоколебаний обусловлены свойствами системы и не зависят от ко-

Далее Ю.И. Неймарк составляет некий мини-словарик теории колебаний: «В зарождении и развитии каждой науки основную роль играют так или иначе установленные факты, методы изучения и общее понимание. В теории колебаний факты – это накопленные знания математических моделей и характера протекания описываемых ими процессов и сопровождающих их явлений; методы – это способы изучения этих математических моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений, или уравнений в частных производных, или в виде динамических систем того или иного типа; общее понимание – это прежде всего наглядные представления о возможных эволюционных процессах, их закономерностях и сопровождающих их явлениях, в частности, представления о фазовом пространстве, состояниях равновесия, периодических движениях, автоколебаниях, хаосе²²⁴, странном аттракторе²²⁵,

нечного изменения начальных условий. Термин «автоколебания» ввёл (1928) А.А. Андронов (1901–1952) [221. С. 99].

²²³ Стохастический (от др.-гр. *στοχαστικός* – умеющий целить, попадать; умеющий верно отгадывать < *στοχασμός* – прицеливание; догадка, предположение) – случайный, происходящий с некоторой вероятностью.

²²⁴ Согласно Дж. Глейку, американский математик Дж.А. Йорке предложил (1972) термин «хаос», позднее широко распространившийся для обозначения сложного, не предсказуемого точно поведения в динамической системе. Он также предложил называть эту область исследований наукой о хаосе [222. С. 71, 88–89, 94]. Для пропаганды её представлений среди физиков Т. Ли и Дж. Йорке описали свойства одномерного дискретного отображения (частного случая динамической системы) вида $x_{n+1} = f(x_n)$ [223]. Лишь через несколько лет на Западе стало известно, что ещё в 1964 г. киевский математик А.Н. Шарковский (р. 1936) опубликовал более содержательную теорему [50. С. 16; 222. С. 100; 224. С. 528]. Такой хаос, называемый часто динамическим, есть особая разновидность упорядоченной динамики, имеющей чёткое, хотя и сложное, «запутанное», строение. Иначе говоря, динамический хаос – нерегулярное, аperiodическое изменение состояния (движение) динамической системы, обладающее основными свойствами случайного процесса [225. С. 401].

²²⁵ Аттрактор (англ. *attract* < лат. *attrahere* – тянуть, притягивать) – структурный элемент фазового пространства динамической системы, к которому асимптотически притягиваются все фазовые траектории из некоторой области фазового пространства (называемой областью притяжения). Простейшие виды аттрактора – неподвижная точка и предельный цикл (он соответствует периодическому движе-

волнах, волновых и модовых взаимодействиях, дисперсии, внешнем и параметрическом воздействиях, резонансе, синхронизации, бифуркациях и бифуркационном портрете, локальной и глобальной устойчивости, области притяжения, мягком и жёстком возбуждениях, гистерезисе, принципе суперпозиции, скользящих движениях и разрывах и т.д. Огрублённо и крупно основные типы эволюционных процессов – это:

1) порядок, синхронизация, предсказуемость на основе асимптотической устойчивости по Ляпунову;

2) хаос, непредсказуемость, стохастичность на основе экспоненциальной неустойчивости при орбитной и глобальной устойчивости;

3) гомеостаз²²⁶, реализация цели или программы, самоорганизация на основе направленных обратных связей и управлений».

Здесь надо дать слово историку науки. «Именно автоколебания стали путеводной нитью», приведшей большую группу отечественных учёных (конец 1970-х) к идее самоорганизации, т.е. спонтанного и необратимого перехода от флуктуаций («шума») в нелинейной, неравновесной, неустойчивой системе с потерями энергии к периодическим колебаниям. «В других странах, в других научных сообществах были свои путеводные нити». Вероятно, поэтому в западной литературе термин «автоколебания» не привился. «Путь теории нелинейных колебаний к концепции самоорганизации имел свои особенности, касающиеся понимания стохастичности динамических

нию). Термин «аттрактор» принадлежит американскому математику-топологу Ст. Смейлу (р. 1930). Под влиянием идей Смейла было введено понятие странного аттрактора – «объекта, не укладывающегося в традиционные нормы классической математики» [226. С. 351–352]. Странным (или стохастическим) называют аттрактор, на котором реализуется стохастическая динамика [225. С. 397]. В этом смысле странный аттрактор – геометрическое представление динамического хаоса.

²²⁶ Гомеостаз, или гомеостазис (от др.-гр. ὁμοίος – подобный, одинаковый + στασις – стояние, неподвижность) – относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических свойств организма. Понятие гомеостаза применяют в кибернетике, желая подчеркнуть сохранение режима функционирования системы вопреки воздействиям на неё извне.

систем. Хотя некоторые специалисты в этой области, например Ю.И. Неймарк [227, 228], вплотную подошли к этому пониманию, идея фундаментальности случая, выраженная в концепции странного аттрактора, пришла в неё со стороны – из математических работ». Однако Неймарк к «автоколебательному» определению самоорганизации относился скептически [143. С. 118–121, 123].

Обращаясь к предвидимому будущему теории колебаний, Ю.И. Неймарк подчёркивает осознанную в ней возможность рассматривать необычайное многообразие процессов в природе, технике, социуме с единых позиций: как проявление динамической системы. Это необходимо не только для понимания живого, но и для понимания того, как создавать интеллектуальные машины, как будет эволюционировать человек и всё сообщество на планете [217. С. 2–3]. Действительно, в последние годы идёт горячая дискуссия об ожидающей человечество в ближайшие десятилетия беспрецедентной ситуации, после которой кардинально изменится режим его развития, – о так называемой сингулярности Дьяконова–Винджа [82; 102; 229; 230. С. 37] (подробнее мы затронем её в Заключение). В связи с этим теоретико-колебательные методы привлекаются также для исследования вызовов сложности и структуры гипотетической глобальной катастрофы в XXI в. [28; 231].

Контрольные вопросы

1. В каких текстах впервые возникает идея времени?
2. Какова этимология русского слова «время» и чем она важна исследователю?
3. Чем отличается смысл понятия «время» во французской и немецкой культуре?
4. Какие суждения И.П. Павлова о русском уме Вы считаете актуальными и почему?
5. Какова этимология русского слова «мера» и чем она важна исследователю?
6. Какими доводами Аристотель Стагирит обосновывал мнимость времени?

7. Разделяете ли Вы мысль А. Августина об относительности времени и почему?

8. Какова этимология термина «теория» и чем она важна исследователю?

9. Что означает русский глагол «навидеть»?

10. Какова этимология русского слова «вид», и чем она важна исследователю?

11. Разделяете ли Вы положение М. Хайдеггера: «наука есть теория действительности»?

12. В чём сходство и различие трактовки времени у Ис. Ньютона и Г.В. Лейбница?

13. Каков смысл пары понятий «субъект» и «объект»?

14. В чём сходство и различие трактовки времени у Им. Канта и Г.В.Фр. Гегеля?

15. Разделяете ли Вы интерпретацию времени у М. фон Лауэ?

16. Как Вы толкуете тезис А. Бергсона: «куда важнее *найти* проблему и, следовательно, *поставить* её, чем её разрешить»?

17. В чём, по-Вашему, суть понятия длительности (*durée*) у А. Бергсона?

18. Присоединяетесь ли Вы к предположению А. Бергсона: «жизнь, подобно сознательной деятельности, есть изобретение и тоже представляет собой творчество» и почему?

19. Согласны ли Вы с утверждением Э. Гуссерля, что «последовательность ощущений и ощущение последовательности – не одно и то же», и почему?

20. Как Вы понимаете научную метафору «стрела времени»?

21. Что такое бифуркация?

22. В чём заключается идея точечного (сингулярного) времени у И. Пригожина?

23. Как связано с понятием времени учение У. Джеймса о том, что наше поведение – совокупность связей «стимул – реакция»?

24. Какие виды времени и темпоральные уровни Вам известны?

25. Кто такой Хронос?

26. Какие определения Вы можете дать волновым движениям и волнам?

27. Какова этимология термина «волна» и чем она важна исследователю?

28. Как Вы понимаете тезис Г.Д. Гачева: «русское пространство ориентировано на бытие Света, который есть в нём обитатель»?
29. Как Вы понимаете тезис Пиндара: «непостоянство мира... вынуждает человека искать... меру»?
30. Какова этимология слова «сомнение» и чем она важна исследователю?
31. Что такое концепт и конципирование?
32. В чём сходство и различие процессов, описываемых как *fluctuatio* и как *vibratio*?
33. Кто предложил термин «эволюция» и что он означает?
34. Как Вы понимаете термин «изоморфизм»?
35. Чем автоколебания отличаются от колебаний?
36. Каков смысл прилагательного «стохастический»?
37. Каковы основные типы эволюционных процессов (по Ю.И. Неймарку)?
38. Какой хаос условились называть динамическим, или детерминированным, хаосом?
39. Каков смысл и этимология термина «аттрактор»?
40. Как Вы понимаете смысл термина «самоорганизация»?

Глава 3. Техника и наука: несколько сопоставлений

Техника versus²²⁷ наука. Известно, что нужды практической жизни и деятельности побудили человека создать технику²²⁸, а много позднее – науку²²⁹. *Техникой* в узком смысле называют совокупность средств, создаваемых для осуществления процессов производства и обслуживания непроеизводственных потребностей общества. Здесь привычное всем слово «производство» (а оно немислимо без какой-либо техники!) имеет настолько исключительное для человеческого общества значение, что надо взглянуть на него через призму мировой истории. Оказывается, её можно разделить на четыре периода, если ввести *принцип производства благ*²³⁰ (термин Л.Е. Гринина, 1995–1996). Принцип Гринина характеризует радикальные изменения в производстве и связан с производственными революциями. Периоды эти суть *охотничье-собираТЕЛЬский* (начался ≈ 40–50 тыс. лет назад); *аграрно-ремесленный* (начался ≈ 9–12 тыс. лет назад, вероятно, где-то на Ближнем Востоке); *промышленный* (начался во второй трети XV – начале XVI в., в конце же его сложилась капиталистическая мир-экономика); *научно-*

²²⁷ Versus (лат., сокращённо vs либо vs.) – по отношению к, по направлению к; против.

²²⁸ Этимон здесь – др.-гр. τεχνικός – искусный < τέχνη – искусство, ремесло, наука; средство [4. Стб. 1240].

²²⁹ Корень слова «наука» – древнерусское *укъ*, т.е. учение; отсюда же глагол *учити* [210. С. 49]. Его предшественник – праславянское *učiti, которое восходит к древнеиндийскому úsatī – находит удовольствие, имеет обыкновение; глагол *učiti связан чередованием гласных с *vuknoti, т.е. выкнуть (от верхнелужского wuknuć – учиться), привыкнуть. Сюда же примыкает слово «обычай» [41. С. 368; 232. С. 179].

²³⁰ Благо (множественное число от слова «благо» – добро, всё доброе, полезное, служащее к нашему счастью [3. Стб. 222]) – то, что служит удовлетворению каких-либо человеческих потребностей, даёт материальный достаток, доставляет удовольствие.

информационный (от 1940–1950-х гг. и по настоящее время. Его другое название «научно-технический» период, причём здесь понятие «научного» не предполагает только позитивной оценки, а речь идет лишь о технологии влияния) [199. С. 104, 109, 112–114].

Техника в более широком значении есть атрибут²³¹ целенаправленной человеческой деятельности, обычно положительно оцениваемый – как свидетельство профессионализма. Техника невозможна без лежащей в её фундаменте науки. Но техника обладает и самостоятельной *познавательной* мощью. «Ибо только посредством техники мы можем *понять* регулярность²³²», – утверждал (около 1943–1944) Л. Витгенштейн [1. С. 227]. Очевидно, что регулярность крайне важна и для практической деятельности, и для познавательных задач, решаемых средствами науки.

Что обычно понимают под *наукой* (англ. Science, нем. Wissenschaft)? Сферу человеческой деятельности, чья функция – выработка и систематизация достоверных объективных знаний о действительности. Среди целей науки – описание, объяснение, предсказание процессов и явлений на основе открытых закономерностей [39. С. 96, 147; 104. С. 19–20]. В языке древних греков смыслы: знание, умение, наука – передавало слово «эпистема» (ἐπιστήμη) [4. Стб. 740]. Испанский философ Х. Ортега-и-Гассет (1883–1955) уточняет: в Древней Греции науку понимали не столько как знание, которым «владеют», сколько как творческую работу, исследование, т.е. как деятельность, которая «требовала...

²³¹ Атрибут (от лат. attributum – данное, приписанное) – неотъемлемая принадлежность чего-либо, существенное свойство.

²³² Тезис Витгенштейна ставит привычные слова «регулярность», «регулярный», «регулятивный» в новый контекст. Их этимон – латинское regula – прямая палка, брусок, планка; в частности – правило, линейка; правило; в переносном же смысле – мерило, масштаб, критерий. Отсюда глагол regulare – приводить в порядок, налаживать [2. С. 545]. Да, с техникой ассоциируется «регулярный» – правильно и равномерно происходящий (в противоположность «иррегулярному»); «регулятивный» – вносящий порядок, планомерность во что-либо, «регламент» (от польск. reglament < фр. règlement < règle – правило < лат. regula – правило) – порядок деятельности (например, государственного органа, а также собрания etc.) и нормы, устанавливающие его.

искать знания» [233. С. 93]. Имел ли значение возраст учёного? Нет. Было принято указывать не даты их жизни, а их так называемое акмэ²³³ – период наивысшего взлёта, расцвета творчества. У древних римлян аналогичное слово scientia (в противоположность ignoratio – неведение, невежество) означало: знание, понимание дела, умение, искусство, проявляемое в чём-либо [2. С. 574]. Во французской литературе слово «наука» (science) впервые встречается около 1080 г. в «Песни о Роланде», приписываемой барду Турольду: «Puis sunt muntez e unt grant science», т.е. «Они вскочили в сёдла, умело направляя [коней]» (цит. по: [234. С. 211]).

А. Дзикики, призывая различать науку и технологию, напоминает: донаучная технология была основана на методе проб и ошибок, а не на понимании фундаментальных законов, которые могли бы привести к появлению таких приложений, как огонь или колесо. «Понимание *колеса* и *огня* пришло только после возникновения **Науки**: колеса – Галилеем, а огня – Эйнштейном». Постнаучная²³⁴ же технология уходит своими корнями в ясно сознаваемые фундаментальные законы природы. Постнаучная технология, охватывая все виды деятельности, возникающие в результате использования научных достижений, побуждает разум исследователя действовать так, чтобы сделать *Изобретение*. А «**Наука** заставляет наш интеллект работать так, чтобы сделать *Открытие*» [84. С. 22–23]. По убеждению А. Дзикики, «наука не может быть ни хорошей, ни плохой» в моральном отношении. К сожалению, люди часто говорят «наука», имея в виду «использование науки», т.е. технологию, которая не является наукой. Равным образом, «использование языка», допустим, для обмана не является «языком» как средством общения [84. С. 24].

²³³ От слова «акмэ» (от др.-гр. ακμη – острое, лезвие; высшая степень чего-либо, цвет, цветущая пора; самое удобное время, лучшая пора [4. Стб. 41]) происходит «акмеизм» – название течения в русской поэзии начала XX в. и «акмеология» – название направления исследований, стремящегося выявить закономерности развития творческой деятельности.

²³⁴ Пост- (от лат. post – после) – приставка, обозначающая: следующий после чего-либо, вслед за чем-нибудь, например, постклассическая наука, постимпрессионизм, постсоветский период.

Родословная техники восходит к изобретению около 3 млн лет назад примитивных каменных орудий австралопитеками²³⁵ – высшими человекообразными приматами, передвигавшимися на двух ногах, предшественниками «человека умелого» (*Homo habilis*). Будучи падальщиками (т.е. питаясь падалью и – в добыче её – конкурируя со многими грозными хищниками позднего плиоцена²³⁶), австралопитеки разбивали острыми камнями толстые кости. В них содержался «один из самых питательных среди известных источников пищи – костный мозг». Такое питание, недоступное биологическим видам, не имевшим подобных инструментов, оказалось одним из эволюционных преимуществ наших пращуров²³⁷ [235. С. 130–131].

Насколько сильна связь техники с человеческой телесностью? В теории (1877) германского учёного Э. Каппа, техника толкуется как *бессознательная* проекция человеческих органов (принцип «органопроекции»). Иными словами, формы и функции человеческого организма часто выступают прототипом для искусственных орудий. Более того, у Э. Каппа техника оказывается становлением самосознания человека: он познаёт себя, исходя из своих искусственных созданий и перенося отображения из внешнего мира во внутренний. Техника как явление культуры служит также средством самоспасения (*Selbsterlösung*) человека [104. С. 10–17]. Идеи Э. Каппа воспринял П.А. Флоренский (1882–1937), русский мыслитель, философ культуры, теолог, поэт, учёный-энциклопедист, в частности, выдвинувший идею аналоговой вычислительной машины. В работе 1919 г. он истолковал историческую и гуманитарную задачу техники: «сознательно продолжить своё органопроцеиро-

²³⁵ Австралопитек (от лат. *australis* – южный + *πίθηκος* – обезьяна) – древнейший ископаемый вид человека.

²³⁶ Плиоцен (от др.-гр. *πλειον* – большой + *καινος* – новый) – в геохронологической шкале – второй отдел Неогена (от др.-гр. *νεος* – новый + *γενος* – род), т.е. периода, начавшегося ≈ 24 млн лет назад. Его сменяет Четвертичный период (последний в геологической истории); его длительность оценивается от 700 тыс. лет до 2,5–3,5 млн лет, и с ним связано становление человека.

²³⁷ Пращур (от праславянского **praskjǫrjь*) – праотец, отдалённый предок [210. С. 356].

вание, исходя из решений, даваемых беспристрастным телостроительством души». По убеждению Флоренского, «в себе и вообще в жизни открываем мы ещё неосуществлённую технику; в технике – ещё не исследованные стороны жизни» [236. С. 417, 419].

Как говорилось применительно к NBICS-конвергенции, центральная задача новейшей технонауки – построение наноразмерных объектов. И вот что примечательно: междисциплинарный характер возникающих здесь проблем вновь пробудил научный и практический интерес к системотехнике – теории так называемых больших, или высокоразмерных, систем (*large-scale systems*). Сегодня происходит выделение и становление её новой области: микро- и наносистемотехники. Специфика её содержания связана с тем, что наносистемы предлагается рассматривать как *естественно-искусственные*. Действительно, нанотехнологии имеют двойную ориентацию. В ней естественно-научное исследование природных явлений слито с производством искусственных (в природе не встречающихся) наносистем: наноэлектронных, нанофотонных, наноэлектромеханических etc. Тем самым, в наносистемотехнике совмещаются методы моделирования, проектирования, конструирования изделий и наноматериалов с использованием квантово-размерных, кооперативно-синергетических и других «нетрадиционных» явлений и эффектов [86. С. 230–236].

Сегодня аналитики культуры, например Б.И. Кудрин, упоминавший ранее, говорят о *технической реальности* как части объективно существующего материального мира, возникшей благодаря человеку, и части мира идеального, проявляющейся в возникновении образов того, что не существует, допустим, образа возможного технического изделия. Для науки, конструкторской и проектной деятельности, а также производственной практики техническую реальность составляют все материальные *объекты*, которые созданы: 1) человеком непосредственно или с помощью орудий и устройств; 2) техническими детерминированными устройствами, способными обучаться и оценивать ситуацию. Техническую реальность изучает *технетика* (неологизм Б.И. Кудрина) – междисциплинарная наука о технике, технологии; о строе-

нии и управлении техноценозами²³⁸; о происхождении, процессах образования и эволюции элементов технической реальности, техники, технологии и техногенного мира в целом, её законах [39. С. 147–149].

Добавим сюда убеждение (1987) философа В.В. Бибихина: «Считать технику второсортной реальностью значит идти в такой же тупик, как если считать низшей реальностью тело, противопоставляя ему дух. <...> Попытки обойтись без техники, обойти технику сейчас страшнее, чем в своё время аскетические²³⁹ ереси²⁴⁰. <...> Тело современного человека это его техника, которая выросла в природу, общество, историю так, что вынуть из них технику, не нарушая ткань человеческой и природной жизни на планете, уже невозможно» [216. С. 351–352]. И вот что принципиально важно: «природа перестала быть нашей школой». Следовательно, техника

²³⁸ Техноценоз (от др.-гр. τεχνη – искусство + κοινος – общий; κοινη – сообща, вместе) – сообщество изделий конвенционально (т.е. по соглашению исследователей) выделенного объекта; множество элементов-изделий, характеризующееся слабыми связями и слабыми взаимодействиями; система техногенного происхождения, рассматриваемая как сообщество классифицируемых по видам единиц техники, технологии, материала, продукции, отходов и выделяемая административно-территориально для целей инвестиционного проектирования, построения (сооружение, монтаж, наладка), обеспечения функционирования (эксплуатация, ремонт), управления (менеджмент), модернизации или ликвидации [39. С. 153]. Напомним, что экологи называют *биоценозом* совокупность животных, растений, микроорганизмов, которые населяют участок среды обитания с приблизительно однородными условиями жизни: озеро, луг, береговую полосу. Сегодня входит в оборот концепция, начавшаяся с работы (1957) английского физика Дж. Бернала (1901–1971) и утверждающая, что жизнь возникла в форме биоценоза, уже включённого в геохимические круговороты, но ещё не распавшегося на отдельные организмы. Источником первичной энергии служил не свет Солнца, а восстановленные химические вещества из недр Земли [8. С. 105–106].

²³⁹ Аскетизм (от др.-гр. ασκητης – упражняющийся в чём-либо) – учение и практический метод достижения нравственного совершенства посредством саморегуляции человеком своих телесных потребностей; крайнее воздержание, отказ от жизненных благ.

²⁴⁰ Ересь (от др.-гр. αιρεσις – выбор; избранный образ жизни или мыслей; философская или религиозная секта [4. Стб. 32]) – вероучение, отклоняющееся от догматов и организационных форм господствующей религии; отступление от общепринятых взглядов и правил; вздор.

незаменимо ценна ещё и тем, что она для нас – *школа*. Даже «простейший автомобиль требует такой вдумчивости, точности и самообладания, что изменяет человека, воспитывает его», – обобщает Бибахин. По его мнению, «беда России в том, что она до сих пор не приняла технику» [216. С. 352, 354].

Высказывание научное versus высказывание техническое.

Отличается ли сущность научного знания от технического? Решая этот вопрос, немецкий философ Фр. Бон в сочинении «О долге и добре» (1898) в главе «Философия техники» обращает внимание на структуру научного и технического *высказывания*, т.е. некоторого обобщающего утверждения. Оба высказывания имеют одну и ту же форму *логической связки*, известной каждому [104. С. 18–19]. Иначе она называется *импликацией*²⁴¹: «если *A*, то *B*». Здесь *A*²⁴² – некие условия, *B*²⁴³ – предпринимаемое в них действие либо новые условия, порождаемые *A* [237. С. 192–193]. По наблюдению Бона, в науке условия *A* обычно имеют смысл *причины*, *B* же – *следствия*, действия. То есть научное высказывание обычно раскрывает какую-то причинно-следственную связь, корреляцию²⁴⁴ между явлениями и т.п. Пожалуй, нелишне напомнить, что логика как древняя наука о законах и формах мышления есть наше эволюционное приобретение. По выражению Л. Витгенштейна, «...логика принадлежит естественной истории человека» [1. С. 271].

В технике же логическая связка соотносит *средство A* с поставленной человеком *целью B*, достижение которой средство *A* обеспечивает. И техническое высказывание звучит так: «если хочешь (получить) *B*, то должен вызвать *A*». По убеждению Фр. Бона, общий признак всякой техники – указание средства *A* для достиже-

²⁴¹ Импликация (от лат. *implicatio* – сплетение < *implico* – тесно связываю) – логический эквивалент оборота речи «если..., то...», а также операция, формализующая логические свойства этого оборота.

²⁴² *A* называется «антецедент» (от лат. *antecedo* – предшествовать).

²⁴³ *B* называют «консеквент» (от лат. *consequor* – непосредственно либо логически следовать).

²⁴⁴ Корреляция (от лат. *correlatio* – соотношение) – взаимосвязь, взаимозависимость предметов, процессов, явлений, отношений, понятий и т.п.

ния заданной цели *B*. Как правило, техническое высказывание невозможно построить на основе высказывания лишь одной-единственной науки; напротив, требуется согласовать высказывания нескольких или даже многих наук. И здесь встаёт проблема: присоединить к данному процессу *A* другие так, чтобы была достигнута заданная желательная цель *B* (либо ограничена или исключена нежелательная). В технике возможны ещё две проблемы. Прямая: найти средство *A*, пригодное для достижения заданной цели *B*. Обратная проблема: для данного средства *A* найти цель *B* (т.е. возбудить потребность), достижение которой само оказывается побочным результатом преследования другого ряда целей, и выбрать их для *B*. Этот ряд целей представляет собой *цепь* сменяющих друг друга событий. Фр. Бон уточняет, что эта цепь не есть простая линейная последовательность, а некая *сеть*, «пространственная ткань из многократно и беспорядочно переплетённых целей» [104. С. 19–20].

И научное, и техническое высказывание предполагает особую тщательность в выборе общей и специальной лексики²⁴⁵ (синтаксиса тоже). Автору вменяется в обязанность наиболее точное «мыслевыражение», а его высказывание есть способ объективации²⁴⁶ *его* идеи, передачи открытого им смысла. Не забудем, что словесное моделирование физической либо технической реальности, предпринятое в высказывании, – пусть иногда и неявно – ориентировано на главную цель: «налаживание понимания» [238. С. 325] с потенциальным читателем, коллегой. Здесь часто необходима особая лингвистическая чуткость. Об опасности дистанцироваться от реальности и её причине глубоко судит И.П. Павлов: «Многочисленные раздражения словом, с одной стороны, удалили нас от действительности, и поэтому мы должны постоянно помнить это, чтобы не исказить наши отношения к

²⁴⁵ Лексика (от др.-гр. λέξικος – словесный < λέξις – слово, выражение) – совокупность слов, входящих в состав какого-либо языка; совокупность слов, употребляемых в какой-либо сфере деятельности.

²⁴⁶ Объективация (от лат. *objectivus* – предметный) – воплощение, выражение чего-либо в чём-то реально существующем, доступном восприятию других людей.

действительности. С другой стороны, именно слово сделало нас людьми» (цит. по: [238. С. 325]).

Сравним с павловскими выводами слова философа В.В. Бибикина (1987), который образно и несколько иначе выражает суть того, о чём раньше говорил Бон. У Бибикина читаем: «Техника плетёт бесконечную паутину *если*. “Если... то”, вот форма новоевропейской науки. Наука и техника сами по себе в своём чистом существе вовлекают ум в нескончаемый лабиринт знания, из которого следует, строго говоря, только другое знание, и никогда – безусловное предписание. Все предписания науки и технологии условны: *если* вы взялись за предприятие с такими-то параметрами, *то...*». И резюмирует: «Подлинная наука никогда не говорит в императиве²⁴⁷. В конце научного высказывания можно поставить знак вопроса, запятую, точку. Восклицательный знак здесь будет всегда иметь запретительный смысл». После чего делает оговорку: «Правда, в строгой науке можно представить себе высказывание, кончающееся восклицательным знаком восторга перед красотой открытой закономерности» [216. С. 353]. И с ним не поспоришь.

Как соотносятся между собой наука, техника, практика?

Фр. Бон считает, что наука вместе с техникой возводят здание теории, и в этом плане обе противостоят практике²⁴⁸. Практика есть любая профессиональная деятельность; техника же даёт лишь руководство к осуществлению её. Все эти три ступени бывают многократно переплетены в одной и той же персоне, а потому трудно разграничить их сферы [104. С. 20].

Среди первоочерёдных задач практики, техники и науки в прошлом была разработка механических систем. Вероятно, одним из древнейших устройств механики был рычаг. Объяснение его дей-

²⁴⁷ Императив (от лат. *imperativus* – повелительный) – повелительное наклонение; безусловное требование.

²⁴⁸ Практика (от др.-гр. *πρακτικός* – деятельный, активный) – преобразовательная и / или созидательная деятельность людей по освоению мира; приёмы, навыки работы; деятельность как основа опыта, умений.

ствия связано с гиперболой, приписываемой Архимеду²⁴⁹ (около 287–212 до н. э.), родившемуся в Сиракузах, в семье астронома: «Дайте мне точку опоры, и я вам подыму весь мир» [185. С. 12; 234. С. 25].

Но было бы неверно считать, что в древности подобные задачи решались исключительно эмпирически²⁵⁰, на ощупь. Уже в самых древних из дошедших до нас египетских и халдейских²⁵¹ текстов употребляются понятия целого числа и меры величин – сами по себе очень абстрактные [30. С. 42–43; 239. С. 42–46; 240. С. 9]. Наиболее простой (по крайней мере, с точки зрения человека) мыслительный процесс, требующий использовать рекурсию²⁵², – счёт: ведь каждое последующее число на единицу больше предыдущего. Известно, что считать умеют шимпанзе, макаки-резусы²⁵³, попугаи, вороны (могут складывать числа в пределах 4 и даже оперировать «арабскими» цифрами), муравьи (могут складывать и вычитать в пределах 5) [241. С. 209–210]. Начальные навыки счёта (до 3 и выборочно, т.е. применительно не ко всем предметам, – подобно тому, как это имеет место у ворон или кошек, учитывающих своих котят) присущи самым первобытным народам. Таковы, скажем, аборигены Австралии и островов Полинезии, по которым

²⁴⁹ Если верить древнегреческому философу Проклу (412–485), Архимед заявил это тирану Сиракуз (с 275/274 до н. э.) Гиерону II (около 306–214 до н. э.) [234. С. 25].

²⁵⁰ Эмпирический (от др.-гр. *εμπειρια* – опыт(ность), знание, приобретаемое опытом) – относящийся к сфере опыта, а не к области умозрительных построений.

²⁵¹ Халдеи – греческая форма семитского названия арамейского племени, обитавшего в 1-й половине I тысячелетия до н. э. в Южной Месопотамии (междуречье Тигра и Евфрата). В союзе с мидийцами халдеи свергли (612 до н. э.) властителей Ассирии, основав Новое Вавилонское царство. В античности мидийская жреческая каста магов и халдейские жрецы считались носителями тайного знания. Поэтому с их именами связана астрология и магия.

²⁵² Рекурсия (от позднелат. *recursio* – возвращение) – регулярное повторение действия с использованием результата, полученного в предшествующем акте.

²⁵³ Резус – бенгальский макак, узконосая обезьяна рода макаков, распространённая в Юго-Восточной Азии. В эритроцитах его крови, как и крови людей, был открыт (1940) антиген, т.е. чуждое для организма вещество, названный поэтому резус-фактором. Учёт его и группы крови обязателен при оценке риска переливания её.

можно судить об уровне развития обществ позднего палеолита²⁵⁴. Свидетельства достаточно развитых приёмов счёта в Европе относятся к XXX в. до н. э. Так, на месте палеолитической стоянки в Моравии была обнаружена (1937) лучевая кость молодого волка длиной около 17 см. На ней имелось 55 зарубок: группами по 5, а после 25 – длинная черта [239. С. 24; 242. С. 48–49].

Но вот что любопытно. «Во всей математике Древнего Востока мы нигде не находим никакой попытки дать то, что мы называем доказательством. Нет никаких доводов, мы имеем только предписания в виде правил, – пишет историк науки Д.Я. Стройк. – Видимо, восточная математика никогда не могла освободиться от тысячелетнего влияния технических проблем и проблем управления, для пользы которых она и была создана» [239. С. 46]. Н. Бурбаки²⁵⁵ подчёркивают: «Оригинальность древних греков состоит именно в их сознательных попытках расположить цепь математических доказательств в такую последовательность, чтобы переход от одного звена к следующему не оставлял бы места сомнению и завоевал всеобщее признание»

²⁵⁴ Палеолит (от др.-гр. *παλαιός* – древний + *λίθος* – камень) – первый период каменного века, который продолжался с возникновением человека (свыше 2 млн лет назад) примерно до 10-го тысячелетия до н. э. «Приблизительно 30 тыс. лет назад наши предки уже пользовались числами и даже группировали их, что было зачаточным использованием базовых понятий». Однако «среди аборигенов Новой Гвинеи и Северного Борнео нет абстрактного восприятия чисел. Здесь может использоваться словосочетание “одна собака” и совсем другое – “две собаки”. И свора собак в количестве, большем двух, может быть упомянута ещё одним, совершенно другим выражением без различия между тремя, четырьмя или пятью» [30. С. 41]. У североамериканских племён известны лишь немногие случаи применения дробей. Почти всегда это только дробь 1/2, хотя иногда встречаются 1/3 и 1/4 [239. С. 24].

²⁵⁵ Никола Бурбаки – коллективный псевдоним группы французских математиков (бывших студентов Высшей нормальной школы), действовавшей в 1937–1968 гг. в г. Нанси и регулярно пополнявшейся молодыми членами в связи с выходом лиц, достигших 50 лет. В многотомном трактате «Элементы математики», выходявшем с 1939 г. (во Франции более 40 книг), Бурбаки стремились дать систематическое изложение современной математики на основе аксиоматического метода: используются так называемые структуры, определяемые посредством аксиом, а способ рассуждения – от общего к частному. Псевдоним взят в честь генерала Н. Бурбаки, уроженца Нанси [216. С. 672–673; 224. С. 76–77; 243. С. 83].

[240. С. 10]. Вероятно, такой «канон» математического стиля изложения начинает складываться в ионийской²⁵⁶ математике (как части философии, известной как милетская²⁵⁷ школа). Историк Д.Я. Стройк уверен, что современная математика родилась в атмосфере ионийского рационализма. Она ставила не только восточный вопрос «как?», но и современный научный вопрос «почему?» [239. С. 55].

Первым представителем этой новой формы рационального мышления (в противоположность мышлению магическому, мифологическому, религиозному), о ком сохранились свидетельства, является Фалес (около 640/625 – около 546 гг. до н. э.)²⁵⁸. Согласно традиционной точке зрения, в нём соединились: государственный деятель, купец, инженер, астроном, философ и математик. Считается, что, много путешествуя, Фалес изучил элементы алгебры и геометрии дальних соседей: египтян и вавилонян. Фалес учил также высокой морали, в частности, ему приписывают такие наставления: его спросили, что на свете трудно? «Познать себя». Что

²⁵⁶ Получила своё название по месту нахождения: Иония – область в Малой Азии.

²⁵⁷ Милетская школа (VI в. до н. э.) – древнейшая научно-философская школа, сложившаяся в г. Милете на западном берегу Малой Азии (современный г. Балат в Турции), крупном культурном и торгово-ремесленном центре Ионии.

²⁵⁸ Фалес, родоначальник античной философии и науки, основоположник милетской школы. Он создал (около 597 до н. э.) космологическую теорию, объясняющую становление Вселенной из *воды* как единственной первичной субстанции, первостихии, которая может превращаться во всё остальное. Учениками Фалеса были Анаксимен (около 546 до н. э.), согласно которому первичным элементом был воздух, и Анаксимандр. Последний за первооснову всех вещей принимал не материальный элемент, но *апейрон*, *απειρον* (от др.-гр. *αλειρος* – беспредельный, бесконечный, бесчисленный [4. Стб. 151]). Апейрон толковался как нечто неопределённое, неограниченное, мыслимое как вместилище; но все тела там перемешаны, а миры возникают путём организации этого безбрежного хаоса [244. С. 57, 59]. Разброс в датах рождения Фалеса, анализ относящихся к нему текстов и давно замеченные несообразности в истории милетской школы дают Ю.В. Чайковскому (биологу-эволюционисту, историку науки) почву для следующей гипотезы. Существовало два Фалеса: Старший (поэт-богослов, современник поэтов Гомера и Гесиода (VIII–VII вв. до н. э.)); Младший (практичный деятель, прозаик, всесторонний учёный-натуралист и математик, современник афинского правителя Солона (между 640 и 635 – около 559 до н. э.) и Анаксимандра) [245. С. 59, 62]. У нас речь идёт, судя по всему, о Фалесе Младшем.

легко? «Советовать другому». Какая жизнь самая лучшая? «Когда мы не делаем сами того, что осуждаем в других» [246. С. 65]. В геометрии Фалесу приписывают открытие нескольких свойств. Например, «диаметр делит круг пополам»; «в равнобедренном треугольнике углы, противолежащие равным сторонам, равны»; «угол, вписанный в полуокружность, является прямым» [244. С. 58–61; 246. С. 72].

«Канон» доказательного математического стиля получает окончательное завершение у Евклида²⁵⁹, Архимеда (в частности в его «Трактате о методе»), математика и астронома Аполлония Пергского (около 260–170 до н. э.), ученика Евклида. Понятие доказательства у этих авторов уже ничем не отличается от современного [240. С. 10]. Например, Аполлоний Пергский доказал 387 теорем о кривых второго порядка, предвосхитив созданный в XVII в. метод координат, а в труде «Конические сечения» дал полную их теорию [224. С. 19; 243. С. 21]. Добавим, что системой прямолинейных координат²⁶⁰ для построения графиков пользовался французский математик, физик и экономист Н. Орем (или Оресм; 1323–1382), но значение метода координат, переводящего задачи геометрии на язык математического анализа и обратно, выяснил Р. Декарт [216. С. 292; 224. С. 161–162, 358; 243. С. 392].

Социальный запрос на науку в Европе. Новый социальный запрос на механические устройства и, следовательно, на понимание принципов их работы (в свою очередь нуждающееся в математических операциях) принёс в Европу бурный XVI в. Он был отмечен разногласием идей, частыми войнами, начавшейся утратой моно-

²⁵⁹ Д.Я. Стройк выразительно замечает: в истории Западного мира «Στοιχεῖα» («Начала») Евклида, после Библии, вероятно, наибольшее число раз изданная и более всего изучавшаяся книга. А её логическое построение повлияло на научное мышление, пожалуй, больше, чем какое бы то ни было другое произведение [239. С. 68]. Уточняя смысл названия евклидова труда, раскроем словарь. Древнегреческое *στοιχεῖα* есть множественное число от понятия *στοιχεῖον* – стихия, элемент, основание [4. Стб. 1156].

²⁶⁰ Термин «координата» образован от лат. *co* – совместно + *ordinatus* – упорядоченный, определённый.

полии христианской церкви на формирование картины мира, быстрым расширением представлений о нашей планете благодаря кругосветным путешествиям. Сегодня бы сказали, что XVI век был первым этапом *глобализации*. Знание законов механики требовалось для развития и использования артиллерии, для постройки кораблей, мостов, фортификаций²⁶¹ и гражданских сооружений, для прогресса в производственных технологиях.

Что здесь существенно? То, что именно отцы физики, скажем, Г. Галилей – наряду с неизвестным ему предшественником-соотечественником Леонардо да Винчи (1452–1519) прославили себя и как пионеры в выдвигании принципов расчёта конструкций [83. С. 115; 185. С. 78]. «Величайший гений всех времён и народов Галилей открыл свои бессмертные законы движения и положил начало динамике», – отмечает его научные заслуги В.И. Вернадский [34. С. 62]. И с их достижений, как нередко полагают, началась научная методология в естествознании [30. С. 281]. Масштаб новации Галилея показывает Вернадский: «Исходя из религиозных воззрений, предполагали в средневековой космологии, что мир распадался на две половины – на небесную, полную совершенства, и на земную – полную несовершенства». С этой доктриной боролся Галилей, «впервые ясно и точно проведший идею о тождественности законов и вещества во всей Вселенной» [34. С. 38]. Благодаря телескопу Галилей открыл, что «Солнце и Луна не являются “идеальными телами”, несмотря на их *небесное* происхождение. На Солнце обнаружили “пятна”, а на Луне – очень много неправильностей: гор и кратеров²⁶²» [84. С. 28].

В рукописях Леонардо (около 1500) в зародыше содержалась механистическая²⁶³ теория природы [239. С. 128]. Кроме того, пи-

²⁶¹ Фортификация (от лат. *fortificatio* – укрепление) – оборонительное сооружение.

²⁶² Кратер (от др.-гр. *κράτηρ* – большая чаша, сосуд для смешивания жидкостей, обычно вина с водой) – чашеобразное углубление на вершине или склонах вулканов; кольцевые горы на поверхности Луны, Марса, Венеры, Меркурия.

²⁶³ Механистические теории, или механицизм, – учения, которые объясняют *все* физические явления с помощью системы движений, подобных движению механизма [185. С. 84]. Механицизм господствует в физике до конца XIX в., когда

шет Вернадский, «в рукописях и печатных изданиях XVI столетия были открыты труды... Иордана Неморария, первой половины XIII столетия, в которых мы находим многие обобщения Галилея». Вернадский, ссылаясь на немецкого историка науки И.П. Трейтлейна, предполагает, что загадочный до сих пор Неморарий «идентичен с Иорданом Саксонским, вторым генералом доминиканцев²⁶⁴ (1220–1237)» [34. С. 62].

По поводу эпизодов с «повторными» открытиями правомерен вопрос: насколько они случайны? В качестве ответа уместно привести историко-научное наблюдение Вернадского: «“Повторяемость” открытия отчасти связана с необходимостью для каждой страны, для “общества” прежде, чем идти дальше, пройти исторически неизбежные предварительные стадии». G. Loria (1902) «сравнивает этот процесс с филогенетическими²⁶⁵ процессами эмбриологии. Такое состояние было, например, пережито человеческой мыслью в XVIII столетии и в первой половине XIX, когда до начала настоящей синтетической геометрии были независимо пройдены пути, уже известные древним» [34. С. 58].

Далее вклад в развитие методологии науки внёс английский философ и естествоиспытатель Фр. Бэкон (1561–1626). В трактате 1620 г. «*Novum Organum scientiarum*» («Новый органон») он сформулировал индуктивный метод в науке, основанный на экспери-

становится очевидно, что электромагнитные явления несводимы к таким движениям.

²⁶⁴ Доминиканцы (от лат. *dominus* – господин, повелитель (*Dominus* – Господь) + *canis* – собака; буквально: псы Господни) – католический нищенствующий монашеский орден. Основан в XIII в. монахом Домиником для борьбы с ересью. Доминиканцы возглавляли инквизицию (от лат. *inquisitio* – розыск, расследование) – судебно-следственный орган католической церкви (XIII–XIX вв.), который не зависел от светской власти, причём судья и следователь совмещались в одном лице. Преследуя инакомыслие (ереси, атеизм, вольнодумство etc.), инквизиция широко практиковала доносы, оговоры, пытки, казни, публичные сожжения на костре.

²⁶⁵ Филогенез (от др.-гр. *φυλη* – племя + *γενεσις* – рождение, происхождение) – историческое развитие организмов, или эволюция органического мира, различных типов, классов, отрядов и т.п.

менте. А его трактат 1623 г. «De dignitate et augmentis scientiarum» («О достоинстве и приумножении наук») предлагал классификацию всего накопленного человеческого знания, указывал линии его развития, подчёркивал общественную ценность возникающей экспериментальной науки [69. С. 84; 91. С. 105].

Отметим, что в 1585 г. голландский математик, механик, инженер С. Стевин (1548–1620) в сочинении с прозрачным названием «Десятина» изложил методы вычислений с десятичными дробями, которые затем широко распространились в Европе. А кто инициатор введения *запятой* для отделения целой части от дробной в десятичной дроби? Немецкий астроном, математик, механик, кристаллограф И. Кеплер (1571–1630) и работавший вместе с ним в Праге (1603–1622) швейцарский астроном, математик, механик, часовой мастер И. Бюрги (1552–1632) [69. С. 253; 91. С. 101; 243. С. 89]. «Механический гений эпохи» – таким титулом награждает Бюрги В.И. Вернадский [34. С. 23].

Сами же десятичные дроби и правила действий с ними впервые появляются у франко-еврейского математика середины XIV в. И.Я. Бонфиса. Его десятичную систему развил его соплеменник Э.А. Мицраи, а усовершенствовал С. Стевин [224. С. 60, 450]. В середине XVII в. авторитет молодой математики и механики был весьма велик. Вот красноречивый факт. Английский философ Т. Гоббс (1588–1679) выбрал в качестве образцов научного мышления геометрию и механику. В его учении (так называемой системе английского эмпиризма, или механистического материализма, 1642–1658) природный мир есть совокупность протяжённых тел, различающихся размером, формой, движением. (В сочинении «Левиафан» (1651) Гоббс уподобляет государство библейскому морскому чудовищу, предлагая рассматривать государство как результат договора между людьми.)

Как известно, Леонардо да Винчи был гениальным инженером²⁶⁶. Его многочисленные изобретения применялись в гидравли-

²⁶⁶ В русском языке «инженер» воспроизводит французское *ingénieur*. Ранее оно означало: изобретатель, строитель военных машин. Однокоренное с ним прилага-

ке, при мелиорации, построении гидроустройств. Ему был понятен принцип сообщающихся сосудов для жидкостей различной плотности, а также основной закон гидростатики, называемый обычно «закон Паскаля». Он, видимо, стал известен Паскалю от Леонардо через его земляка – механика Дж.Б. Бенедетти (1530–1590) и М. Мерсенна (1588–1648), французского ученика Г. Галилея. Леонардо да Винчи создал теорию волн на море [185. С. 44]. Среди его творческого наследства – целый клад наблюдений за движением воды в природе [247. С. 241–254]: так, в проекте сочинения по гидродинамике он находит для характеристики водной стихии 64 (!) определения, а для волн – 12 [248. С. 99–103]. Это – «опережающая своё время научно-художественная энциклопедия нелинейных волн с акцентом на турбулентность», – считает Д.И. Трубецков, один из ведущих отечественных специалистов по нелинейным явлениям [16. С. 165]. Леонардо да Винчи расширял свою теорию и многочисленные наблюдения благодаря выдвинутой им физической концепции: «движение есть причина всего живого». Причём наиболее естественное движение он видел именно в *волновой* динамике [185. С. 44].

Нелинейность чрезвычайно часто проявляется в природе.

Нелинейность в физике означает, что уровень отклика у материальной среды или системы на воздействие x , например на приложенное электрическое поле, не пропорционален силе воздействия, а зависит от неё по какому-то нелинейному закону, допустим, $y = ax + bx^2$, где a и b – константы. Нелинейность вызвана тем, что свойства и значения параметров среды (системы) не остаются постоянными, а начинают зависеть от величины воздействия с ростом его. Скажем, показатель преломления n кристалла, помещённого в электрическое поле, может зависеть от напряжённости поля. Или показатель поглощения прозрачной среды зависит от ин-

тельное *ingénieux* имеет две группы значений: 1) изобретательный, находчивый; 2) замысловатый, хитроумный; ловко придуманный, ловко сделанный. Эти слова происходят от лат. *ingenium* – природное свойство; природные способности, дарования, природный ум; остроумие, изобретательность, находчивость, богатая фантазия. Здесь корень – *gens* (род, порода). На языке древних римлян выражение *natura atque ingenium* означало: природное дарование [2. С. 273, 518–519].

тенсивности мощной световой волны, бегущей в среде. Чтобы подчеркнуть роль нелинейности в соответствующих ситуациях, принято говорить о нелинейных процессах: нелинейных колебаниях либо о нелинейных волнах, например, о турбулентности. Именно нелинейность служит механизмом самообновления в сложных системах [15; 27; 33; 47; 52; 55; 66; 228; 249].

Образы нелинейности встречаются уже у Леонардо. Так, он пишет о ручье, который принёс столько песка и сора, что преградил себе течение. В физике Р. Декарта (это скорее «физиология космоса» [19. С. 69]) пространство заполнено «тонкой материей», которую бог наделил непрерывным вихревым движением, оцениваемым – по предложению (1644) и терминологии Декарта, сохранившейся поныне, – импульсом силы, т.е. произведением приложенной силы на время её действия. Причём у Декарта – разъясняет М. Льюэци – сила есть свойство пространства. Напротив, в концепциях Г. Галилея и Ис. Ньютона сила – физическая реальность, не сводимая к свойствам пространства и движения [69. С. 100; 185. С. 82, 86]. В этой связи В.И. Вернадский замечает, что идеи, выражающие понятие силы как причины движения, проникли в науку «из жизни, из мастерских от техников, от людей, привыкших к стрельбе и механической работе». Проникли – вопреки убеждению, что «источником движения какого-нибудь тела является окружающая среда», возникшему хотя и в результате наблюдения, но без должного анализа [34. С. 32–33].

Напомним, что в XVI в. теорию рычага (включая изогнутый) изложил итальянский учёный Гв. Убальдо дель Монте (1545–1607) в «Книге о механике» (1575). Он же ввёл и понятие «момент» [91. С. 100, 429]. Эстафету берёт Галилей, анализируя механику простых машин (1600-е) [224. С. 114]. Он оперирует понятием момента (*momento*) и предлагает понятие импульса (под именем *impeto*). У Галилея *momento* – стремление двигаться (вниз – в сюжете с рычагом). В итальянском языке *il momento* (лат. *momentum*) значит «важность», «значительность». Г.Д. Гачев показывает, что это понятие «скорее нравственно-социальное, чем космо-физическое <...> Но тут важно, что в истоках науки её создатели отдавали себе отчёт в одноприродности терминов и метафор, физических и нравствен-

ных понятий. И понятие силы, мощности (*forza* о *potenza*) Галилеем через слово *virtu* передаётся. А *virtu* – от лат. *virtus* = доблесть, добродетель, сопряжено с *vis* (сила) и *vir* (муж), так что “сила” имеет в себе нравственный оттенок: есть добродетель мужества» [182. С. 93–94]. Итальянское слово *impeto* (от лат. *impetus* – стремительное движение вперёд; натиск, набег; напор, сила; в переносном смысле порыв, полёт [2. С. 298]), используемое Галилеем для обозначения импульса в физике, означает: неустойчивый натиск, порыв, бурность, стремительность, неистовство, запальчивость, горячность. «Да ведь это характеристики психики, – констатирует Гачев, – темперамента (кстати, они как раз темперамент самого Галилея точно характеризуют, так что это он и из Психеи²⁶⁷ своей извлёк в науку это слово как термин)» [182. С. 93–94].

Что же касается Декарта, то Г.Д. Гачев подмечает: Декарт «все частицы Неба берёт в учёт, тогда как Галилей – только одну с другой. Декарт так же абсолютен, как и Ньютон, только они полярно абсолютны: Декарт берёт абсолютно все частицы вселенной, а Ньютон – абсолютно чистую пустоту – пространство вселенной» [250. С. 33]. Потому Декартов вихрь «берётся как толща, тесто, клубление всего, без вычленения нитей – путей частиц и линейного прослеживания их судьбы, – для времени нет места». Декартов Космос предполагает нелинейность как бесконечную вариантность и взаимозависимую изменяемость [19. С. 34–35]. Весьма своеобразно и последовательно Декарт трактует одно из фундаментальных следствий нелинейности – хаос. Декарт поразительно проникателен в своей уверенности: «Из Хаоса чрез законы природы тот же самый порядок, который уже есть в вещах, может быть выведен...» (цит. по: [250. С. 56–57]).

Заказ на измерение времени. Несколько отклонившись от хронологии, обратимся к хронометрии – к проблеме измерения и учёта времени, решавшейся по-разному в различных культурах.

²⁶⁷ Психея (от др.-гр. ψυχη – дыхание, дух, душа; в переносном смысле – жизнь [4. Стб. 1363]) – в древнегреческой мифологии олицетворение души человека. Изображалась в виде девушки или бабочки.

Исторически первые «часы» человечества – звёздные. По расположению их на небе – конstellляции²⁶⁸ – люди отмечали события, узнавали текущее время, назначали начало и конец своих дел. И первой наукой была эта практическая «астрогеономия»²⁶⁹ [175. С. 29]. Русский литератор-символист²⁷⁰ В.Я. Брюсов (1873–1924) концовкой второго сонета в своём венке сонетов «Светоч мысли» (1918) напоминает о заслугах вавилонских звездочётов и халдейских изобретателей календаря, состоящего из 52 недель: «И ярко факел вспыхнул в Вавилоне; / Вещанье звёзд прочтя на небосклоне, / Их в символы Семит пытливый влил. / Седьмица дней и Зодиак²⁷¹ – идеи, / Пребудут знаком, что уже в Халдее / Исканьем тайн дух человека жил» (цит. по: [251. С. 85]). Особенно ярко и порой трогательно сопоставляет положение небесных светил («дни») с деятельностью земледельца и морехода («труды») древнегреческий поэт Гесиод (IX–VIII вв. до н. э.) в поэме «Труды и дни» [252].

Очевидно, что организованное общество требует чёткого регламентирования дневного времени. Как пишет исследователь этого вопроса Э. Авени, «будь нам достаточно определять время с

²⁶⁸ От лат. *con* – *co* + *stellatus* – усеянный звёздами < *stella* – звезда.

²⁶⁹ Астрогеономия (от др.-гр. *αστρον* – звезда + *γη* (*γησυν*) – Земля + *νομος* – закон) – знание древних о связи небесных явлений с тем, что надлежит или можно делать на земле.

²⁷⁰ Символизм – направление в искусстве Европы и России 1870–1910-х гг. Получило своё название отчасти из-за того, что было часто сконцентрировано на выражении – с помощью символа – чувств, сущностей, идей, видений, постигаемых средствами интуиции. Символ (от др.-гр. *συμβολη* – связь, соединение; а также шов, застёжка) – для древнего грека особенно важный смысл имел *συμβολον*, или символ, т.е. вещественный знак, служивший доказательством союза гостеприимства, заключенного между двумя семьями, а также условный знак, пароль (для членов тайного общества), сигнал; знамение, предзнаменование [4. Стб. 1176]; предмет, действие и т.п., служащие условным обозначением какого-либо образа, понятия, идеи; художественный образ, воплощающий какую-либо идею; условное обозначение какой-либо величины, принятое той или иной наукой.

²⁷¹ Зодиак (от др.-гр. *ζωδιακος κυκλος* – звериный круг) – совокупность 12 расположенных вдоль эклиптики созвездий, через которые проходит Солнце, совершая видимый с Земли годичный цикл.

точностью до часа, весь мир обходился бы без часов» [165. С. 101]. Древние вавилоняне, измеряя время по длине тени, отбрасываемой предметом, придумали искусственный час, определив его в 1/24 суток. Не забудем, что первые древнегреческие водяные²⁷² и солнечные²⁷³ часы представляли собой «модели космоса, задуманные и сконструированные ради прославления красоты и простоты небесного движения, а вовсе не обязательно ради удовлетворения потребности в точности» [165. С. 102]. Поэтому, скажем, для Анаксимандра гномон – лишь «пассивный рецептор» священного света Солнца, а не земное устройство, которое можно изменить, усовершенствовать etc. И уж тем паче солнечные часы для античного мыслителя – отнюдь не «идеализированный объект естественно-научной теории». Напротив, именно таков «математический маятник», предложенный Г. Галилеем для объяснения различных физических явлений, вызванных движением. С помощью своей идеализации Галилей открыл закон собственных колебаний маятника: независимость их периода от амплитуды (при малых амплитудах), или *изохронность*²⁷⁴ [83. С. 113–114].

Каковы социокультурные запросы на повышение точности измерения времени? Ещё в средневековой Европе неизбежное христианское правило требовало, чтобы призыв к молитве (особенно в

²⁷² Водяные часы, или *клепсидра* (от др.-гр. κλεψιδρα), – прибор, в котором уровень воды, каплями падающей в сосуд, указывает *истёкшее* время. С исторически незапамятных времён *клепсидра* – необходимый аксессуар античного греческого судопроизводства: благодаря им точно определялся регламент выступлений сторон [175. С. 35]. Вплоть до XIII в. инструментами измерения времени служили только солнечные часы и *клепсидры*. Арабы к VIII в. усовершенствовали последние, предусмотрев периодический звон [253. С. 79].

²⁷³ Солнечные часы, или *гномон* (от др.-гр. γνόμων – стержень), – астрономический инструмент: вертикальный столб на площадке, служивший для нахождения момента равноденствия и солнцестояния (появился, вероятно, к 5-му тысячелетию до н. э. [91. С. 24]).

²⁷⁴ *Изохронный* (от др.-гр. ἴσος – одинаковый + χρόνος – время) колебательный процесс – совершающийся с неизменным периодом колебаний. При достаточно большой амплитуде колебаний их период (вследствие нелинейности колебательной системы) начинает зависеть от амплитуды, т.е. имеет место *неизохронность*.

монастырях) раздавался в надлежащее время. К XVI столетию проявились новые потребности. Их вызвала урбанизация²⁷⁵, нужда в дальних путешествиях, рост производства и торговли, связанный с крепнувшей рыночной экономикой. Ответом стало создание механических часов как наиболее точных [165. С. 103]. «Этот жуткий символ убегающего времени», как аттестовал их О. Шпенглер, был изготовлен около 1000 г. [175. С. 38]. Можно предположить, что первое в истории упоминание о часах с гириями²⁷⁶ относится к 1314 г. [253. С. 78]. «Новый способ счёта времени был механизированным и неестественным; он основывался на разуме», – меланхолически констатирует Э. Авени [165. С. 106]. Но такова культурная эволюция человечества: начиная с античности, лучшие умы занимались совершенствованием и изобретением машин. От них «путь вёл к теоретической механике, к научному изучению движения и изменения вообще». Знаменательно в этом отношении, что, скажем, итальянский математик, механик, баллистик, топограф Н. Тарталья (псевдоним Фонтаны, около 1499–1557) в своей «Новой науке» (1537) рассматривал и конструкцию часов, и траекторию пушечных ядер [224. С. 207, 463–464; 239. С. 128]. Необходимость в точном измерителе времени для решения задач астрономических наблюдений формулировал, например, Г. Галилей (1637) [83. С. 114].

Появление механических часов в быту довольно быстро получило отражение в культуре. Так, в живописи нейтральное в смысловом плане изображение башенных часов возникает, будучи не более чем деталью фонового городского пейзажа. Механические (напольные, настольные, карманные) часы, а также песочные часы начинают широко проникать в живопись в эпоху барокко²⁷⁷. С этого периода

²⁷⁵ Урбанизация (от лат. *urbanus* – городской) – сосредоточение населения, экономической и общественной жизни в крупных городах, рост их числа.

²⁷⁶ «Часы серебряные, совсем без железных частей, с двумя серебряными противовесами, наполненными свинцом», указаны в описи мебели, принадлежавшей французскому королю Филиппу IV Красивому (1268–1314) [253. С. 78]. Но они не имели маятника.

²⁷⁷ Барокко (от ит. *barocco* – вычурный) – художественный стиль в изобразительном искусстве, архитектуре, музыке, распространившийся в Европе в 1600–1750-х гг., для

изображение часов становится риторическим²⁷⁸ представлением времени в аспекте его мерности: ритмичности и обладания общепринятой мерой. Чаще всего присутствие часов (скажем, в натюрморте) символизирует быстротекущее время человеческого бытия, бренность²⁷⁹ человеческой жизни. Затем часы, ставшие заурядным предметом обихода, почти исчезают с полотен и гравюр [254. С. 478].

Желание усовершенствовать конструкцию часов или даже положить в их основу новый эффект демонстрирует техническое решение голландского изобретателя К.Я. Дреббеля (1572–1633). Он изготовил астрономические часы, рекламируя их как вечный двигатель (вполне в духе того времени²⁸⁰). Непрерывный ход им обеспечивало другое новшество Дреббеля: использование движения жидкости, уровни которой менялись из-за вариаций температуры и давления воздуха в помещении [72. С. 131–132].

Хронометр как модель человека. XVII в. называют «веком часов» [255. С. 40]. И не зря: в XVII в. идея часов настолько значима в общественном сознании, что они используются как часть философской конструкции! Мы находим её в «автологии», т.е. в учении о самонаблюдении и самоописании, которое выдвинул голландский философ А. Гейлинкс (1624–1669). Он изложил «автологию» в трактате «Γνῶσι σεαυτον²⁸¹», или Этика» (1675), развивая знаменитый прин-

которого характерны выразительность, декоративная пышность, динамизм и сложность форм.

²⁷⁸ Риторический (от др.-гр. *ρητορικος* – ораторский < *ρητηρ* – оратор; учитель красноречия [4. Стб. 1114]) – относящийся к риторике (*ρητορικη*), т.е. теории и искусству красноречия; отличающийся явной либо даже излишней приподнятостью изложения (вплоть до напыщенности).

²⁷⁹ Бренность – непрочность, разрушимость, подчинённость общим законам конечной, земной природы. Брение – распушенная глина, грязь. Бренный – глиняный, взятый от земли, от праху; скудельный, слабый, поддающийся разрушению [3. Стб. 311–312].

²⁸⁰ Вероятно, правильное сказать: издревле. Согласно [234. С. 54], миф о вечном движении содержится уже в манускрипте V в., написанном на санскрите. Лишь в 1755 г. Парижская Академия наук отказалась рассматривать проекты вечного двигателя (*perpetuum mobile*).

²⁸¹ Γνῶσι σεαυτον (др.-гр.), т.е. познай самого себя, – изречение, высеченное на колонне при входе в храм бога Аполлона в Дельфах в качестве призыва к каждо-

цип Р. Декарта *cogito, ergo sum*²⁸². Человеческую душу и тело Гейлинкс уподобил *двум часам*. Он полагал: они показывают одно и то же время не потому, что они влияют друг на друга, а из-за того, что их одинаково поставил часовщик, т.е. божественный создатель мира [151. С. 113]. Гейлинксова модель человека (физик, пожалуй, назвал бы её бихронометрической) приглянулась Г.В. Лейбницу. Он использовал её в качестве иллюстрации своей теории предустановленной (свыше) гармонии²⁸³ (1695). Теория Лейбница была призвана объяснить всеобщую связь и согласованность в мире, а также природу фундаментальной связи между сущностью и явлением [151. С. 507].

Возникла ли гейлинксова бихронометрическая модель человека, как говорится, на пустом месте или нет? Согласно нашей догадке, она создана Гейлинксом *под впечатлением* описания явления синхронизации хода часов (1665), сделанного голландским механиком и математиком Х. Гюйгенсом (1629–1695). Синхронизацией называют²⁸⁴ установление и поддержание такого режима колебаний двух (либо нескольких) связанных динамических систем, когда их частоты ω_1 и ω_2 равны, кратны ($\omega_1 = m\omega_2$, где m – положительное целое) или находятся в рациональном отношении друг с другом ($n\omega_1 = m\omega_2$). При отсутствии взаимодействия систем частоты их колебаний могут быть любыми [256. С. 526].

Отечественный учёный И.И. Блехман исследовал универсальный феномен синхронизации в природе и технике. Он сообщает, что первое наблюдение и описание частного случая синхронизации: «открытия взаимной синхронизации маятниковых часов», висящих на общей балке, – принадлежит Гюйгенсу. Причём «это удивительное по точности и глубине описание сделано в эпоху,

му входящему со стороны Аполлона, покровителя Муз, олицетворявших у античных греков искусство и науки. По преданию, было принесено в дар Аполлону так называемыми семью мудрецами Греции (VII в. до н. э.) [151. С. 489].

²⁸² *Cogito, ergo sum* (лат.) – мыслю, следовательно, существую.

²⁸³ Не забудем, что среди значений др.-гр. слова *ἄρμονια* – связь, скрепа; союз; соразмерность.

²⁸⁴ Коллекция определений синхронизации за полвека собрана Д.И. Трубецковым в книге [16. С. 230–233].

когда ещё не были точно сформулированы основные законы механики». Отрывок из трактата Гюйгенса «Три мемуара по механике» доступен читателю в монографии И.И. Блехмана. Там он дополнен материалом опытной проверки автором (1960-е гг.) поведения взаимодействующих маятниковых часов, которые демонстрировали как синфазное, так и противофазное движение [257. С. 15]. А также – в книге Д.И. Трубецкого по истории нелинейной науки. В ней факсимильно воспроизведён фрагмент оригинальной рукописи Гюйгенса «Морские часы (симпатия часов)» (часть V), датированной 22 февраля 1665 г. [16. С. 238]. Кроме того, в книге рассказывается о (предпринятой в 2001 г. американскими учёными) проверке синхронизации маятниковых часов, подвешенных на общей раме. При этом исследователи описали эффект гашения колебаний как впервые обнаруженный. Впервые ли? Нет, убеждает Д.И. Трубецков: ещё английский физик Дж.У. Рэлей (1842–1919; до получения в 1873 г. титула барона – Дж. Стретт) его наблюдал и описал в своей классической «Теории звука» (1877–1878) [16. С. 239].

В пользу нашей догадки, как нам кажется, говорит несколько обстоятельств. 1. А. Гейлинкс и Х. Гюйгенс – современники (философ старше на пять лет) и соотечественники. 2. Родительскую семью Гюйгенса регулярно посещал Р. Декарт (поселившийся в Голландии в 1628 г.), чьё влияние на Х. Гюйгенса было велико в течение всей его жизни [16. С. 235]. По убеждению Г.Д. Гачева, «декартов ученик» Гюйгенс именно колебательное движение «подверг медитации: и в механике, и в оптике его далее обнаружил (что без априорных образно-интуитивных предпосылок вряд ли возможно было бы заподозрить²⁸⁵)». Приверженцем Декарта был и Гейлинкс, хотя он начинал как сторонник учения Аристотеля [151. С. 113]. 3. Гейлинксу известен *факт* влияния часов друг на друга, обнаруженный Гюйгенсом. Но Гейлинкс, будучи христианским этиком, исходит из идеи непрерывного божественного вмешательства во все внешние и внутренние действия человека [Там же]. Поэтому он учит: «духовное и телесное являются как бы

²⁸⁵ «Именно то мы и исследуем, что “за” и “под” зрением» [250. С. 56].

двумя синхронизированными часовыми механизмами, но не из-за взаимодействия, а потому, что их постоянно регулирует Бог». В доктрине Гейлинкса бог – всемогущий часовщик; люди же – просто «зрители», а не «авторы» всего того, что происходит параллельно с духом и телом их [258. С. 220–221].

4. Стилю Гюйгенса (писавшего, как это было принято в его время на средневековой латыни), свойственно, насколько можно судить, уподобление некоторых характеристик физических объектов человеческим. В этом плане показателен сам подзаголовок рукописи: «симпатия²⁸⁶ часов». И в тексте её говорится о «симпатии» (*sympathiae*). Гюйгенс также использует её синоним (акустический по смыслу) – «согласованный, звучащий в унисон» (*consonarent*). Он встречается в выражении «согласование всегда взаимно в обе стороны» (*consonarent semper reciprocationes utriusque*). Ещё один синоним – «согласие» (*concordia*) [65. С. 285], когда Гюйгенс сообщает, что наблюдалось удивительное согласие (*miram concordiam observaveram*). Именно в роли научного термина «синхронизация» Гюйгенсу служит универсальное понятие «согласие» (*concordia*). В латинском и других европейских языках оно имеет своим корнем слово «сердце» (*cordis*) [2. С. 149], т.е., заметим, источник колебаний. Рассказывая о поведении двух часов (*horologiorum duorum*), каким-то образом связанных (*in quibus catenulae*), Гюйгенс подчёркивает, что ход любого из маятников (*penduli*), будучи расстроен (*turbavi*) внешним воздействием, спустя четверть часа или полчаса снова приобретал согласованность (*post vel semihora rursus concordari inveni*) ритма (цит. по рис. 6.1 в [16. С. 238]). Причём глагол *inveni*, выражая активность, обычно присущую человеку, имеет значения: находить (нечаянно или случайно), получать, приобретать, открывать, своею деятельностью приводить в действие, делать что-либо возможным [2. С. 340]. 5. Если Гюйгенс описывает «симпатию» часов (привлекая

²⁸⁶ Симпатия (от др.-гр. *συμ* – со + *παθος* – всё, что кто-либо претерпевает или испытывает; страдание; чувство, страсть < *συμπασχω* – сострадать, сочувствовать [4. Стб. 919, 1180]) – влечение, расположение к кому-либо; привязанность. По созвучию к *συμπασχω* близок глагол *συμπαίζω* – играть вместе [4. Стб. 1179].

лексику, соразмерную человеку), то А. Гейлинка в своей «Этике» предлагает классификацию высшей формы человеческой симпатии – любви (amor). Согласно своей двухчастной модели человека он делит её на две группы: любовь *чувства* (amor dilectionis, «всякая сладость в человеческой душе») и любовь *действия* (amor effectiois, «всякое твёрдое намерение»), или любовь *целестремительная* (amor respectu finis-cui) (цит. по: [259. С. 164–165]).

В качестве метафоры в изобразительном искусстве часы появляются вновь только в позднем авангарде (конец 1910-х – 1920-е гг.), когда на смену абстракции²⁸⁷ в произведениях опять приходит предметность. Возвращение часов в сюжеты произведений искусства XX в. свидетельствует о том, что в культуре понятие времени получило отличительный признак. Дело в том, что авангардные по непривычности выводы теории относительности и атомной физики (в трудах немецкого математика и физика Г. Минковского (1864–1909), французского математика, физика, мыслителя А. Пуанкаре (1854–1912), физика-теоретика А. Эйнштейна (1879–1955) и ряда других выдающихся учёных [260. С. 11–73]) рубежа XIX–XX вв. показали «неразрывность и неслиянность» (говоря языком богословов) пространства, материи, движения, времени. Как уже говорилось, успехи физики оказались одним из факторов возникновения авангарда в литературе и искусстве [261. С. 354–361]. В частности, под впечатлением успехов естествознания в поэтике авангарда время сделалось «агентом главных инноваций, оно превратилось в четвёртое измерение пространства» [254. С. 478–479]. Но и техника хронометрии демонстрирует авангардные параметры: система «оптических часов», состоящая из цепочки сверхстабильных лазеров²⁸⁸ (в Новосибирске) снижает погрешность хода до 1 с за 1 млн лет [255. С. 40].

²⁸⁷ Абстракция (от лат. abstractio – отвлечение < abstraho – оттаскивать, уводить насильно [2. С. 4]) – мысленное отвлечение (в ходе познания) от ряда свойств предметов, феноменов и отношений между ними для выявления сущности; отвлечённое понятие, образуемое в результате такого акта.

²⁸⁸ Лазер (акроним английского выражения Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – усиление света посредством вынужденного испускания

Космос как хронометр. Уже упоминалось выше, что попутно развитию механических устройств требовалось (хотя, возможно, это осознавалось лишь единицами) создать математический аппарат в качестве основы для точных расчётов и получения количественных моделей физического мира. Каков же здесь был один из барьеров в мышлении и творческом поведении? Идущее от легенд о Пифагоре и пифагорейцах²⁸⁹, от Платона и его учеников, а также от отца античной физики Аристотеля Стагирита отношение к занятиям математикой²⁹⁰ как к получению сакрального²⁹¹ знания. А его

излучения) – оптический квантовый генератор. Его принципиальное преимущество – высокая интенсивность и узкая направленность когерентного пучка света.

²⁸⁹ Пифагорейцы (Πυθαγορείοι) – последователи древнегреческого философа, религиозно-нравственного реформатора, математика Пифагора Самосского (2-я пол. VI в. – нач. V в. до н. э.) и его учеников. По-видимому, пифагорейское сообщество имело больше сходства с общественно-политической организацией либо с неформальным объединением, построенным на личных отношениях его участников, чем с религиозной сектой [262. С. 88, 91]. Пифагору приписывают девиз: «всё есть число» (надо сказать, весьма радикальный!). Мистика чисел (*целых*) в школе Пифагора несомненна, но под её покровом была построена греческая арифметика, отличающаяся своей геометричностью и наглядностью. Д.Я. Стройк сообщает: геометрические фигуры эти обнаруживаются ещё в неолитической керамике [239. С. 42–46]. Историк математики Л. Бруншвиц усматривает (1912) один из возможных истоков этой пифагорейской концепции в двух характеристиках небесных созвездий: *числе* светил, которые его образуют, и геометрической *конфигурации*, какую они вырисовывают в небе. Он восстанавливает смысл пифагорейской веры так: «Подобно тому, как созвездия имеют свойственное им число, все известные вещи имеют число» (цит. по: [244. С. 62–63]).

²⁹⁰ Термин «математика» происходит от др.-гр. μαθημα – (по)знание, наука, включая арифметику и геометрию; отсюда μαθηματικός – способный или прилежный к учению; математик (упомянем ещё одну профессию: μαθηματοπώλικος – торгующий наукою, обучающий за деньги) [4. Стб. 776]. По критикуемой нынче версии античного философа Ямвлиха (середина III в. – около 330 г.), у пифагорейцев было два направления (или две ступени посвящения). 1. «Математики», кому доверено тайное философское и научное знание. 2. «Акуматики» (ακουματικός): им учение Пифагора излагалось без разъяснений, в виде кратких изречений – акусм (ακουσμα – всё слышимое: музыка, речь, рассказ; устное обучение [4. Стб. 43]) [262. С. 84, 104].

²⁹¹ Сакральный (от лат. *sacri* < *sacer* – священный) – относящийся к религиозному культу, священный, обрядовый, ритуальный.

надлежало скрывать от непосвящённых [263. С. 102–110]. «Древнее стремление научного мирозерцания выразить всё в числах, искание кругом простых числовых соотношений проникло в науку из самого древнего искусства – из музыки» – читаем у В.И. Вернадского. «В китайской науке, например медицине, играют определённую роль числовые соотношения, находящиеся в связи с чуждой нам формой китайской музыкальной шкалы тонов. <...> Через Пифагора и пифагорейцев концепции музыки проникли в науку и надолго охватили её. С тех пор искание гармонии (в широком смысле), искание числовых соотношений является основным элементом научной работы» [34. С. 27].

Возникшее ещё в эпоху неолита трепетное отношение людей к звёздным часам породило астральные²⁹² культы со своей мифологией практически во всех культурах. Жрецы Древнего Вавилона (около XIX–XVIII вв. до н. э.), изучая закономерности динамичной картины звёздного неба, разработали *астрологию*. Согласно их доктрине (в которую верят немало наших наивных современников), небесные светила воздействуют на земной мир в целом и на каждого человека в отдельности. Это влияние можно расшифровать, вникнув в констелляцию светил, видимых на небосводе. Примечательно, что у Древней Ассирии, северного соседа Вавилонии, при царе Ашшурбанипале (669 – около 633 до н. э.) начался упадок. Ашшурбанипал славился как просвещённый монарх, собиратель древних письменных памятников: в его библиотеке имелось 20 тыс. глиняных табличек. Однако большинство из них составляли астрологические прогнозы и гороскопы. Царю они не помогли [81. С. 36]. Позднее жреческая храмовая астрология распространяется в Древнем Риме: считается, что первые гороскопы²⁹³ были составлены между II и I вв. до н. э. Через арабов, у которых расцвет астрологии относится к IX–X вв., она с XII в. проникает в Европу. Вызывая

²⁹² От др.-гр. *αστρον* – звезда.

²⁹³ Гороскоп (от др.-гр. *ὠροσκοπεῖον* – наблюдающий часы (время) < *ὠρολογιον* – показатель часов + *σκοπεῖν* – наблюдение [4. Стб. 1139, 1368]; в русском языке XVIII в. – «часозор» [5. С. 256]) – схема расположения светил в момент рождения человека, построенная астрологом для предсказания судьбы.

противодействие христианской церкви, видевшей в астрологии языческий фатализм²⁹⁴, она остаётся влиятельной в общественном сознании до середины XVII в. К этому моменту европейская наука начинает перегонять азиатскую [81. С. 110].

Число как феномен культуры. Бытование числа в системе культуры занимает своё незаменимое место: ведь число – особое средство конструирования картины мира. Недаром так популярен афоризм немецкого математика Л. Кронекера (1823–1891; его имя носит символ δ_m , используемый в матричном и тензорном исчислении [224. С. 250–251]). Будучи приверженцем арифметизации математики, Кронекер заявил: «Бог создал целые числа, всё остальное – творение человека» (цит. по: [149. С. 260]). Совершенно неслучайно, а часто строго регламентировано употребление чисел в мифах, в сказках, в народной магической практике, поверьях и этноботанике²⁹⁵, в «священных» текстах, в символике чёта и нечёта, порой даже в языке рекламы.

В этом отношении выделяются «числовые концепты» – числа, которые (в разных культурах) устойчиво служат условными знаками *неопределённой множественности*. Мотивы их «узаконения» в культуре, в обиходе связаны с циклическими природными явлениями, прежде всего – с астрономическими. Кроме того, здесь проявляются особенности систем счисления (десятичной либо двенадцатеричной) и используемого календаря (числа 360, 365 и соответствующие им 52, 30, 12), а также устоявшиеся сакральные числа (3, 5, 7, 9 и т.п.). При этом есть основания говорить об астрономической обусловленности выбора всех сакральных чисел (например, 40, 72, 70/77, 99, включая числа, табуированные²⁹⁶ в некоторых верованиях: 666, 700, 777, 888, 6666 etc.). Традиция

²⁹⁴ Фатализм (от лат. *fatalis* – роковой < *fatum* – рок) – вера в предопределённость, неотвратимость судьбы.

²⁹⁵ Этноботаника (от др.-гр. *ἔθνος* – племя, народ + *βοτανική* < *βοτανή* – корм, трава) – раздел ботаники, собирающий и систематизирующий народные знания о растениях.

²⁹⁶ Табу (полинезийское) – у первобытных народов – религиозный запрет на какой-либо предмет, действие, слово и т.п., нарушение которого карается сверхъестественными силами; в светском обществе – строгий запрет.

обозначать неопределённую множественность круглыми числами (10, 100, 1000, 10 000) распространяется также на их соседей справа (11, 101, 1001) и слева (99, 999 – вспомним «тридевятое царство» в русских сказках). Правомерно считать, что числа с символическим употреблением устанавливаются в общественном сознании под влиянием периодов астрономических явлений: движение Солнца по Зодиаку, визиты комет etc. Явления же эти часто воспринимались как кризисные [264. С. 95, 98, 101, 113].

Мистическое переживание смысла математических категорий проявляется также у конструкторов десятичной системы счисления на основе арабских цифр. Вспомним, сколь значимо положение символа нуля *слева* или *справа*²⁹⁷ от любого числа: допустим, 0,1 и 1,0. О нуле правомерно заявить: «В своей “правоте” он многократно возвеличивает. В “левоте” всех, стоящих за запятой – “грехом запятанных”, беспощадно унижает» [266. С. 424]. А само-то слово «нуль», или «ноль», откуда появилось? Его этимон – лат. nullus – никакой, ничего не значащий. По-арабски sifr – пу-

²⁹⁷ Фундаментальная оппозиция правое / левое издавна находит выражение в космогонических мифах, в священной географии и в языке. Академики Т.В. Гамкрелидзе и Вяч.Вс. Иванов считают, что причина такой асимметрии кроется, прежде всего, в символическом противопоставлении «благоприятного» «неблагоприятному», «праведного» «неправедному», «хорошего» «дурному». Значимость противопоставления «левый» / «правый» в индоевропейской символической системе подтверждается совпадением данных, относящихся к отдельным традициям. В древнегреческой (как и в древнеиндийской) традиции противопоставление «правое» / «левое» связано с «мужским» и «женским» началами, превращаясь у пифагорейцев (конец VI в. до н. э.) в базисные философские категории. Сама же связь значений «правого», «правой стороны» с «благоприятным», «хорошим», «положительным», а «левого», «левой стороны» – с «неблагоприятным», «дурным», «отрицательным» оказывается смысловым общим понятием (семантической универсалией), характерным для смысловой системы языка вообще. Подобная смысловая связь типична для различения «правой» (≈ «активной») и «левой» (≈ «пассивной») руки человека, которые в физиологической норме отличаются функциональными способностями. Такое противопоставление «рук» могло переноситься и на другие парные органы: глаза, брови, уши, ноги [171. С. 784–786]. Отсюда понятна и особая внимательность, с какой различные культуры смотрят на леворукость [265].

стой, нуль. От него – средневековое латинское слово *cifra*. А через итальянский, немецкий или польский языки в русский приходит «цифра»²⁹⁸ и «цифирь», т.е. арифметика, а через французское *chiffre* – слово «шифр» [232. С. 302]. Или, как выражается Э.А. Краймер, нуль и дал – от имени арабов – имя главным числительным: *сифр*. Он приводит древнеиндийский термин *Śūnyata* – пустота, ничто [266. С. 424]. Историк науки Н.М. Бубнов ранее (1909) прямо говорил: у индийцев после VIII в. нуль «является в форме графического кружка с пустотой в середине или же в форме точки» (точку для обозначения нуля у них находят документально только в XVII в.). Оба эти знака взяты у индийцев (на что издавна ссылались арабские учёные), и после VIII в. они оба являются «под арабским названием “цифра”, что есть очевидный перевод индусского “сунья” (пустой)» [267. С. 139]. В буддийской философии махаяны (учение Нагарджуны, II в.) категория *шунья* (*Śūnya* – пустое) прилагается к физической Вселенной для характеристики её бессущности, нереальности, иллюзорности [268. С. 451; 269. С. 291].

Правда, Д. Хофштадтер в своём энциклопедическом творении сообщает, что нуль «придуман неким индийским математиком» [270. С. 30]. Шутит? Если верить Н.М. Бубнову, «до VIII столетия после Р.Х.²⁹⁹ существование у индусов нуля для обозначения пустых разрядов доказано быть не может» [267. С. 138]. В таблице Д. Дирингера (1947), демонстрирующей развитие арабских цифр начиная со II в., символ нуля (в форме кружка) фигурирует с X в. [271. С. 642–643].

П.А. Флоренский указывает на связь понятий нуля и точки как математического объекта. Он напоминает, что пифагорейское понимание точки видит в ней *единицу*, а евклидовское – лишь отрицание пространства-времени, ничто, нуль, «призрак исчезнувшей

²⁹⁸ «Родиной наших цифр... представляется мне древняя Халдея», – пишет Н.М. Бубнов. Он предполагает, что цифровые знаки могли уже к III в. до н. э. «перейти в Индию, ещё без нуля и без значения по положению», т.е. без категории разряда [267. С. 12].

²⁹⁹ Указание в датировке «после Р.Х.» (т.е. после Рождества Христова) означает нашу эру.

величины». Точка как символ отсутствия с течением веков получила значение арифметического нуля. «Этот древний нуль... есть сведение в один знак графического символа точки и буквенного: инициального омикрон, О, от слова οὐδεν – *ничто*» (цит. по: [272. С. 109]). А слово οὐδεν, имея также значения «никто», «никакой», «ничего не значащий», происходит от οὐδε – «и не», «даже не»; «ни даже» [4. Стб. 909].

Согласно Бубнову, родословную нуля надо искать, по крайней мере, в V в. до н. э. в Древней Греции: для арифметических вычислений там использовали абак³⁰⁰, унаследованный затем Древним Римом и распространённый в Западной Европе до XVIII в. Счётный камешек (или предмет, его заменяющий) греки называли «псефос» (или «псифос»)³⁰¹. Бубнов переводит глоссу «псефос» как жетон, указывая на круглую форму псефоса. В Риме греческий счётный жетон (псефос) известен под исковерканным названием *sipos*, или *sepos*. В средневековой Западной Европе и позже этот термин «сипос» («сепос») обозначает чистый, т.е. неисписанный, жетон [267. С. 10–11, 149–150]. Сипос встречается в сохранившихся текстах (X–XII вв.) абацистов, т.е. математиков, которые производили операции элементарной арифметики на абаках. Причём их жетоны были двух родов: без всяких пометок на них (римский абак, русские счёты) и с цифрами. При использовании десятичной системы на исписанных (меченых) жетонах не нужно было писать цифру большую, чем девятка. Пустой, немеченый жетон абацисты называли колесом (*rota*), кружком (*rotula*), сипосом (*sipos* = ψηφος), помещая его за девяткой. Он-то и стал «пластическим прообразом графического нуля нашего времени». Поскольку жетоны (в том числе и с цифрами) имели в середине отверстие,

³⁰⁰ Абак (от др.-гр. ἀβᾶξ – счётная доска, доска для черчения [4. Стб. 1], лат. abacus) – доска с полосами, по которой передвигали камешки или кости (как в русских счётах), выполняющая вычисления.

³⁰¹ Термин «псефос» происходит от др.-гр. ψηφος – мелкий камень; счётный камешек; камешек игровой; камешек, употреблявшийся для подачи голоса в народном собрании, в суде; отсюда позднее глагол ψηφοφορεω – подавать голос [4. Стб. 1361; 267. С. 74–75].

чтобы нанизывать все их (для сохранности) на верёвку, то сипос на пергаменте «абацисты X–XII вв. не могли изобразить иначе, как кругом с дырочкой» [267. С. 12, 15–17, 75, 89, 140]. По Бубнову, «индусы (и арабы) взяли его (нуль, обозначаемый кругом либо точкой. – *Авт.*) у абацистов, превратили в письменный знак и, специализировав в качестве счётчика пустых разрядов по примеру абацистов, преобразовали инструментальную арифметику в писчую» [267. С. 149–150]. Тем самым был сделан шаг к отказу от абака.

В мусульманском мире астрономическим наблюдениям тоже уделялось много внимания. Так, внук Тимура М.Т. Улугбек (1394–1449), государственный деятель и просветитель, построил (1428–1429) около Самарканда лучшую по тем временам обсерваторию. Её цилиндрическое трёхъярусное здание дополнял сорокаметровый мраморный секстант³⁰² и горизонтальный круг. Этот уникальный инструмент позволил составить каталог положений 1 018 звёзд, найденных с высокой точностью. В Европе же лишь в 1576 г. датский король выделил астроному Т. Браге (1546–1601) остров Вен близ Копенгагена и средства на постройку обсерватории «Ураниборг» [91. С. 100, 102]. Но большинство мусульманских звездочётов слишком много сил и времени уделяли гороскопам. А что дали наблюдения Браге за Марсом? Его помощник (с 1600 г. в Праге, куда в 1599 г. глава Священной Римской империи Рудольф II пригласил Браге) И. Кеплер на их основе открыл движение планет по *эллиптическим* орбитам (1609) [81. Ч. 110; 224. С. 218].

В Средние же века и до XVII в. христианская церковь квалифицировала математику как разновидность магии³⁰³, а «математиков» – как еретиков, заслуживающих кастра... [273; 274; 275. С. 8–21; 276]. Первыми *печатными* математическими сочинениями бы-

³⁰² Секстан(т) (от лат. sextans (sextantis) – 1/6 часть < sexta – шестая) – угломерный астронавигационный инструмент для измерений высот небесных светил; содержит 1/6 круга, разделённую на градусы.

³⁰³ Магия (от др.-гр. – μαγεία – колдовство, волшебство < μαγος – маг, астролог, снотолкователь, носитель тайных знаний; волхв, кудесник; обманщик) – обряды, связанные с верой в способность человека воздействовать на природу, людей, животных, богов (входящие в состав всех религиозных культов).

ли коммерческая арифметика (г. Тревизо, 1478) и «Начала» Евклида (г. Венеция, 1482) [239. С. 116]. С приходом Возрождения дальновидные коронованные властители начинают поддерживать естествоиспытателей, надеясь получить некоторые преимущества в технологиях (особенно военных) и ослабить диктатуру церкви, включая монополию на истину [114. С. 410].

Рационализация числа в культурном сознании. В преодолении барьеров на пути формирования математики как надёжного инструмента для разнообразных расчётов решающую роль, по мнению А. Даан-Дальмедико и Ж. Пейффер, сыграли два момента. Первый – создание буквенной символики в алгебре. В 1545 г. итальянский математик, механик (изобретатель карданного механизма, но не «карданова» подвеса для стрелки компаса, состоящего из двух опор и известного ещё в античности [185. С. 37]), врач, гуманист и эрудит Дж. Кардано (1501–1576) выпустил сочинение «Великое искусство, или О правилах алгебры»³⁰⁴. Оно позволяет считать Кардано одним из основоположников буквенной алгебры (кстати говоря, в его трудах впервые появляются *мнимые* числа) [185. С. 54; 224. С. 207–208; 243. С. 228–229]. Французский математик (по профессии юрист) Фр. Виет³⁰⁵ (1540–1603) преобразовал

³⁰⁴ После выхода «Великого искусства...» вспыхнула скандальная перепалка (1547–1548) по поводу приоритета. Её инициировал Н. Тарталья. В противоположность Кардано, Тарталья был простолюдин по происхождению, самостоятельно изучивший грамоту, овладевший латинским и греческим, а также математикой; он писал на итальянском языке. Защищал Кардано его ученик дворянин Л. Феррари (1522–1565). По-видимому, Тарталья самостоятельно нашёл (1535) способ решения приведённого кубического уравнения и доверил его (1539) Кардано на условиях тайны, но Кардано в «Великом искусстве...» не указал на авторство Тартальи. Равным образом, Кардано не известил читателей, что в его книге решение четвёртой степени принадлежит Феррари. Всегда ли был ли безгрешен Тарталья? М. Льютци сообщает: в труде «Проблемы и различные изобретения» (1546) Тарталья привёл как своё собственное положение математика И. Неморария (между XI и XIII вв.) о равновесии тела, опирающегося на наклонную плоскость [72. С. 15–29; 185. С. 27, 54; 224. С. 207, 463–464, 487; 239. С. 117; 243. С. 497]. Тарталья был издателем трактатов Неморария [34. С. 63].

³⁰⁵ Транслитерация фамилии Viète имеет и другие формы: Вьет [216. С. 676], Вьетта [243. С. 108], Виета [224. С. 100]. Последняя наиболее распространена.

алгебру (как учение об алгебраических уравнениях, основанное на буквенных обозначениях), введя (1591) буквенные символы не только для неизвестных, но и для коэффициентов. Эта новация (которая впоследствии претерпевала дополнения, изменения, усовершенствования – вплоть до XVIII в.) почти сразу сильно продвинула математическое *исчисление*.

Но и вычислительная математика продемонстрировала успехи. Например, немецкий математик (в юности монах-августинец³⁰⁶, ставший под влиянием М. Лютера (1483–1546) протестантом) М. Штифель (1487–1567) в 1544 г. опубликовал «Полную арифметику». Он ввёл в арифметику знаки действий, применяемые и ныне, дробный и нулевой показатели степени, а также термин «показатель». Штифель, вероятно, первым сравнил арифметическую и геометрическую прогрессии, выдвинув основополагающую идею, позднее приведшую к изобретению логарифмов. Её осуществил Дж. Непер (Нейпир, 1550–1617), шотландский лорд и математик. Он изобрёл логарифмы³⁰⁷ (около 1594), опубликовал их таблицы (1614), открыл логарифмическую кривую. Его новацию приветствовали математики и астрономы, в частности И. Кеплер. Математическое определение логарифма, данное Непером, значительно повлияло на развитие исчисления бесконечно малых. Английский

³⁰⁶ Августинцы – члены нищенствующего ордена, основанного в середине XIII в. в Италии. Название связано с тем, что устав приписывался Аврелию Августину.

³⁰⁷ Термин «логарифм» предложил Дж. Непер. Он сконструирован из двух др.-гр. корней: $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$ – (со)отношение, соразмерность + $\alpha\rho\iota\theta\mu\omicron\varsigma$ – число. Для Непера слова $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$ $\alpha\rho\iota\theta\mu\omicron\varsigma$ означали «число (кратность) отношения», т.е. вспомогательное число для измерения отношения двух чисел. Термин «натуральный логарифм» ввели (1659) итальянский математик П. Менголи (1625–1668) и немецкий математик, астроном, инженер Н. Меркатор (латинизированная фамилия Кауфмана, около 1620–1687) в сочинении «Логарифмотехника» (1668). Термин «мантисса» (от лат. *mantissa* – прибавка, добавление) в современном смысле принадлежит (1748) швейцарскому математику и физику Л. Эйлеру (1707–1783). Знак \log появляется у И. Кеплера (1624) и Г. Бригса (1631), а \log и \ln (1632 и 1643) – у итальянского математика Фр.Б. Кавальери (1598–1647). Определение логарифма как показателя степени данного основания ввёл (1742) английский математик XVIII в. У. Гардинер [4. Стб. 767; 216. С. 327, 680; 224. С. 200, 319, 321; 243. С. 130, 350, 352].

математик Г. Бригс (1561–1630) после встречи с Непером заинтересовался логарифмами. Предложив вычислять их по основанию 10, Бригс издал (1617) такую таблицу с числами до 1000; предложил термин «характеристика» (1624). *Независимо* от Непера логарифмы изобрёл и опубликовал их таблицу (1620) И. Бюрги. И ещё историческая деталь: многие поколения детей осваивали арифметику, держа в руках счётные палочки, позднее получившие имя «палочки (кости) Непера» [91. С. 97, 104; 224. С. 69, 344–345, 539; 239. С. 122–124; 243. С. 75, 89, 586]. Оценивая этот период, где выделялись своими успехами в создании научной аппаратуры и вычислительных методов Т. Браге, И. Бюрги, их немецкий коллега П. Беневиц (1495–1552), испанский коллега П. Нуньес (1492–1577), а также их ученики, В.И. Вернадский пишет: «Благодаря сознательному стремлению соединить сложность с точностью здесь впервые выросла своеобразная современная техника научных приборов, это могущественнейшее ныне орудие всего точного знания» [34. С. 24].

Второй момент – новое представление о *миссии* математики. В ней всё чаще видят теперь универсальный язык, позволяющий выражать различные стороны физической реальности. Г. Галилей в своей работе «Пробирных дел мастер» (1623) изрекает: Величайшая книга³⁰⁸ Вселенная «написана на языке математики, её

³⁰⁸ Отечественный историк культуры М.К. Петров (1924–1987) в этой связи касается ситуации кризиса в христианском богословии на рубеже XVI–XVII вв. В возникновении опытной науки особую роль сыграла эволюция истолкования понятия «Книга природы» как «второго» священного писания. Несколько курьёзно, что Фр. Бэкон и его последователи это понятие отождествляли с библейской Книгой Даниила, ссылаясь на его «пророчество» (Дан., 12, 4) [93. С. 80, 93, 96]. Итальянский же историк культуры К. Гинзбург (р. 1939) напоминает, что начиная с палеолита, человек был охотником. «На опыте бесчисленных выслеживаний и погонь он научился... чують, регистрировать, интерпретировать и классифицировать мельчайшие следы... Он научился выполнять сложные мысленные операции с молниеносной быстротой...». Охотничий тип (по)знания отличает моряка, рыбака, медика etc. В их дешифровке реальности принципиальное значение имеют приметы, симптомы, улики. Их тип (по)знания отличается «способностью восходить от незначительных данных опыта к сложной реальности, недоступной прямому эмпирическому наблюдению». В этой ретроспективе метафора «чтения» бывалым охотником

буквами служат треугольники, окружности и другие геометрические фигуры, без помощи которых человеку невозможно понять её речь...» (цит. по: [185. С. 80]). В естественно-научном сообществе суждение Галилея стало крылатой фразой. Почти через 350 лет Ю.И. Неймарк дополнил: «С природой и техникой, тоже частью природы, только созданной человеком, нужно разговаривать на математическом языке. То, что книга природы написана на математическом языке, сказал ещё Галилей» (цит. по: [278. С. 9]).

Но сам-то язык математики не был получен от природы готовым: его изобрёл человек с оглядкой на неё. Процесс создания языка был связан со становлением человека как биологического вида и «с формированием мышления, отточенного до символа. Первыми символами были геометрические формы в подражании природе: точки, кружки, крестики, а также отпечатки рук и ног...». Символы эти использовались в магии и ритуалах, объединяющих людей и способствующих развитию общественного сознания [279. С. 421]. Числовые термины, выражающие некоторые из чрезвычайно абстрактных понятий, впервые появились скорее как качественные, чем как количественные термины. Они передавали различие между одним (или, вернее, «каким-то») и двумя либо многими объектами. По мере прогресса ремесла и торговли начало кристаллизоваться понятие числа. Пользуясь пальцами одной руки или обеих рук, числа группировали, объединяли в более крупные единицы. Так возник счёт с основанием 5, потом – 10 etc. [239. С. 22–23].

Галилей полагал, что всякую науку надлежит начинать с чувственного восприятия явления; затем строить по образцу математи-

следов и примет иногда служит опорой для гипотезы о происхождении письменности. И намекает на исток понятия «Книга природы» [277. С. 197–198, 204] (выше мы толковали древнегреческое слово «методейя» как охотничью хитрость). А вот Г.Д. Гачев убеждён, что Галилей, идя «от лишних символов-качеств-субстанций Ветхого Завета и лишних слов-идей-логосов эллинского Нового Завета... отменял авторитеты лишних книг и письмен и предлагал читать живую книгу природы как единственный авторитет...» [19. С. 271]. По ассоциации вспоминается русский поэт Е.А. Боратынский (1800–1844). Рисую образ человеческого всеведения в стихотворении «На смерть Гёте», Боратынский находит такие строки: «Была ему звёздная книга ясна, / И с ним говорила морская волна».

ки: её результаты должны логически выводиться из аксиом, гипотез дедуктивными рассуждениями. А в финале их следует проверять на опыте. Не следует удивляться, что создавший гелиоцентрическую систему мира польский астроном и математик Н. Коперник (1473–1543), а также его немецкий коллега И. Кеплер, автор «Гармонии мира» (1619) [280. С. 99–132], были люди глубоко религиозные. Но они не были рабами веры, будучи убеждены: бог должен отдать предпочтение *простой* математической теории.

В итоге математика в начале XVII в. получает бурное развитие, имеющее интернациональный характер. Действительно, француз П. Ферма (1601–1665), занимавшийся математикой в свободное от юридической службы время, возрождает теорию чисел; его компатриот Б. Паскаль (1623–1662), прославивший себя в физике и моральной философии, вместе с Ферма создаёт теорию вероятностей. Помимо того, Паскаль (сын математика-любителя) изобретает счётную машину (1641) и публикует описание её устройства (1645) [280. С. 259–260; 80. С. 110]. Их соотечественник Р. Декарт строит аналитическую геометрию; немец Г.В. Лейбниц и британец Ис. Ньютон, сочетавший в себе математика, физика, механика, астронома, богослова³⁰⁹, алхимика, изобретают исчисление бесконечно малых, незаменимое для описания непрерывных процессов [224. С. 100, 161–162, 218, 235, 278, 351–352, 486–487; 244. С. 45–46, 297; 280. С. 307–308]. Считается, что в последнем сюжете немаловажную роль сыграла способность к воображению, свойственная этим интеллектуалам [282. С. 114].

Многообразные достижения современной экспериментальной науки, которая ведёт свою генеалогию³¹⁰ от Леонардо да Винчи,

³⁰⁹ Ньютон изучал Ветхий Завет столь же тщательно и скрупулёзно, как оптику, гравитацию или математику. «Он сделал больше тридцати переводов-версий Библии. Он выучил древнееврейский, чтобы изучать тексты пророков в оригинале. Он... освоил основные тексты современной ему теологии. <...> После его смерти осталась незавершённая рукопись по библеистике объёмом около 850 страниц, а также множество разрозненных бумаг и заметок» [281. С. 90–91].

³¹⁰ Генеалогия (от др.-гр. *γενεαλογία* – родословная) – история рода, семьи, родословие; происхождение.

Кеплера, Декарта, Галилея, Ньютона, обусловлены использованием величин, имеющих количественную меру [146. С. 142]. Вполне это было осознано лишь к XIX в. Английский логик, статистик, экономист У.С. Джевонс (1835–1882), творец одной из первых логических машин (1869), в книге «Основы науки» (1874) констатировал: «Почти во все акты нашего мышления входит число, и поскольку мы можем определить численно, постольку имеем точное полезное знание о вселенной» (цит. по: [146. С. 142]).

Математические труды как компромат³¹¹. Однако традиция подозрительного отношения к математике в науках о природе у некоторых естествоиспытателей-экспериментаторов и у многих гуманитариев, слабо владеющих математическим аппаратом (особенно у советских разработчиков официальной идеологии марксизма-ленинизма), сохранялась вплоть до середины XX в. Рисковно предположить, что здесь проявлялся культурный архетип³¹², укрепившийся в обществен-

³¹¹ Компромат – разговорное сокращение от слов «компрометирующие материалы». Компрометировать (от фр. compromettre – подрывать репутацию; compromettant – компрометирующий, впутывающий во что-либо) – порочить, чернить доброе имя; компрометация – оглашение сведений, подрывающих доверие.

³¹² Архетип (от др.-гр. ἀρχετύπον – первообраз, оригинал, подлинник < ἀρχή – начало + τύπος – чеканка, отпечаток, изображение [4. Стб. 202, 1262]) – термин учения швейцарского психолога и философа К.Г. Юнга (1875–1961) о коллективном бессознательном (1919). Согласно Юнгу, привлечшему выражение Аврелия Августина, архетип – определённое образование архаического, т.е. древнейшего, характера, которое содержит по форме и по смыслу мифологические мотивы. Коллективное бессознательное, по Юнгу, образует «грибницу» психической жизни отдельного человека. Архетип часто толкуют как биологически наследуемые психические (нейродинамические) структуры, которые связаны с инстинктом и составляют основу общечеловеческой символики, включая сны, мифы, фантастические образы etc. Архетипы – некие модели бессознательной психической активности, которые самопроизвольно определяют наше мышление и поведение. Юнг уподоблял архетипы осям кристалла. Архетипы, по определению, нельзя «поднять» в сознание, т.е. осмыслить логически и адекватно выразить словами, поэтому Юнг и его последователи порой трактуют архетипы довольно свободно [10. С. 49]. Культурный архетип – устойчивая структура, имеющая не биологическую, а социальную природу, но обычно не осознаваемая народом. Например, таков в массовом сознании высокий образ «жреца» – носителя и хранителя исключительно важных знаний (включая ценные практически: медицинские, техно-

ном сознании за тысячелетие владычества христианской церкви, которая до середины XVII в. приравнивала занятия математикой к колдовству, к чёрной магии etc. Обычно чем больше догматизма³¹³ было свойственно мышлению того или иного противника математизации науки, чем предпочтительнее для него были «простые», однозначные, механистические модели реального мира, тем категоричнее были его полемические выпады против математизации знания. По убеждению подобных критиков математизации физических моделей, она пагубна тем, что заслоняет «материю», т.е. объективную реальность.

Вот, скажем, русский социолог, публицист, активный участник социал-демократических организаций В.И. Ульянов (1870–1924). Писавший часто под псевдонимом «Н. Ильин», а позднее ставший известным как политический лидер под именем «Ленин», он выпустил (1908) книгу «Материализм и эмпириокритицизм». В ней Ленин взялся судить о философских основах современного естествознания, об особенностях его методологии, интерпретации противоречий и т.п. (сочинение это должны были в обязательном порядке штудировать все студенты советских вузов в рамках «диамата», сиречь диалектического материализма). Например, там утверждается: «Крупный успех естествознания, приближение к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку, порождает забвение материи» (цит. по: [283. С. 21]). Не входя в анализ «Материализма и эмпириокритицизма», отметим лишь три обстоятельства, порож-

логические и т.п.), недоступных простому смертному. Старославянское **жрьць** (священнослужитель по языческому обряду), т.е. приносящий божеству жертву, родственно древнепрусскому глаголу *girtwei* (хвалить), латышскому *dziift* (славить), латинскому *grātēs* (благодарности), древнеиндийскому *gṛhātī* (взывает, перевозит) [61. С. 63]. В церковно-славянском языке у слов «жрец» и «жертва» общий корень: глагол «жрети» (или «жерети») – приносить жертву богу. «Жрище» («жертвище») – жертвенник, капище, кумирня, требище [3. Стб. 1364].

³¹³ Догматизм – метод мышления, исходящий из того, что все новые смыслы могут быть следствием неизменных, закостенелых систем. Догма (от др.-гр. *δογμα* – учение, теория) – положение, принимаемое за непреложную истину, верную при всех обстоятельствах. Догмат – основное положение в (веро)учении, принимаемое как абсолютная истина, не подлежащая сомнению и критике.

дающих недоразумения. 1. Ленин обсуждает некоторые отличительные черты *неклассической* науки (начавшей формироваться в связи с гипотезой квантов и теории относительности). Однако судит он её с позиций и по меркам классического естествознания, каким оно было приблизительно в середине XIX в. 2. Ленин не всегда чётко различает *объект* исследования (т.е. фрагмент объективно существующего мира, реальности, или «материи», как обычно он пишет) и *предмет* исследования (т.е. некую модель объекта из сферы реальности, построенную согласно выбранной цели исследования с помощью отвечающих этой цели методов исследования [284. С. 94–95]). А предметом исследования в новейшей физике 1900-х гг. были преимущественно математические модели: довольно сложные и всё чаще не сводившиеся к привычным механическим аналогам, к известным из повседневного опыта закономерностям. 3. На закате XIX в. в науках о природе (о «материи») начался постепенный (и порой болезненный) отказ от механистических представлений. Но чтобы раскрыть смысл неклассических новаций в науке, Ленин как философ не располагал должными интеллектуальными средствами, уже имевшимися у некоторых из тех, кого он хулил как «идеалистов». Будучи юристом по образованию, он, вероятно, обладал догматическим (т.е. свойственным догматизму) стилем теоретического мышления. Хотя это не мешало Ленину быть невероятно изворотливым и безжалостным политиком, полемистом, интриганом³¹⁴. Нападая на учёных, он оперировал идеями и образами, имевшими к 1900-м гг. лишь ограниченную сферу применения. И «забвение материи», в котором Ленин обвинял современных мыслителей, *de facto*³¹⁵ обернулось началом триумфа квантовой механики, ядерной физики [189. С. 9–54] и т.п.

³¹⁴ Интриган – лицо, занимающееся интригами. Интрига – (от фр. *intrigue* – комбинация < лат. *intricare* – запутывать) – происки, скрытые действия, обычно неблагоприятные, для достижения своих целей (в политике, быту); завязка, соотношение обстоятельств и персонажей, двигающее действие в романе, пьесе etc.

³¹⁵ *De facto* (лат.) – на деле, фактически (противоположно *de jure* – юридически, формально).

Контрольные вопросы

1. Каков смысл концепта «техника» и какова его этимология?
2. В чём Вы видите сходство и различие между задачами техники и науки?
3. Когда и где впервые встречается слово «наука» (scientia), а когда – science?
4. Какова этимология русского слова «наука»?
5. Сколько лет, по-Вашему, существует на Земле техника (приблизительно)?
6. Каков смысл термина «техноценоз» (по Б.И. Кудрину)?
7. Как Вы толкуете принцип «органопроекции» применительно к существу техники?
8. Согласны ли Вы с мнением В.В. Бибикина: техника ценна ещё и тем, что она для нас – школа?
9. Что такое импликация?
10. Чем подобны и чем различаются научное и техническое высказывание?
11. Как соотносятся между собой наука, техника, практика (по Бону)?
12. Сколько (приблизительно) лет, по-Вашему, приёмам счёта?
13. Какие живые существа, кроме человека, способны к простейшему счёту?
14. В чём принципиальное отличие математики Древнего Востока от древнегреческой?
15. Кто такой Никола Бурбаки?
16. Чем обязана наука «Началам» Евклида?
17. Кто считается «отцом» системы прямолинейных координат?
18. В чём новаторство научно-технической программы Г. Галилея?
19. Когда на Земле начался процесс социокультурной глобализации и при чём здесь наука?
20. Какова причина «повторяемости» научных открытий (по Вернадскому)?
21. Кем и когда (приблизительно) предложен индуктивный метод в науке, основанный на эксперименте?
22. В каком веке родились методы вычислений с десятичными дробями?

23. Какой тип динамики Леонардо да Винчи считал наиболее естественным, выдвигая физическую концепцию: «движение есть причина всего живого»?

24. Что такое нелинейность?

25. Каковы исторически первые «часы» человечества?

26. Что такое гномон, а также клепсидра, и почему нынче они не в ходу?

27. В каком смысле А. Гейлинкс полагал хронометр моделью человека?

28. Что такое синхронизация систем и кто её обнаружил впервые?

29. Почему часы вернулись в сюжеты произведений изоискусства 1910–1920-х гг.?

30. Чем примечательны взгляды на мир Пифагора Самосского и пифагорейцев?

31. Чем математики отличаются от акусматиков?

32. Каковы истоки астрологии?

33. Что общего между арабским *sifr*, средневековым латинским *cifra*, французским *chiffre*?

34. Каково понимание символа точки у пифагорейцев и у Евклида?

35. Когда занятия математикой приравнялись к магии и почему?

36. Кто изобрёл логарифм и какова этимология этого термина?

37. Каковы смыслы выражения «Книга Природы»?

38. Кто изобрёл счётную машину в середине XVII в.?

39. От чьих трудов ведёт свою генеалогию экспериментальная наука?

40. В чём причины обвинений в «забвении материи» авторов математических моделей в начале XX в.?

Глава 4. Становление физики колебаний

Истоки колебательно-волновых моделей. Вспомним, откуда берёт начало физика колебаний. В 1583 г. Г. Галилей, наблюдая раскачивание лампы³¹⁶ в Пизанском соборе, открыл закон постоянства периода качания маятника. Время он измерял по биению собственного пульса, как это советовал Дж. Кардано. Несмотря на то, что закон равномерно-переменного движения при падении тел был известен уже Д. Сото (1494–1560), несмотря на опыты Г. Галилея на Пизанской башне³¹⁷ (1590) и опыты по скатыванию тел с наклонной плоскости, демонстрирующие независимость скорости падения тел от их веса, Галилей (в работе «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой», 1632) обратился к двум маятникам равной длины: один – со свинцовым шаром, другой – с пробковым. Он обнаружил, что периоды их колебаний одинаковы. А это доказывает одинаковость скоростей падения тел независимо от вида вещества. Эксперименты Г. Галилея привели к новому пониманию акустических явлений (сделав его основателем современной акустики и вызвав восхищение Р. Декарта):

- получение звука с помощью колебаний, чья частота задаёт высоту звука;
- волновое распространение в воздухе;
- явление резонанса;

³¹⁶ Лампада (от др.-гр. *λαμπάς* (*лампадос*) – факел [4. Стб. 749]) – светильник; сосуд с фитилём, наполняемый маслом и зажигаемый (перед иконой).

³¹⁷ М. Льоцци отмечает, что натурные опыты на башне ставятся под сомнение некоторыми исследователями. К тому же до результатов этого эксперимента Галилей, по его собственному выражению, «дошёл разумом» [185. С. 55, 69]. Поэтому некоторые историки техники, например В.Г. Горохов, полагают, что это был *мысленный* эксперимент Галилея.

– акустические интервалы³¹⁸, т.е. соотношение двух звуков по их высоте (частоте) [185. С. 68, 78]. Кстати говоря, по наблюдению Ю.А. Данилова³¹⁹, знатока истории науки и прекрасного переводчика многих физико-математических трудов XX в., догадка о резонансе различима ещё в сочинении И. Кеплера «Третий вмешивается» (1610), излагающем его «оптическую» астрологическую концепцию³²⁰.

³¹⁸ Интервал (от лат. *intervallum* – промежуток (во времени), расстояние, остановка в речи; разность, несходство [2. С. 337]) – перерыв в пространстве или во времени, пауза, расстояние между чем-либо.

³¹⁹ Его личности и творчеству посвящены статьи в [286].

³²⁰ По И. Кеплеру, «в человеческую душу от самого рождения влита предсуществующая форма, образованная лучами света, приходящими от планет на Землю. <...> Кеплер классифицирует углы между лучами, приходящими на Землю от двух светил», выделяя среди них «благоприятные и неблагоприятные». Души наделены способностью *избирательно* реагировать на определённые углы. По Кеплеру, способность эта подвержена влиянию материального мира, а потому индивидуальные души – фундаментальные носители мировой гармонии [285. С. 32]. См. также «оптический» пассаж в [287. С. 154–155]. Причём механизм избирательности у И. Кеплера (на неё обращает внимание Ю.А. Данилов) может иметь не только резонансную, но и иную природу, скажем, родственную простому сравнению эталонного и тестируемого объекта. Даже скорее не самих объектов, а имеющихся у человека представлений о первом и образа второго из них. Смешение беспочвенных астрологических построений с глубокой естествоиспытательской и математической интуицией у И. Кеплера не должна нас удивлять. «Никто в истории науки не смог лучше него объединить в себе черты, характерные для этого перехода от возрожденческой магии к первым проблескам приближающегося Просвещения», – пишет Н. Витковски, французский профессор физики и популяризатор науки [78. С. 43]. Не менее убедительна в этом плане и колоссальная личность Ис. Ньютона: он не только творец классической физики и исчисления бесконечно малых, но и приверженец алхимии [261], искатель ключа к таинствам Натуры.

Спустя век после Ньютона именно так назвал своё мистическое произведение (1794) [288] баварский теософ К. фон Эккартсгаузен (1752–1803). Гоголь в «Мёртвых душах» выводит почтмейстера города N, который «вдался более в философию и читал прилежно, даже по ночам, “Ключ к таинствам природы” Эккартсгаузена». Из него он «делал весьма длинные выписки по целым листам, и в чём состояли эти выписки и какого рода они были, это никому не было известно». Аллегии Эккартсгаузена из «Ключа» пародически отзываются в «храме уединённого размышления» Манилова. Труды Эккартсгаузена пользовались авторитетом у русских

Оценивая заслуги Декарта, Г.Д. Гачев исходит из убеждения: «*Колебательное движение для французского ума не просто одно из многих, но ближайшее к сердцу и моделирующее <...> У Галилея и Ньютона исследуются в основном безвозвратные движения. То есть исследуется принцип направленного движения под действием силы, а куда? и есть ли туда-обратно? – это уж вариант, дело второе. Напротив, у Декарта симметричные колебания вокруг нулевой точки равновесия – *баланса*³²¹ (как в отношении нуля на его координатах) есть конкретно-всеобщий (термин Гегеля) вид движения, всеобъясняющий все смыслы в мире». А декартовы вихри? Они, полагает Гачев, «сами выступают как функции, варианты и инструменты мировых колебаний». Скажем, в космологии Декарта одна и та же звезда может появляться и исчезать много раз – наподобие колебаний маятника или воды, толкаемой с одного края сосуда к другому. Что это как не единая модель, описывающая любое «колебательно-волновое движение»? [250. С. 56–57].*

В письме 1637 г. Г. Галилей предложил добавить маятник к часам с гирями и пружиной, а также снабдить их счётчиком колебаний. К несчастью, поразившая его слепота не позволила реализовать начатую им в 1641 г. практическую работу. Замысел осуществил В. Вивиани (1622–1703) – ученик Галилея, посвящённый (1649) в его идею.

Изобретением маятниковых часов с заменой гири пружиной с балансом³²² (1657) прославился Х. Гюйгенс. Он также открыл явление их взаимной синхронизации [257. С. 15], о чём уже говорилось ранее. В теоретическом трактате «Качающиеся часы, или о движении маятника» (1673) он ввёл понятие момента инерции и

масонов на рубеже XVIII и XIX вв., но в 1830-е гг. интерес к нему мог быть признаком отжившей своё моды [289. С. 373, 378]. Впрочем, в некоторых кругах современной России сия мода воскресает в 1990-е гг.

³²¹ Термин купцов и финансистов «баланс» происходит от лат. *bilancis* – весы с двумя (bi) чашками.

³²² Баланс, или балансир (от фр. *balancier* – коромысло < *balancer* – качать, уравновешивать), – деталь в форме кольца с поперечиной, которая служит регулятором хода часов.

обосновал знаменитое положение: центр колебаний и точка подвеса взаимосопряжены (позволяющее находить центр колебаний экспериментально) [185. С. 68, 90–93; 290. С. 8, 12–13].

Last, but not least: Х. Гюйгенс ввёл принцип *обратной связи* (в сюжете с маятниковыми часами) [184. С. 15], имеющий фундаментальное значение для общей теории систем, теории колебаний и волн. Кстати, о волнах. Считается, что простейшую математическую теорию волн на поверхности воды дал Ис. Ньютон в упоминавшихся «Математических основах натуральной философии» (1686) [33. С. 18]. Недаром А. Эйнштейн превозносил его как «экспериментатора, теоретика, механика и, что немаловажно, артиста научной демонстрации» (цит. по: [281. С. 246]). Среди первых, кто прочёл и откликнулся на ньютоновы «Начала» (опубликованы в 1687 г. по совету и усилиями его друга Э. Галлея (1656–1742), английского астронома, геофизика и математика [81. С. 111; 224. С. 115–116]), был Х. Гюйгенс. Не забудем ещё, что Гюйгенсу физика обязана законом сохранения количества движения (1656), но его трактат об этом увидел свет лишь в 1703 г. [280. С. 246–247, 271].

Дифференциалы на службе теории колебаний и волн. Новый важный этап в развитии теории колебаний и волн связан с именами французских математиков Ж.Л. Д'Аламбера (1717–1783), Ж.Л. Лагранжа и П.С. Лапласа (1749–1827). В «Трактате о динамике» (1743) Д'Аламбер³²³ сформулировал общие правила составления дифференциальных уравнений движения любых материальных систем. Он исследовал (1769) три установленных им принципа динамики: принцип инерции, принцип параллелограмма сил, принцип равновесия (принцип Д'Аламбера) [224. С. 156–157]. Ж.Л. Лагранж составил труд «Аналитическая механика» (1788), введя обобщённые координаты и импульсы. П.С. Ланда комментирует это событие в истории науки так: отойдя от традиционной

³²³ Ему принадлежат также пионерские работы по гидродинамике (1744), где, в частности, дано объяснение вихреобразованию в жидкости, и по небесной механике (1746). С философом-просветителем Д. Дидро (1713–1784) Д'Аламбер предпринял издание «Энциклопедии наук, искусств и ремёсел» (1751) [224. С. 156–157].

механики, Лагранж записал динамические уравнения, которые могут быть отнесены к системам *любой* природы. «Исследование свойств решений этих уравнений позволяет получить общие колебательные и волновые закономерности» [209. С. 14].

Лаплас прославил себя исследованиями по теории дифференциальных уравнений с частными производными, «Аналитической теорией вероятностей» (1812), в контексте которой он ввёл и применил преобразование, носящее его имя, и пятитомным «Трактатом о небесной механике» (1798–1825). Он развил и обосновал космогоническую³²⁴ гипотезу Им. Канта о происхождении Солнечной системы из первоначальной туманности, а также установил ряд положений теории устойчивости [50. С. 8; 224. С. 271–272]. Ради справедливости надо сказать, что И.С. Дмитриев видит в научно-организационной деятельности П.С. Лапласа, в частности в реформировании Института Франции (1826), стремление к получению монополии на истину, к введению цензуры, к лишению инакомыслящих учёных государственной поддержки... [100. С. 92].

До конца XVIII в. полагали, что звук в твёрдых телах передаётся мгновенно. Впервые (1796–1797) измерил отношение скорости звука в твёрдом теле к его скорости в воздухе Э.Ф.Ф. Хладни (1756–1827), немецкий физик, отец экспериментальной акустики, составивший её первое систематическое изложение (1802). Будучи юристом по образованию, Хладни находился под сильным впечатлением от сочинений швейцарских математиков и физиков: Д. Бернулли (1700–1782) и Л. Эйлера. Хладни достаточно точно измерил скорости звука в различных газах, открыл продольные и вращательные колебания в стержнях (1796), изобрёл несколько музыкальных инструментов (на которых сам играл). Открыл (1787) и описал знаменитые в XIX в. «акустические фигуры». Эти эффектные «фигуры Хладни» зримо возникают вследствие колебаний упругой пластины, посыпанной песком: песок собирается в узлах стоячих волн [33. С. 115–116; 69. С. 290].

³²⁴ Космогония (от др.-гр. *κοσμογονία* – происхождение мира) – раздел астрономии, изучающий происхождение и эволюцию космических тел и их систем.

Первое (согласно А.Т. Филиппову [33. С. 19–20]) – и одно из немногих точных – решение уравнений гидромеханики получил (1802) чешский математик, механик и инженер Фр.Й. Герстнер (1756–1832). Свою теорию волн он применил к расчёту плотин и дамб [224. С. 131]. Первым же экспериментальным исследованием, в котором «систематически изучались волны разной формы, скорость их распространения, соотношения между длиной и высотой волны и т.д.», А.Т. Филиппов называет «Учение о волнах, основанное на опытах» (1825). Его авторы – три немецких учёных – братья Веберы: физиолог и анатом Эрнст (1795–1878), физик Вильгельм Эдуард (1804–1891) и физиолог Эдуард (1806–1871). Попутно заметим, что В.Э. Вебер – автор одной из ранних гипотез (1846–1848) о дискретности электрического заряда (до него эту идею высказал (1801) И.В. Риттер (1776–1810), немецкий физик и химик [69. С. 234]). Он построил первую электронную модель атома (1871), приписав ему планетарную структуру (подобную Солнечной системе) [33. С. 20–21], наблюдал (1826) интерференцию³²⁵ звука и выдвинул (1830) идею его записи [69. С. 58].

Для нужд инженерной практики оказались тоже ценными труды по математической теории волн малой амплитуды на поверхности воды. Они были выполнены французскими математиками О.Л. Коши (1789–1857) и С.Д. Пуассоном (1781–1840), а также нашим соотечественником М.В. Остроградским (1801–1862) [33. С. 21]. Он общался с Коши, Пуассоном и другими французскими коллегами в Париже (1824–1827). Остроградский придумал сильный приём решения нелинейных дифференциальных уравнений разложением искомого решения в бесконечный ряд по малому параметру³²⁶ [291. С. 165–166].

³²⁵ Интерференция (от лат. *inter* – между + *ferens* (*ferentis*) – несущий, переносящий) – взаимодействие, взаимовлияние. Интерференция волн проявляется как усиление их в одних точках пространства и ослабление (вплоть до гашения) в других – в зависимости от разности фаз интерферирующих волн.

³²⁶ Этот чрезвычайно действенный приём, позволяющий избегать в решении так называемых вековых членов, получил развитие в трудах А. Пуанкаре, А.М. Ляпунова (1857–1918) и ряда современных математиков. Приём широко применялся к нелинейным задачам оптики, теории колебаний и волн [291. С. 169].

Обобщения Гамильтона. В современной литературе по колебаниям и волнам их фундаментальные модели опираются на уравнения Лагранжа либо на эквивалентные им уравнения У.Р. Гамильтона (1805–1865), ирландского математика³²⁷ [50. С. 8; 209. С. 14]. Первые исследования Гамильтона посвящены оптике [224. С. 118], а в 1834 г. он публикует две статьи. В первой он предложил канонический³²⁸ вид уравнений механики, введя функцию $H(p, q, t)$ ³²⁹, выражающую энергию динамической системы через обобщённые координаты q_i и обобщённые импульсы p_i .

Вторая статья³³⁰ Гамильтона излагала открытую им глубинную аналогию между поведением луча света и движением частицы (часто называемую *оптико-механической* аналогией). Благодаря этой аналогии явления геометрической оптики одинаково убедительно объясняются как волновой теорией Гюйгенса, так и корпускулярной теорией Ньютона (подробней этот вопрос мы затронем ниже).

³²⁷ Гамильтон был вундеркиндом: в три года он умел читать, неплохо знал арифметику и географию, в 10 лет стал студентом, к 13 годам овладел 13 языками. Изучил «Начала» Евклида в латинском переводе. С 13 до 17 лет штудировал труды Ис. Ньютона и П.С. Лапласа, обнаружив ошибку Лапласа в «Трактате о небесной механике» (в доказательстве параллелограмма сил) [224. С. 118; 243. С. 127].

³²⁸ Канонический (от др.-гр. κανων – правило, предписание) – связанный с каноном, т.е. с правилом, положением какого-либо учения, теории, системы взглядов. В искусстве канон – совокупность художественных приёмов или правил, которые считаются обязательными для данной школы или эпохи, а также произведение, служащее нормативным образцом. В христианской религии – совокупность текстов Библии, признаваемых церковью «богодухновенными» и потому не подлежащими критике (то же самое – и в других религиях Книги).

³²⁹ Её часто называют гамильтоновой: $H(p, q, t) = \sum_i p_i \dot{q}_i - L(q, \dot{q}, t)$, где L –

функция Лагранжа данной системы (интеграл от L по отрезку времени есть величина действия S). Как известно, принцип наименьшего действия (принцип Гамильтона) даёт самую общую формулировку закона движения механических систем.

³³⁰ Автор дал ей ёмкое по смыслу название: On the application to dynamics of a general mathematical method previously applied to optics // British Association Reports. 1834. P. 513–518.

Кроме того, оптико-механическая аналогия сыграла большую роль при построении физики микромира в трудах француза Л. де Бройля (1892–1987) и австрийца Э. Шрёдингера (1887–1961). Ведь квантовая механика (будучи аналогом волновой оптики) должна так относиться к классической механике, как волновая оптика – к геометрической! Немецкий математик Ф. Клейн (1849–1925) был убеждён, что «фактически открытия Гамильтона в области механики суть всего лишь, так сказать, следствия основных его идей, относящихся к оптике» [292. С. 222]. П.А.М. Дирак отзывался о нём так: «Гамильтон был, по-видимому, наделён каким-то удивительным даром проникать в самую суть <...> Он нашёл для уравнений механики такую форму записи, значение которой суждено было понять лишь спустя столетие, через много лет после его смерти» (цит. по: [293. С. 55]). Аналогия, открытая Гамильтоном, оказалась ключевой для ценнейшей идеи волны-частицы (1924) у Л. де Бройля. Не забудем ещё, что Гамильтону мы обязаны терминами «вектор»³³¹ (1847) [216. С. 107; 293. С. 55–57, 64] и «ассоциативный закон» [243. С. 127].

Распространение звука в воде изучал ещё американский физик и общественный деятель Б. Франклин (1706–1790). Но, пожалуй, более важно то, что современная терминология электричества, включая обозначения противоположных электрических состояний знаками «+» и «–», восходит к Франклину [221. С. 74; 294. С. 14]. Названия «положительное электричество» и «отрицательное электричество», а также обозначения «+» и «–» окончательно ввёл (1778) Г.К. Лихтенберг (1742–1799), немецкий физик-экспериментатор и литератор, известный блестящими афоризмами. Он же открыл (1777) основные процессы ксерокопирования³³²

³³¹ Термин «вектор» происходит от лат. *vector* – везущий, несущий. Обозначения вектора вводили: \vec{a} – в 1806 г. швейцарский математик Ж.Р. Арган (1768–1822), \overline{AB} – немецкий геометр и астроном А.Ф. Мёбиус (1790–1868), \mathbf{a} – в 1891 г. английский инженер, физик и математик О. Хевисайд (1850–1925) [216. С. 107; 224. С. 505; 243. С. 354].

³³² Ксерокопия (от др.-гр. $\xi\eta\rho\varsigma$ – сухой + лат. *соріа* – обилие, множество) – снимок, полученный методами электрофотографии (ксерографии).

[69. С. 166]. Франклин оставил след и в оптике: создал бифокальные³³³ очки [221. С. 74; 294. С. 14].

Весомым вкладом в физику волновых процессов стала обоснованная (1842) австрийским физиком, математиком и астрономом Х. Доп(п)лером (1803–1853) зависимость *частоты* звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости движения наблюдателя и источника. Зависимость эту называют принцип (либо эффект) Доплера. Она была подтверждена экспериментально в акустике (1845). Доплер также вёл исследования, посвящённые абберации³³⁴, теории микроскопа и теории цвета. В 1848 г. французский физик А.И.Л. Физо (1819–1896) сделал уточнения, необходимые для наблюдения эффекта Доплера в оптике. Физо показал, что при движении источника света и наблюдателя относительно друг друга должна изменяться длина световой волны λ . Правило это называют иногда эффектом Доплера–Физо. Физо предложил измерять лучевую скорость движения небесных светил по смещению спектральных линий в их спектрах (назвав его доплеровским сдвигом). Доплеровское смещение обнаружили (1867) в спектрах некоторых звёзд и туманностей. Позднее эффект Доплера нашёл применение в радио- и гидролокации [69. С. 106–107, 277; 91. С. 177; 295. С. 15–16]. Основы теории вихревого движения в жидкости (1868), развитого в современной аэродинамике и актуального для метеорологии, заложил Г.Л.Ф. Гельмгольц (1821–1894), немецкий физик, математик, физиолог и психолог.

Выдвижение законов сохранения. Для природы Гельмгольца показателен следующий исторический эпизод. Когда в 1847 г. Гельмгольц сформулировал и математически обосновал закон сохранения энергии, отметив его всеобщий характер, он не знал ра-

³³³ В бифокальных (от лат. *bi* – два + *focus* – огнище) очках каждая из линз состоит из двух частей с различными фокусными расстояниями.

³³⁴ Абберация (от лат. *aberratio* < *aberrare* – заблуждаться; уклоняться, удаляться [2. С. 2]) – искажение изображений, получаемых в оптических системах при использовании широких пучков лучей (сферическая абберация, кома) либо пучков, наклонных к главной оптической оси системы (астигматизм, дисторсия, искривление изображения).

бот Ю.Р. Майера, что оказалось для последнего роковым³³⁵. Сегодня известно около 20 имён исследователей, которые в 1840-х гг. почти одновременно – с той или иной степенью отчётливости – сформулировали принцип сохранения энергии. И принцип этот – задним числом – начали обнаруживать у разных авторов именно после работы Гельмгольца 1847 г. [220. С. 137–138]. Надо сказать, что ещё в XVI–XVII вв. некоторые учёные (С. Стевин, Г. Галилей, Х. Гюйгенс) были убеждены: *perpetuum mobile* невозможен, а Г.В. Лейбниц по сути дела сформулировал (1686) закон сохранения *механического* движения.

Однако долгое время никто не претендовал на обобщение этого принципа [80. С. 192]. Г. Гельмгольц доказал применимость принципа наименьшего действия к тепловым, электромагнитным, оптическим явлениям и связал его со вторым началом термодинамики. Тем самым он побудил широко использовать в физике принцип наименьшего действия [224. С. 125–126]. Немецкий математик А.Э. Нётер (1882–1935), работавшая в конце 1920-х гг. в МГУ, сформулировала (1918) фундаментальную теорему теоретической физики, согласно которой законы сохранения есть следствия симметрии системы. Так, однородность времени влечёт закон сохранения энергии; однородность пространства – закон сохранения импульса; изотропность пространства – закон сохранения момента

³³⁵ Закон сохранения энергии открыл (1841) и впервые опубликовал расчёт механического эквивалента теплоты (1842) немецкий естествоиспытатель и врач Ю.Р. Майер (1814–1878). К несчастью, его брошюра на эту тему, изданная им (1845) на собственные средства, долгое время оставалась почти неизвестной. Поэтому первооткрывателями закона стали считать английского физика Дж.П. Джоуля (1818–1889), а затем и Г. Гельмгольца. Попытки Майера защитить свой приоритет повлекли нападки на него и даже травлю со стороны местных учёных. «Роберт Майер натолкнулся на массу неприятностей и тяжёлых впечатлений, которые не прошли даром для его нервной, впечатлительной натуры» [34. С. 55]. Нервное расстройство стало препятствием для научных занятий. Признать значение его трудов стали лишь на рубеже 1850–1860-х гг. (английский физик Дж. Тиндаль (1820–1893), Г. Гельмгольц, немецкий физик Р.Ю.Э. Клаузиус (1822–1888)). Добавим, что Ю.Р. Майер первым ввёл (1848) тепловой и механический эквиваленты излучения, заключив, что излучение Солнца уменьшает его массу, и оценив убыль количественно [69. С. 174; 296. С. 83, 96, 207–209].

импульса. В общем же случае из симметрии пространства и времени вытекает преобразование пространственно-временных координат [40. С. 10; 224. С. 345].

Физическая акустика и теория колебаний обязаны Гельмгольцу созданием резонаторов, имеющих сферическую³³⁶ либо бутылочную форму: из-за упругости воздуха внутри полости резонатор подобен пружинному маятнику. Резонаторы Гельмгольца позволяют выделить из сложного звука (в общем случае негармонического акустического сигнала) отдельное гармоническое колебание, чья частота ω соответствует собственной частоте ω_0 резонатора: отклик его максимален при резонансе, когда $\omega = \omega_0$. Предпринятый им анализ установившихся колебательных процессов (в работе 1859 г. «О колебаниях воздуха в трубках с открытыми концами») завершился обобщающим уравнением $\Delta u + k^2 u = 0$, получившим его имя. Через 10 лет Гельмгольц сделал доклад, посвящённый электрическим колебаниям при разряде конденсатора через индукционную катушку, т.е. описал простейший *колебательный контур*. Он предвидел результаты своего ученика Г.Р. Герца (1857–1894), открывшего (1888) электромагнитные волны и установившего прямолинейность их распространения.

Открытие Герца – путь к радио. Как ни странно, Герц предположил, что для целей связи они бесполезны. Между тем, открытие Герца повлекло лавинный рост других открытий и изобретений. Русский физик и электротехник, изобретатель радио А.С. Попов (1859–1906) в том же 1888 г. повторил опыты Г.Р. Герца, а в 1889 г. указал на возможность использования электромагнитных волн для передачи сигналов на расстояние. В 1888 г. итальянский физик и электротехник Г. Феррарис (1847–1897), а также – *независимо* – сербский учёный и инженер Н. Тесла (1856–1943) открыли явление вращающегося магнитного поля. Используя его, Тесла построил (1889–1890) электрические генераторы с частотой до 20 кГц, а затем изобрёл (1891) высокочастотный трансформатор (трансформатор Теслы).

³³⁶ В русский научный язык слово «сферический» ввёл М.В. Ломоносов [160. С. 239].

В 1890 г. французский физик, врач и инженер Э.Е.Д. Бранли (1844–1940) обнаружил, что сопротивление металлического порошка заметно падает под влиянием электромагнитного поля электрической искры. Так появился *детектор* электромагнитных волн. Он известен как «трубка Бранли», «радиокондуктор» (радиореле) и «когерер»³³⁷. Детектор представлял собой стеклянную трубку с насыпанными в неё металлическими опилками, которая становится проводником тока под действием электрических колебаний. Чтобы привести когерер в исходное состояние, отличающееся высоким сопротивлением, трубку требовалось встряхивать. В 1892 г. итальянский физик А. Риги (1850–1921) создал новый (сферический) генератор волн, получив электромагнитное излучение с $\lambda = 20$ см и даже 7,5 см. Исследовав их отражение, преломление, поглощение, интерференцию, дифракцию³³⁸ и – впервые – двулучепреломление, Риги – вслед за Г.Р. Герцем (1888) – наглядно продемонстрировал, что радиоволны отличаются от световых лишь длиной волны λ , но не природой. В том же 1892 г. английский химик и физик У. Крукс (1832–1919) показал возможность и описал *принципы* радиосвязи, но без какой-либо технической конкретизации, позволяющей говорить об изобретении радио.

Трубку Бранли усовершенствовал (1894) английский физик О.Дж. Лодж (1851–1940). Он близко подошёл к открытию электромагнитных волн, обнаруженных Г.Р. Герцем, исследовал их распространение, а в «счастлимом» 1888 г. получил их вдоль проводника при разряде лейденской банки. Лодж снабдил трубку Бранли часовым механизмом и молоточком, чтобы встряхивать опилки в ней. В августе 1894 г. Лодж продемонстрировал опыты по беспроводной телеграфии (т.е. радиотелеграфии) на расстоянии 40 м, но в дальнейшем этих занятий не продолжал. А.С. Попов,

³³⁷ Технизм «когерер» (от фр. *cohéreur* < лат. *cohaere* – сцепляться, находиться в тесной связи [2. С. 103]; отсюда термин «когерентность», т.е. связь между фазами колебаний) можно перевести как «связыватель» или даже «сцепщик».

³³⁸ Дифракция (от лат. *diffRACTUS* – разломанный) – отклонение волн неоднородностями, т.е. областями пространства с отличающимся значением показателя преломления, в том числе препятствиями.

совершенствуя, в свою очередь, конструкцию О. Дж. Лоджа, заставил молоточек встряхивать когерер под действием приходящей электромагнитной волны (а не часового механизма), экранировал устройство от посторонних полей, а также снабдил электрическим звонком, который регистрировал приём сигнала. Попов обнаружил, что дальность действия прибора увеличивается благодаря присоединению антенны³³⁹ – воздушного (вертикального) провода длиной $\approx 2,5$ м. Во время опытов Попов выяснил, что его устройство реагирует и на грозовые разряды. Его модернизированную версию, где сигналы записывались на бумажную ленту, позднее назвали «грозоотметчик Попова». 7 мая 1895 г. он продемонстрировал свой радиоприёмник (грозоотметчик) в сеансе радиотелеграфии, где источником электромагнитных волн служил вибратор Герца. 24 марта 1896 г. Попов продемонстрировал передачу радиосигналов на 250 м. Первая переданная по радио (азбукой Морзе³⁴⁰) телеграмма содержала лишь два слова: «Генрих Герц». Несомненно, в этом проявилась скромность Попова. Своё открытие он не патентовал.

Под влиянием открытий Г. Р. Герца и А. Риги итальянский физик, инженер и предприниматель Г. Маркони (1874–1937) вёл опыты с электромагнитными волнами и разработал приборы радиотелеграфа, аккумулировав предыдущие технические решения: приёмник подключён к телеграфному аппарату, а передатчик соединён с «ключом Морзе». В июне 1896 г. он подал заявку на британский патент и получил его в июле 1897 г., но во Франции, Германии, а позже и в России ему отказали в этом, ссылаясь на приоритет Попова [69. С. 145, 167, 179, 220, 260; 297. С. 79–85, 92; 298. С. 33–34].

³³⁹ Термин «антенна» происходит от лат. *antenna*, или *antenna*, – рей, т. е. поперечина на мачте судна, к которой привязывали паруса [2. С. 43].

³⁴⁰ С. Ф. Б. Морзе (1791–1872) – художник и изобретатель из США. Его детище (1837), электромеханический телеграф для передачи и приёма сообщений знаками кода Морзе, широко использовался до 1950-х гг. Ему пришла удачная мысль (1832) построить телеграфный алфавит, используя всего два знака (азбука Морзе, 1838), где буквы суть комбинации точек и тире [185. С. 261].

По поводу традиционного спора историков-патриотов о приоритете в изобретении радио нам кажется резонным соображение В.В. Штыкова: «Действия Г. Маркони на поприще коммерциализации своих идей были вполне успешны. В результате он действительно стал “отцом радио”, – но не как изобретения (здесь, по меньшей мере, в самом начале он отставал от А.С. Попова), а как бизнеса» [299. С. 44–57]. Оценивая «родительскую», или, возможно, «родовспомогательную», функцию Г. Маркони, надо, думается, видеть в сюжете с радио проявление общей *закономерности* взаимоотношений между наукой и инженерной практикой, проявившихся ещё в деятельности Леонардо и Галилея. Отношения эти носят ярко выраженный циклический характер: научные представления, разработанные учёными, влияют на развитие инженерной практики. В свою очередь, осознание инженерами препятствий, возникших на пути реализации практических устройств, заставляет их – в той или иной форме – ориентировать учёных на совершенно новое содержание исследований. А их благополучный финал придаёт ускорение прогрессу технических новинок.

Как проявилась эта цикличность в истории рождения радиосвязи? «Предприниматель Маркони поставил перед учёными вопросы, на которые не мог ответить сам, но которые не могли возникнуть без практического инженерного опыта эксплуатации первых радиостанций, а именно: какие физические процессы происходят в антенне и в самой радиостанции». Ответы на них дал немецкий физик К.Ф. Браун (1850–1918). На основе научных знаний он изобрёл (1898) колебательный контур с большой ёмкостью и малым затуханием (цепь Брауна), а затем предложил (1899–1900) разделить антенну и искровой разрядник. Благодаря такой новации в пространство излучалось существенно более высокая доля энергии, запасённой в колебательном контуре. И лишь это открыло возможность передачи радиосигналов на большие расстояния [83. С. 108]. За развитие беспроводной телеграфии К.Ф. Браун и Г. Маркони удостоены Нобелевской премии (1909). А.С. Попова к тому времени уже не было в живых... [69. С. 44].

Один из первых радиоприёмников (грозоотметчиков) А.С. Попова хранится в Музее истории физики Томского университета. Он попал туда отнюдь не случайно. Дело в том, что с 1899 по 1909 г. профессором по кафедре физики Томского университета был Ф.Я. Капустин (1856–1936), племянник Д.И. Менделеева. После окончания Петербургского университета (1880) Капустин преподавал физику в Минном офицерском классе в Кронштадте, где трудился и А.С. Попов. (Капустин вскоре женился на его сестре, выпускнице Академии художеств; А.С. Попова-Капустина стала впоследствии известной томской художницей.) В 1896 г. Капустин возглавил экспедицию в устье р. Енисей для наблюдения солнечного затмения. Среди новейших приборов, используемых в экспедиции, был этот радиоприёмник Попова [300. С. 106–107]. По-видимому, Капустин сделал первый шаг к радиоастрономии.

Эффект Доплера (1842), а также опыты и выводы Г.Р. Герца, А. Риги, Э.Е.Д. Бранли, А.С. Попова, П.Н. Лебедева, который впервые (1895) создал набор устройств для генерирования и приёма электромагнитных волн с $\lambda = 6$ мм и 4 мм, Н. Теслы и ряда пионеров радиосвязи оказались необходимым условием для формирования физических основ радиолокации (материалы по её истории см. в [301. С. 243–278; 302]). Существенно, что П.Н. Лебедев, проводя многообразные эксперименты с волнами различной природы и резонаторами, был уверен в том, что «есть какой-то *общий* принцип, из которого можно и надо исходить» (как писал он в письме 1902 г.). Возможно, эта универсальная колебательно-волновая идеология была им воспринята также из лекций Г.Л.Ф. Гельмгольца [14. С. 38].

Изучение дискретности электричества. Вернёмся к идеям Г.Л.Ф. Гельмгольца. В 1881 г. он утверждает атомарное строение электричества [69. С. 79; 293. С. 35–38, 41]. Но у него в этом вопросе был предшественник: ирландский физик и математик Дж.Дж. Стоней (1826–1911), занимавшийся, кстати говоря, и оптикой тоже. Стоней (иногда его фамилию переводят как Стони) не только высказал мысль о дискретности электричества (1874), но и сделал количественную оценку минимального электрического заряда (опубликовал в 1881). А в 1891 г. Стоней окрестил его «элек-

троном» [69. С. 255; 290. С. 70]. Правда, «электрон» у Стонея (размышлявшего над законами электролиза) имел смысл отрицательного заряда одновалентного иона. Однако лишь в 1897 г. в опытах с катодными лучами английский физик Дж.Дж. Томсон (1856–1940) убедительно доказал существование электрона (он называл его «корпускула» ещё в течение нескольких лет). Независимо от Томсона германский (гео)физик Э. Вихерт (1861–1928), будучи сторонником корпускулярной гипотезы катодных лучей, по данным своего эксперимента с их магнитным отклонением, оценил заряд «электрических атомов», как он образно выражался (1897) [69. С. 65; 303. С. 109, 112–114].

Ещё раньше (в статье 1850 г.) Гельмгольц изложил методику измерения скорости распространения нервного возбуждения³⁴¹ (вдоль волокна нерва лягушки), составившую при комнатных температурах в среднем 26,4 м/с. Как подчёркивает Д.И. Трубецков, сюжет с нервным импульсом, распространяющимся по волокну, составляет прецедент³⁴² теории *автоволн*³⁴³ как раздела теории самоорганизации. Гельмгольц разрешил (1868) гидродинамический парадокс³⁴⁴, впервые получен-

³⁴¹ Сконструированный им прибор для записи сокращения мышц он назвал миографом (от др.-гр. *μύς* (или *μύος*) – мышь, мышца + *γράφω* – писать), вошедшим с тех пор в практику физиологии [293. С. 11].

³⁴² Прецедент (от лат. *praecedens* (*praecedentis*) – идущий впереди, предшествующий) – случай, имевший место ранее и потому служащий примером для последующих событий подобного рода.

³⁴³ Автоволнами (от др.-гр. *αὐτός* – сам) называют – по аналогии с автоколебаниями – самоподдерживающиеся волны в нелинейных активных, т.е. усиливающих, средах. Благодаря распределённому в среде источнику энергии автоволны сохраняют неизменными свои характеристики: амплитуду, форму, период, длину волны. Причём эти характеристики зависят только от свойств среды, но не зависят от начальных условий. Сокращение сердечной мышцы, процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга, явления в химических системах с автокатализом, динамика в цепочках и решётках связанных автогенераторов – вот примеры автоволн [293. С. 13–14]. Согласно отечественному историку биофизики С.Э. Шнолю, термин «автоволновой процесс» ввёл (1974) Р.В. Хохлов (1926–1977) [304. С. 165], один из отцов нелинейной оптики.

³⁴⁴ Проверка парадокса (1749) Ж.Л. Д’Аламбером, исходившим из закона сохранения импульса, по-прежнему оставляла в недоумении. Требовалось признать,

ный из строгой теории (1742) Л. Эйлером. Гельмгольцу принадлежит изучение причин *неустойчивости* границы раздела движущихся жидкостей с разными плотностями (называемой теперь неустойчивостью Кельвина–Гельмгольца, или абсолютной неустойчивостью). Это позволило объяснить механизм образования морских волн [293. С. 31, 38–41]. Он двинул вперёд физиологическую оптику, предложив меди-кам офтальмоскоп³⁴⁵ простой и надёжной конструкции.

Дискуссия об аномальной дисперсии. Примечательно, что Гельмгольц опирался на «упругую» теорию света. Тем не менее он внёс вклад (1874) в понимание аномальной³⁴⁶ дисперсии света [69. С. 79; 293. С. 13–14].

Открыл же аномальную дисперсию французский физик Ф. Ле Ру (1832–1907). Он наблюдал преломление и поглощение света призмой, наполненной парами йода. Сначала он *не* обратил внимания на то, что синяя и фиолетовая полосы идут в *обратном* порядке. И лишь через два года (1862) Ф. Ле Ру увидел свой промах. Эту аномалию не удавалось истолковать даже в рамках теории (1835) О.Л. Коши [33. С. 123]. В ней Коши обращается к молекулярным представлениям и предполагает, что расстояния между молекулами не являются пренебрежимо малыми по сравнению с длиной волны света [292. С. 89]. Попутно вспомним, что

что при обтекании идеальной (несжимаемой и невязкой) жидкостью тела произвольной формы на него *не* действует сила сопротивления! К разгадке парадокса Эйлера – Д'Аламбера привёл отказ Гельмгольца идеализировать свойства жидкости. Он не пренебрёг её вязкостью: учёл имеющееся **в реальности** трение между соседними слоями жидкости вследствие отличия скоростей их движения. В свою очередь, оказалось, что вязкость нарушает симметрию между левой и правой (относительно тела) половинами течения, приводя к образованию следа – области покоящейся жидкости за телом. При высоких скоростях течения след способен разрушаться из-за возникновения турбулентности – вихревого движения частиц жидкости, при котором происходит её перемешивание [293. С. 31–35].

³⁴⁵ Офтальмоскоп (от др.-гр. οφθαλμος – глаз + σκοπεω – наблюдать) – прибор для исследования дна глазного яблока. Согласно [72. С. 169], впервые «глазное зеркало» создал немецкий физиолог Э.-В. Брюкке (1819–1892).

³⁴⁶ Аномалия (от др.-гр. ανωμαλια – неровность; неравность, неодинаковость, несоизмерность, разнородность; неправильность [4. Стб. 141]) – отклонение от общей закономерности; отклонение от нормы, неправильность.

слово «молекула» (от новолат. *molecula* < *moles* – масса, с уменьшительным суффиксом *-cula*) ввёл (1636) французский философ, богослов и учёный П. Гассенди (1592–1655), который пропагандировал античную атомистику. Гассенди – один из родителей корпускулярной теории света, но и в теории волн он оставил след, впервые определив скорость звука в воздухе. В XVII–XVIII вв. слово «молекула» не имело конкретного физического содержания. Поэтому, например, М.В. Ломоносов (1711–1765) оперировал понятием «корпускула». И даже отец современной атомистики английский химик и физик Дж. Дальтон (1766–1844) говорил о «сложных атомах», но не о молекулах. Если читатель подумал сейчас: имеет ли отношение к Дальтону дефект зрения, называемый дальтонизмом? – то он совершенно прав. В 1794 г. Дальтон описал сие врождённое отклонение от нормального цветового зрения: неспособность отличать красный и зелёный (большей частью) [69. С. 75; 305. С. 28–29].

С объяснениями аномальной дисперсии выступили – независимо – двое. Дж.К. Максвелл предложил свой вывод (1869), впервые построив теорию, правильно объясняющую феномен. Как известно, Максвеллу принадлежит идея электромагнитной природы света, основанная на том, что в свободном пространстве скорость электромагнитных волн равна c [69. С. 176]. Парадокс в том, что Максвелл опирался не на свою электромагнитную теорию света (1864–1865), а на представления об упругом сжимаемом *эфире!*³⁴⁷ Л.А. Глебов допускает, что Максвелл вернулся к механической модели в поисках новых, более широких аналогий.

³⁴⁷ В мифах древних греков эфир ($\alpha\iota\theta\eta\rho$) – самый верхний, чистый и прозрачный слой воздуха, местопребывание богов. В русский научный язык слово ввёл М.В. Ломоносов [160. С. 239]. «Все предположения относительно поведения эфира ни к чему не приводили, – констатируют А. Эйнштейн и Л. Инфельд. – Приговор эксперимента всегда был отрицательным. Оглядываясь на развитие физики, мы видим, что вскоре после своего рождения эфир стал выродком в семье физических субстанций» [306. С. 165]. «Сказка о светящемся эфире, этом таинственном неопределимом веществе, которым пропитано всё пространство, и которое проводит свет и тепло», – так выглядит с современных позиций предмет спора между сторонниками волновой и корпускулярной теории в XVII в. [77. С. 85].

Такой более широкой аналогией видятся представления, намеченные Максвеллом в экзаменационном вопросе 1869 г. В нём рассматривается упругий сжимаемый эфир с распределёнными в нём атомами другой материи, которые способны *колебаться* относительно положения равновесия [307. С. 233, 234].

Немецкий физик В. Зельмейер (1871–1872) тоже исходил из того, что есть «молекулярный маятник»: в молекулах вещества возможны «внутренние» колебания с собственной частотой ω_e . (А.Т. Филиппов по поводу этой идеи делает уточнение: двумя годами ранее подобную модель рассмотрел Дж. К. Максвелл, но не опубликовал её.) Далее Зельмейер рассудил, что поглощение вызвано *резонансным* возбуждением колебаний с собственной частотой ω_e , когда частота падающего света ω близка к ω_e . Отсюда он нашёл зависимость показателя преломления от $\omega \approx \omega_e$, признанную аномальной [33. С. 124]. Работа Максвелла не была замечена до 1889 г., когда о ней – посмертно – напомнил Рэлей. Приведя максвелловский «вопрос», Рэлей заметил, что в частном случае из формул Максвелла следует формула Зельмейера для аномальной дисперсии [307. С. 234]. В 1909 г. петербургский оптик Д.С. Рождественский (1876–1940) предложил для количественного изучения аномальной дисперсии света интерференционный метод, который позволяет находить зависимость показателя преломления $n(\lambda)$ в середине полосы поглощения вещества, а не только вблизи полосы. В методе используются «скрещённые» спектральные приборы: интерферометр Жамена³⁴⁸ и спектрограф. По специфическому виду интерференционной картины его называют «методом крючков Рождественского» [69. С. 235; 291. С. 357]. Разумеется, факты, открытые в опытах с аномальной дисперсией света, удалось рационально истолковать лишь после появления модели атома

³⁴⁸ Ж.С. Жамен (1818–1886) – французский физик, изучавший отражение света от металлов (1847) и прозрачных тел (1857). Для измерения показателя преломления веществ построил (1856) интерференционный рефрактометр, называемый интерферометром Жамена [69. С. 111].

Бора, а точное описание дисперсии требует методов квантовой механики [33. С. 124].

Успехи волноведения. Следующим этапным событием в построении математической теории колебаний и волн стал выход двухтомника «Теория звука» (1877–1878) Дж.У. Рэлея. Он первым обратил внимание на автоколебания и вывел их уравнение, носящее теперь его имя. Рэлей разработал метод для нахождения собственных частот колебательной системы (метод Рэлея–Ритца³⁴⁹), а также выявил аналогию между акустическими и электрическими колебаниями. Для многих задач, которые он поставил, решения были найдены существенно позднее [209. С. 14]. Рэлей развил понятия фазовой и групповой скорости волн (дал формулу для последней), нашёл соотношения между ними. Это помогло ему интерпретировать явление синхронизации органичных труб: когда их частоты достаточно близки, они способны звучать в унисон либо заставить полностью «замолкнуть» одна другую. Тот же эффект он обнаружил и в случае двух камертонов, связанных между собой акустически, либо электрически, либо механически (с помощью эластичной нити) [290. С. 8, 14–15].

Имя Рэлея носят волны – упругие возмущения, распространяющиеся в твёрдом теле вдоль его свободной границы и затухающие с глубиной. Им созданы основы теории молекулярного рассеяния света и выведен закон (носящий его имя): интенсивность рассеянного средой света *обратно* пропорциональна λ^4 , где λ – длина волны³⁵⁰ возбуждающего света (1871). То есть голубые и фиолето-

³⁴⁹ В. Ритц (1878–1909) – швейцарский физик-теоретик и математик. В частности, он открыл (1908) «комбинационный принцип»: волновое число любой спектральной линии равно разности двух термов из множества их, присущих данному химическому элементу. Но у принципа двойное имя: Ридберга–Ритца. Почему? Дело в том, что шведский физик и математик И.Р. Ридберг (1854–1919) первым стал оперировать волновым числом и дал (1890) формулу, описывающую любую спектральную линию. Имя Ритца, кстати говоря, закреплено ещё за методом решения вариационных задач (1908) [69. С. 234; 189. С. 33, 61].

³⁵⁰ Попутно отметим, что термин *undarum latitudo*, т.е. «длина волны» (где латинское слово *latitudo* имеет смысл ширины и длины как обширности [2. С. 357]), ввёл Ис. Ньютон в «Математических началах натуральной философии» (1686).

вые лучи рассеиваются сильнее, чем красные с большой λ . Такая зависимость объясняет голубой цвет земного неба. Рэлей установил (1900) закон распределения энергии излучения в спектре абсолютно чёрного тела в зависимости от температуры (закон Рэля–Джинса) [224. С. 239].

Относительно истории понятия групповой скорости (введя его (1839), У. Гамильтон³⁵¹ библейски поэтично назвал её «скоростью, которой свет побеждает тьму» (цит. по: [33. С. 134])) добавим ещё, что первое ясное решение задачи о переносе энергии в упругой среде дал (1874) русский физик Н.А. Умов [291. С. 338]. К сожалению, учение Умова о локализации и движении энергии в 1870-е гг. не было воспринято учёным сообществом. Сам же Умов не включил в рамки своей модели электромагнетизм... [14. С. 37]. *Независимо* от Умова – под влиянием Рэля – английский физик и инженер О. Рейнольдс (1842–1912) изучил перенос энергии волнами в жидкости и связал его (1877) с групповой скоростью. Развивая эту мысль, его соотечественник Дж. Пойнтинг (1852–1914) ввёл (1884) понятие *потока* электромагнитной энергии (современное название «вектор Умова–Пойнтинга») и составил уравнения переноса её для электрического и магнитного полей. Из них, в частности, вытекало, что электромагнитная волна также должна оказывать давление. Ещё раньше (1873) Дж. Максвелл теоретически вычислил давление света [69. С. 176] и предложил идею эксперимента по его измерению [291. С. 352].

И здесь возникает любопытный эпизод, о котором напоминает А.Т. Филиппов. Многим, включая знаменитого английского физика Кельвина (1824–1907; до получения в 1892 титула лорда –

Он полагал, что возмущение в некоторой точке жидкости распространяется волнообразно [185. С. 135].

³⁵¹ Долгое время этот факт приписывали Дж. Рэлю и его соотечественнику Дж. Стоксу [69. С. 74] (1819–1903), чьи работы относятся к гидродинамике, оптике, спектроскопии, математической физике. Стокс установил (1852) фундаментальный факт: длина волны фотолуминесценции больше длины волны возбуждающего света [69. С. 254–255]. Объяснение ему дала в XX в. квантовая модель излучения.

У. Томсон), показалось, что последнее доказывает несостоятельность теории Дж.К. Максвелла. Всё разъяснили только задуманные ещё в 1894 г. опыты П.Н. Лебедева, доказавшие давление света на твёрдые тела (1899) [33. С. 133–134; 69. С. 218, 231, 263; 291. С. 350–354]. Они оказались решающими: после них Кельвин заявил: «Я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот... Лебедев заставил меня сдаться перед его опытами» (цит. по: [69. С. 158]). Всякая реальная волна *не* бесконечна в пространстве, а представляет собой ограниченную группу волн. Такая группа переносит энергию со скоростью, равной групповой скорости. Причём возможно движение энергии и фазы волны в *противоположные* стороны. И тогда говорят об отрицательной групповой скорости [33. С. 134].

Чрезвычайно существенное воздействие на прогресс теории колебаний и волн оказало открытие Г.Р. Герцем в опытах 1886–1888 гг. способов получения и изучения предсказанных Дж.К. Максвеллом электромагнитных волн. Выяснилось: они обладают основными свойствами световых волн, что доказывает электромагнитную природу света. Приведём мнение современника Герца Дж.Дж. Томсона. Он – автор одной из первых моделей атома (1903), продемонстрировавший реальность электрона как корпускулы (1897), и один из открывателей *дифракции электронов* (1927), которая доказала их волновую природу. Дж.Дж. Томсон характеризовал результаты Герца как изумительный триумф экспериментального мастерства, изобретательности и вместе с тем как образец осторожности в выводах. К 1930-м гг. стало очевидным: подобно открытию М. Фарадеем электромагнитной индукции (1831), открытие Герца глубоко повлияло на нашу цивилизацию [308. С. 7–8].

Герц предложил (1887) удачную конструкцию генератора электромагнитных колебаний (так называемый вибратор Герца) и метод их обнаружения с помощью резонанса (резонатор Герца). Опираясь этими устройствами, он доказал (1888) существование электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве. Экспериментируя с ними, Герц наблюдал их отражение, преломление, интерференцию, поляризацию, а также установил, что

скорость их распространения равна скорости света. Герц проявил себя и как незаурядный теоретик. Он придумал (1890) уравнениям Максвелла симметричную форму, демонстрирующую глубокую взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями, – так называемая электродинамика Максвелла–Герца.

Герц обогатил и оптику. Он открыл внешний фотоэлектрический эффект (1887) при освещении электродов (искрового промежутка) светом, богатым ультрафиолетовыми лучами [69. С. 82]. Любопытно, что «это открытие он сделал мимоходом при опытах с колебаниями высокой частоты, так как заметил, что искра в первичном контуре влияет на искру во вторичном контуре. Со свойственной ему добросовестностью Герц исследовал это явление, забросив даже свою основную работу, пока не разобрал всё до конца» [298. С. 38–39].

Контрольные вопросы

1. Какое наблюдение Г. Галилея считают истоком физики колебаний?
2. Кто изобрёл маятниковые часы, заменив гири пружиной с балансом?
3. У кого из учёных появляется первая догадка о феномене резонанса?
4. Кто ввёл принцип обратной связи?
5. Какого экспериментатора, теоретика, механика А. Эйнштейн назвал артистом научной демонстрации?
6. Чем объяснимо смешение беспочвенных астрологических построений с глубокой естествоиспытательской и математической интуицией у И. Кеплера?
7. Каков вклад в теорию колебаний и волн внесли Ж.Л. Д'Аламбер, Ж.Л. Лагранж, П.С. Лаплас?
8. Что такое «фигуры Хладни»?
9. Чем ценны труды О.Л. Коши, С.Д. Пуассона, М.В. Остроградского?
10. Каков смысл прилагательного «канонический» и какова его этимология?
11. В чём суть оптико-механической аналогии Гамильтона и чем она ценна?

12. Кто стал обозначать противоположные электрические состояния знаками «+» и «-»?

13. Каков смысл термина «абerrация» и какова его этимология?

14. В чём проявляется эффект Доплера–Физо?

15. Кто сначала считался открывателем закона сохранения энергии, и кто им был *de facto*?

16. Какую форму имеют резонаторы Гельмгольца?

17. Кто впервые описал простейший колебательный (*LC*) контур?

18. Кто предсказал электромагнитные волны?

19. Кто открыл электромагнитные волны?

20. Что такое «трубка Бранли», «радиокондуктор», «когерер»?

21. Кто впервые доказал, что радиоволны подчиняются тем же законам, что и световые?

22. За счёт чего А.С. Попов увеличил дальность действия приёмника?

23. Как Вы комментируете спор историков о приоритете Г. Маркони и А.С. Попова?

24. В чём создание радиосвязи типично для взаимоотношений между наукой и инженерной практикой?

25. Как один из первых радиоприёмников (грозоотметчиков) А.С. Попова попал в Музей истории физики Томского университета?

26. Какова краткая биография электрона и кто его «крестный отец»?

27. Чем автоволны отличаются от волн?

28. Что привело Г.Л.Ф. Гельмгольца к разгадке парадокса Эйлера–Д’Аламбера?

29. Какую дисперсию называют аномальной, кто её открыл, почему её изучение было столь важным для развития оптики?

30. Что такое эфир, какую познавательную роль он сыграл в оптике?

31. Кто предложил термины «длина волны» и «волновое число»?

32. Почему небо на Земле голубое, и кто первым объяснил его цвет?

33. Кто ввёл понятие групповой скорости и каков его физический смысл?

34. Какие смысловые компоненты понятия «вектор Умова–Пойнтинга» принадлежат Н.А. Умову, а какие – Дж. Пойнтингу?

35. Какую роль сыграли опыты П.Н. Лебедева в длительном споре лорда Кельвина с Дж.К. Максвеллом?

36. Кто открыл внешний фотоэлектрический эффект в эксперименте с ультрафиолетом?

Глава 5. Беглый обзор изучения света от Античности до конца XX в.

Огонь и свет в культуре. Свет как физический фактор возникновения и существования живых организмов на Земле, а позднее и человека играет в его жизни совершенно исключительную роль.

Касаясь этимологии слова «свет», надо обратиться к старославянскому глаголу *свьѣти (светить). Чередованием гласных он связан с праславянским словом *svetъ, которое родственно древнеиндийскому *ṣvētás* (светлый, белый) и авестийскому *sraēta* с тем же значением [210. С. 575–576]. Характерно, что в древнегреческом существительное *φαιος* (старинная форма *φαις*) имело смысл: свет (свет огня, особенно же свет солнечный, дневной). Иносказательное же выражение «быть на свете» (*ἔν φαει εἶναι*) – как и в нашем родном языке – означало быть в живых [4. Стб. 1305, 1334]. В более древний период мировой культуры, у индоевропейцев, было два термина, обозначающих огонь. Как разъясняет Вяч.Вс. Иванов, тот из терминов, который отражён в английском слове *fire*, немецком *Feuer*, древнегреческом *πυρ*, передаёт идею огня как *пассивного* элемента, как предмета для сохранения.

Сохранение огня представляло собой особую обрядовую задачу, например у древних хеттов, где центральную роль играл *uk-turi*, т.е. вечный огонь. Культ очага составлял существенную часть как домашних, так и дворцовых ритуалов. Здесь – общий источник древнеиндийского и древнеиранского почитания огня. Вместе с тем уже в хурритско-хеттском двуязычном тексте 1-й половины 2-го тыс. до н. э. встречается оборот «пусть Огонь сожжёт его полностью», т.е. изрекается имя Бога пламени. Затем возникает особое имя Бога Света, тождественное корню древнегреческого *Φαίβοϛ* (Феб; буквально: «светлый, ясный» [4. Стб. 1321]). Оно стало эпитетом Аполлона³⁵²,

³⁵² Απολλων, сын Зевса и Латоны, бог солнца, света, пророчества, поэзии, изображался с колчаном на плечах или с лирою в руке. С его именем созвучен гроз-

бога-змееборца (змей либо дракон – символ первородного водного Хаоса [163]), покровителя Муз, т.е. искусств, наук, разума.

Некоторые индоевропейские диалекты для выражения идеи огня как *активного* элемента использовали специальное существительное. В санскрите это Agni- (Бог Огня), в латинском языке – ignis (sacer ignis – священный огонь), в славянском – *ogni, откуда наше «огонь». В некоторых культурах, например угаритской (середина 2-го тыс. до н. э.), огню придаётся смысл опасного, грозного божества. Впоследствии в иранском языке древнейший термин для обозначения активного огня как деятеля был заменён новым: ātar. Оно было заимствовано позднее во многие языки, включая славянские [309. С. 18–20], где «огонь» – *ватра* [166. С. 55]. Его отголосок в русском – слово «*ватр-ушка*». В авестийском языке ātar обозначало в особенности священный и обожещаемый огонь, а бог Ātar был сыном верховного божества Ahura Mazda.

Коли так, то логично ожидать, что в подобных контекстах находится некий зародыш оптики, излагаемой, естественно, на языке мифологии. Действительно, Вяч.Вс. Иванов указывает, что в поздних частях древнеиранского религиозного памятника «Авеста» (около 1-й половины 1-го тыс. до н. э.) и в среднеперсидских текстах излагается «наука, повествующая о пяти видах священных огней». Вот они: 1) «огонь, который высоко в небе горел перед Ахурой Маздой»; 2) «благой огонь, живущий в телах людей и животных»; 3) «огонь в растениях»; 4) «огонь в туче» (молния как результат космической битвы); 5) «огонь на земле» [309. С. 20–22].

Более того, в одном из диалогов («О ценности огня и о прощении Керсаспы»), излагающих вероучение древних индоиранцев, космогонический сюжет связан именно с огнём. Диалог начинается с того, что Заратушра (имя Заратушра, или Заратустра, буквально Заратушра, означает: «Обладающий старым верблюдом»; живший между

ный глагол ἀπολλύω – губить, умерщвлять, уничтожать [4. Стб. 169]. По этимологической версии Ю.В. Откупщикова, имя Аполлон происходит от древнегреческого глагола ἀπελαύνω (или ἀπελαύνω – исключать, не допускать к чему-либо [4. Стб. 153]) – отгонять, отвращать.

Х и 1-й половиной VI вв. до н. э. пророк и реформатор древнеиранской религии, получившей название зороастризм) спросил Ахура Мазду: «—Что имеет большую ценность — телесный мир или Атар, Огонь Ахура Мазды? — Огонь, — ответил Ахура, — Атар, священная огненная стихия. Она ценнее телесного мира, ибо, если бы не было Огня, не мог бы существовать и мир. Я сотворил огонь из собственного разума...». Далее бог рассказывает, что он перед сотворением мира советовался с Бессмертными Святыми и на том совещании присутствовал Огонь. «Плача и рыдая, Огонь просил не создавать его *в телесном мире* — не давать ему материального воплощения <...>: ведь если будет создано пламя, люди станут неподобающим образом с ним обращаться, осквернять его и сжигать в нём мусор». В некотором сомнении «Ахура Мазда спросил Бессмертных Святых: <...> Что же лучше — сотворить мир или оберечь Огонь? Бессмертные Святые решили, что мир должен быть сотворён и, значит, нужно создать материальное воплощение Огня <...>. Огонь воспротивился было этому решению, и тогда ему было объявлено устами Творца, что *всякий, кем [Огонь] будет недоволен, попадёт в ад*» [310. С. 19, 292–293].

Исторически при обсуждении феномена света в рамках естественно-научной традиции — насколько она восходит к своим латинским лексическим истокам — принято различать *lux* и *lumen*. *Lux* означает свет «как самоценную вещь-в-себе, как определённую энергетическую или даже космическую субстанцию». При этом *lux* в большей степени объективен. *Lumen* же — свет как освещение. Хотя оно «тоже субстанциально-энергетично и космично, но в то же время может быть адекватно оценено лишь в своей корреляции с другими природными параметрами: временами года и дня, с условиями человеческого существования и сенсорного³⁵³ восприятия». Поэтому *lumen* в большей степени субъективен [311. С. 160].

В близком контексте Г.Д. Гачев даже вводит метафору «национальный свет». Обосновывая её, он сравнивает климат Италии и

³⁵³ Сенсорный (от лат. *sensus* — чувство, ощущение) — относящийся к чувствам, к восприятию и передаче ощущений; чувствующий; основанный на чувствительности к внешнему воздействию.

северных европейских стран: Германии, Голландии, где тоже плодотворно занимались оптикой. По наблюдениям Гачева, в Италии «вещи и существа залиты ясно-сферическим светом. Ибо отовсюду он и ровен в эллинском³⁵⁴ космосе: снизу от блеска моря также, отражаясь, подсвечивает и тела, и фигуры снизу, сбоку, со всех сторон». А в Европе? Там «свет уже более локален: и солнце своё место и направленность луча имеет, ничем не подтверждено (как в элинстве блеском водной поверхности, отчего свет – объёмен), потому и спрятаться от него, плоскость поставив в одну сторону, можно, и на плоскость же он хорошо ловится: картина, живопись, светотень и искусственно творимый объём мира – через перспективу».

Несходство, следовательно, в том, что «эллинский объём – стереоскопичен, ибо свет объёмен; здесь же свет – один линейный луч, а его делают объёмным посредством труда: преломлением линзой³⁵⁵, отражением, бликами³⁵⁶ от тканей цветных и вещей зеркальных, зайчиками... И сам свет здесь, луч – заяц, затравленный сворой охотников-людей и собак-вещей в помещении. Тьма у Рембрандта³⁵⁷ выразительнее света. Ну и верно: свет – изобразитель, а выразительность – не его дело». И вот резюме: «В эллинском космосе бытие благословило своё изображение. В германском – своё выражение. Ну а русский свет? Вот она за окном – весна света, когда свет – внизу, снеговым полем блестит, и земля, низ мира, светлее неба: там всего одно солнце на сини (в России по весне

³⁵⁴ Эллинский (от др.-гр. Ἐλλῆν – эллин, самоназвание греков; древний грек) – (древне)греческий. Эллада (от др.-гр. Ἑλλάς) – Греция.

³⁵⁵ Наше слово «линза» происходит от немецкого Linse – чечевица. В свою очередь, Linse – от народного итальянского lente, произведённого от lenticchia – чечевица, т.е. бобовая культура [185. С. 35]. Первые дошедшие до нас линзы из горного хрусталя изготовлены ≈4500 лет назад. Их нашёл (1890) при раскопках легендарной Трои немецкий археолог Г. Шлиман (1822–1890). Несколько линз, датируемых 600–400 гг. до н. э., причём с разным фокусным расстоянием, археологи нашли в древней Саргоне (Месопотамия) [312. С. 8].

³⁵⁶ Блик (от нем. Blick – сияние, сверкание, блеск (золота и т.п.); луч (солнца); проблеск, вспышка) – отблеск света; световое пятно на тёмном фоне.

³⁵⁷ Х. ван Р. Рембрандт (1606–1669) – голландский живописец, офортист, рисовальщик.

света на солнце смотреть ещё можно, а на снег – нет: солнце ещё не так слепит), а здесь всё – свет» [22. С. 141].

В отличие от колебаний и волн, относительно легко и однозначно связываемых естествоиспытателем с колебаниями механических объектов, свет, будучи электромагнитным *полем*, оказался необычной и богатой на явления материей. О природе его спор шёл не менее двух тысячелетий (см. предысторию формирования оптики в капитальном труде С.К. Стафеева, М.Г. Томилина [313]). Для биолога свет есть абиотический фактор³⁵⁸, воздействующий на экологическую систему в целом и на человека в частности. В последнем случае основой воздействия служат ключевые биохимические и нейрофизиологические закономерности жизнедеятельности его организма. Видимый глазом свет определяют как электромагнитное излучение с длинами волн $\lambda = 0,38\text{--}0,78$ мкм. При этом оптическим излучением условились считать электромагнитные волны с $\lambda = 0,1$ мкм – 1 мм [314. С. 361–367]. Никак нельзя закрывать глаза на тот факт, что дискуссии о сущности света – особенно с конца XVII до начала XX вв. – помогли осознать равноценность для развития физики богатого опытного материала и широкого обобщения. По этому поводу Л.И. Мандельштам цитирует тезис одного из французских философов XVIII столетия: «Без теории мы не знаем, что говорим, когда разговариваем, и что делаем, когда действуем» [315. С. 277].

Зажигательное действие солнечного света, вызываемое собирательными линзами и зеркалами, использовалось ещё в Античности (и сохранилось нынче в некоторых церемониях Олимпийских игр). Жрецы практиковали сей эффектный способ получения «чистого» огня в ритуалах огненного жертвоприношения [316. С. 4]. Вероятно, линзы использовали и врачи. В комедии «Облака» (423 до н. э.), сатирически изображавшей «мыслительню», т.е. собрание учёных того времени, древнегреческий поэт Аристофан (ок. 445 –

³⁵⁸ Абиотический (от др.-гр. α – приставка, выражающая отрицание либо отсутствие какого-либо качества, + $\beta\iota\omicron\varsigma$ – жизнь) фактор среды – совокупность условий неорганической среды, влияющих на организм.

ок. 385 до н. э.) описывает криминальный проект своего героя. Чтобы не платить денег по иску, он намерен взять у лекаря «камышек красивый и прозрачный» и, поймав солнечный луч, растопить «в руках писца ходатайство» о платеже [317. С. 195]. Историки рассказывают, что жестокий римский император Нерон (37–68) носил с собой крупный изумруд, дабы лучше рассмотреть своего собеседника, т.е. драгоценный камень обладал свойством увеличительной линзы [312. С. 8].

Свет и зрение. Но интерпретация природы света на протяжении многих веков изменялась довольно замысловато. Среди сохранившихся текстов, вероятно, именно пифагорейцы первыми предположили, что глаза испускают особый флюид, который словно бы «ощупывает» предмет, давая его изображение. Древнегреческие атомисты и их последователи³⁵⁹, напротив, считали, что предметы испускают «призраки», или «образы» (εἰδολα): попадая в глаза, они приносят душе ощущение формы и цвета предметов. Древнегреческий философ Эмпедокл (около 490 – около 430 до н. э.) стремился синтезировать ионийскую физику и пифагорейское учение. Более успешно это сделал философ Платон. Сохранилось его выражение «свет очей», бытующее и сейчас, но употребляющееся чаще в переносном смысле. Действительно, не излучают

³⁵⁹ Атомистика (от др.-гр. ατομος – неделимый, неделимая частица; не резанный, не кошенный [4. Стб. 217]) – учение о природе, развитое в VI в. до н. э. древнегреческими мыслителями Левкиппом и Демокритом, затем Эпикуром (341–270 до н. э.) и римским философом Титом Лукрецием Каром (98–55 до н. э.). В дидактической поэме «De rerum natura» («О природе вещей») Лукреций учит: «...опять повторю: неизбежно признать вылетанье / Телец, которые быют по глазам, вызывая в них зреньё». Он проводит убедительные аналогии, которые сегодня читаются как прозрения корпускулярной картины мира или даже закона сохранения импульса: «Запахи также всегда от известных вещей истекают, / Так же, как холод от рек, зной от солнца, прибой от солёных / Моря валов, что кругом изъедает прибрежные стены; / Разные звуки летят постоянно по воздуху всюду...» [318. С. 131]. Здесь Лукреций развивает постулат Эпикура: невозможно представить себе вещь, воздействующую на наши чувства, которая не была бы материей. Значит, действующий на глаза свет, будучи материей, должен состоять из движущихся атомов. А тогда, согласно Демокриту и Эпикуру, световые тельца, как и все атомы, обладают формой, непроницаемостью (твёрдостью), инертностью, тяжестью [296. С. 200].

ли наши глаза наподобие радиолокаторов? Используя тепловизор, биофизики установили: глаза у человека светятся в *инфракрасном* диапазоне волн, отчётливо выделяясь на фоне лица (его температура в районе глаз достигает в норме 36,5°). Причина свечения глаз в том, что каждый глаз содержит шесть, хотя и небольших, но интенсивно работающих мышц и разветвлённую систему кровообращения. При открытых веках ткани глаз испускают в окружающую среду тепло: его создают окислительные процессы в мышцах и приносит кровь³⁶⁰ [319. С. 175–176]. Согласно Платону, предмет видим нами, если подобны флюиды, испускаемые им и нашими глазами. Великий античный геометр Евклид (около 340 – около 287 до н. э.) в трактате по оптике ввёл постулат: «Испускаемые глазами лучи распространяются по прямому пути» [185. С. 21; 224. С. 176].

С цитированными мнениями древних любопытно сопоставить самонаблюдение Г.Д. Гачева, рассуждающего над восприятием пространства: «Но вот я открыл глаза – и распахнулось бытие ослепительно-огромно. Без зрения я не знал бы величия, большого, превосходящего меня. Ведь всё, что воспринимается мной, мельче меня, моего органа; вкус внемлет лишь то, что поместилось в рот, обоняние – что вошло в ноздри, осязание – что локально надавило в точке тела; слух даже – ловит накат бытия лункой своей и не ведает, большое там или малое: океан или трещотка произвели звук? – лишь мягко или больно – вот мера в ухе. А зрение есть вынос вне нас. Все остальные чувства – внос в нас: в нос, в рот, в ухо, в кожу. А зрение – взлёт: открыл глаза – как вылетел из себя в мир.

³⁶⁰ Глаза некоторых ночных животных светятся в *видимом* диапазоне длин волн. Они вынуждены жертвовать остротой зрения ради повышения его чувствительности: в сетчатке их глаз повышенное количество «палочек», но нет «колбочек». Поэтому для кошки, скажем, мир выглядит чёрно-белым. Чем вызвано повышение чувствительности? Тем, что у них пигментный (от лат. pigmentum – краска), т.е. окрашенный, слой эпителия (от др.-гр. *επι* – над + *θηλη* – сосок) – ткани, покрывающей поверхность мышц и полостей тела, содержит слой отражающего материала. Он многократно отражает попавший в зрачок (слабый) свет, посылая его на сетчатку. И она поглощает полностью все фотоны светового потока. Именно этот отражающий слой обеспечивает свечение глаз животного, смотрящего в направлении источника света [319. С. 177].

И зрение – более своевольно, свободно, произвольно. <...> я могу открыть или закрыть глаза, отвернуться (от звука, как ни отворачивай ухо, всё равно он тебя обнимет и изгибом волны сбоку войдёт). <...> Потому и эллины считали, что глаз лученосен, и Гёте (“глаз не видел бы солнца, если бы не был солнцеподобен”). Именно в том, что зрению присуща свобода воли, и есть совершаемое в смотреии излучение. Ухо не излучает, и ноздри, и кожа, а лишь воспринимают или отражают невольно. Глаз, окрываясь, даёт притекаемым образам согласие отражать – и этим своим актом согласия он их со-творяет, описывает, очерчивает их формы. Когда смотрю, неизвестно, что тут: на меня стекают образы, – давления частицы – лучи или глаз снимает оболочки с дальнестоящих предметов, обводя их лучами своими, как руками гладя, и чрез прикосновение, по проводникам лучей, от них от вещей, в человека точки стекают?» [19. С. 27–28].

Дополняя соображения Гачева и приближая их к проблеме исследовательской деятельности, полезно вспомнить, что глаз человека приспособлен к определённом «оптическому окну» (в физиологической норме оно соответствует длине волны λ светового излучения от 0,38 до 0,78 мкм). Напротив, пчёлы и бабочки способны видеть окружающее в ультрафиолетовом интервале значений λ , мир голубя окрашен в пять цветов, а волки и другие ночные хищники воспринимают его как чёрно-белую гравюру. Отсюда философ Е.Н. Князева, известная своими работами по синергетике, заключает: «Не имеет смысла вопрошать, каков подлинный цвет мира». И приводит суждение Фр. Варелы (1946–2001), чилийского нейрофизиолога, работавшего во Франции: объективный мир вокруг нас может быть охарактеризован не посредством его атрибутов, а посредством *возможностей восприятия* мира.

Далее Князева переходит к развитию личности и индивидуальной креативности. По мере становления и развития человека степень избирательности восприятия у него увеличивается. Творческий ум строит собственные (и более жёсткие) личностные «фильтры», которые изолируют его от части мира и тем самым дают ему возможность более продуктивно творить. По мысли Князевой,

рост сложности структуры сознания человека есть рост степени его избирательности. Дети и беспомощные старики, впадшие в детство, имеют слабые «фильтры» сознания: они впитывают, как губки, то, что их окружает. Сложившаяся же личность, обладающая избирательностью сознания, знает, что ей «нужно, а что не нужно. Как говорил А. Шопенгауэр³⁶¹, “чем больше человек имеет в себе, тем меньше ему требуется извне, тем меньше могут дать ему другие люди”». Поэтому одиночество – естественное состояние существования всякого творческого человека. Ему требуется «расчистить пространство вокруг себя для полёта свободной творческой мысли внутри себя» [187. С. 175–176]. Разумеется, цитированные тезисы не могут служить оправданием умственной неразвитости молодого невежды, выбравшего себе фильтрами сознания программы телевидения и сайты Сети, рассчитанные именно на умственно неразвитых и *не желающих* развиваться субъектов.

И поскольку мы ведём речь об оптике, о глазе как приёмнике (и отчасти источнике) излучения, не забудем, что человек «мыслит и чувствует всем своим телом», а не только лишь мозгом и сознанием. Недаром говорят о «глазе ума» – визуальном³⁶² мышлении. Оно свойственно высокому творчеству, «когда сознание видит, как собрано целое из частей» [187. С. 179].

От античной оптики к средневековой. Фрагменты «Катоптрики»³⁶³ Архимеда (III в. до н. э.) доказывают, что уже тогда были известны закон преломления света на границе раздела прозрачных сред и теория плоских и сферических зеркал [91. С. 52]. Кстати

³⁶¹ А. Шопенгауэр (1788–1860) – немецкий философ, автор сочинений «Мир как воля и представление» (1819–1844), «Афоризмы житейской мудрости» (получили широкую популярность в Европе), называвший свою доктрину «пессимизмом», а существующий мир – в противовес Г.В. Лейбницу – «наихудшим из возможных» [151. С. 750–751].

³⁶² Визуальный (от лат. *visualis* – зрительный) – производимый невооружённым глазом или с помощью оптических приборов (в отличие от фотографирования или другой техники регистрации).

³⁶³ Катоптрика (от др.-гр. *κατοπτρικός* – зеркальный, отражённый в зеркале) – раздел оптики, изучающий построение изображений, формируемых зеркально-отражающими поверхностями.

говоря, легенда о сожжении Архимедом вражеского флота с помощью зеркал, сделанных из отполированных солдатских щитов, была проверена в ноябре 1973 г. греческим инженером И. Саккасом. С пятой попытки 70 таких зеркал зажгли деревянную модель корабля на расстоянии 55 м [316. С. 4–5]. В небольшом трактате по катоптрике Герона Александрийского (между 150 и 250 до н. э.), прославившегося также изобретением пневматических устройств, мы находим геометрическое наблюдение, которое приводит непосредственно к принципу Ферма³⁶⁴, чьё значение для физики вновь подчёркнуто волновой механикой [185. С. 18–19, 23–24].

От идеи «света очей» атомистов, разделявшейся также Платоном, отказался лишь в XI в. представитель исламской науки, арабский физик, математик и астроном Ибн Аль-Хайтам (умер в 1038 или 1039), известный в Европе под именем Альхазена (иначе – Альгазена). Именно он высказал предположение, что свет требует времени для своего распространения [91. С. 76]. В трактате «Сокровище оптики» Альхазен утверждал: «Естественный свет и цветные лучи воздействуют на глаза» [316. С. 7]. Причём «зрительный образ получается с помощью лучей, испускаемых видимыми телами и попадающих в глаз». Для объяснения восприятия всей поверхности предмета Альхазен – вопреки Пифагору, Платону, Евклиду – предположил, что каждой точке наблюдаемого предмета (из которой исходит бесконечное число лучей) соответствует некоторая воспринимающая точка глаза. Но, испугавшись *мировоззренческих* следствий вывода о перевёрнутом изображении на глазной сетчатке³⁶⁵, он расположил эти точки на хрусталике глаза

³⁶⁴ Вариационный принцип Ферма (около 1660), или принцип наименьшей оптической длины пути, утверждает: луч света всегда распространяется в пространстве между двумя точками по тому пути, вдоль которого время прохождения меньше, чем вдоль любого из других путей, соединяющих эти точки [331. С. 281]. П. Ферма вёл научную переписку с Р. Декартом, Х. Гюйгенсом и другими выдающимися учёными того времени [224. С. 486].

³⁶⁵ Действительно, Альхазен описал опыт с получением перевёрнутого изображения, которое даёт камера-обскура (от лат. camera obscura – тёмная комната). Это прибор в виде ящика, в передней стенке которого имеется малое отверстие, и проходящие через него лучи света от какого-либо предмета дают на противопо-

[185. С. 28–29]. Принципиально то, что Альхазен, проведя физико-физиологические и даже психологические наблюдения, противопоставил «чистые чувства» сами по себе «восприятию». Первые возникают невольно, когда, скажем, человек видит свет за окном. «Восприятие» же требует преднамеренного акта распознавания, когда, например, человек смотрит на текст на странице. Альхазен впервые представил целую последовательность действий: от «видения» до «чтения» как расшифровки [320. С. 44].

В Средние века и в Европе возникают труды по оптике. Наибольшую известность получили решения задач, которые изложил английский (но, возможно, что французский) монах-францисканец³⁶⁶, естествоиспытатель, философ, алхимик Р. Бэкон (ок. 1214–1292) в своём *Opus Majus* («Большой труд») и других произведениях. Он изучил увеличительные свойства выпуклых линз, определил центры искривлённых зеркал, доказал математически наличие продольной сферической аберрации у вогнутого сферического зеркала. Фактически, в *Opus Majus* он предложил линзовые очки для чтения и рассматривания мелких предметов [185. С. 33–34]. Более того, есть основания предположить, что Бэкону были известны некоторые конструкции зрительных труб [316. С. 8]. Р. Бэкон проводил опыты с камерой-обскурой, попытался объяснить (1288) явление радуги, возникающей, по его мнению, в результате разложения света при его прохождении через кристаллы или капельки росы. Возможно, он даже предугадал возможность построения таких систем, как подводная лодка, телефон, летательный аппарат! [91. С. 86]. Хотя Р. Бэкон, как и Альхазен, занимаясь оптикой, опирался лишь на геометрические построения, он первым выдвинул экспериментальные принципы получения знания. По

ложной стенке перевёрнутое изображение предмета. По-видимому, камера-обскура была известна уже Евклиду [185. С. 22] или даже древнеегипетским жрецам [313. С. 292], т.е. лет за 900 до Евклида.

³⁶⁶ Францисканцы – члены первого нищенствующего ордена, который основал (1207–1209) в Италии Франциск Ассизский (1181 или 1182–1226), итальянский проповедник, автор религиозных поэтических произведений. Францисканцы наряду с доминиканцами ведали инквизицией.

убеждению Р. Бэкона, истинное знание должно основываться на наблюдениях и опыте, а все науки – на математике. И они будут прогрессировать, если их факты соответствуют принципам математики, например геометрии в физике [69. С. 84].

Ещё одним распространённым текстом был написанный между 1270 и 1278 гг. трактат по оптике «Перспектива» Вителлия, изданный лишь в 1533 г. (Будучи, вероятно, выходцем из Польши (из Силезии), Вителлий учился примерно с 1262 по 1268 г. в Падуе.) Заимствуя многое у Альхазена, Евклида и других, Вителлий доказал, что параболические зеркала имеют единственный фокус, т.е. точку, в которой собирается прошедший через оптическую систему параллельный пучок световых лучей. Он также подчеркнул: объясняя радугу, следует учитывать не только отражение, но и преломление света в каплях воды. Характерно, что термин *focus*³⁶⁷ и понятие фокуса в современном смысле ввёл И. Кеплер в «Дополнениях к Вителлию» (1604) [91. С. 84; 185. С. 21, 32–33]. Что же касается радуги, то в начале XIV в. немецкий естествоиспытатель Дитрих (Теодорик) из Фрейбурга объяснил её преломлением и отражением света внутри отдельных капель воды. Рассуждения свои он остроумно подтвердил в опытах с кристаллами и шарами, наполненными водой. К сожалению, его труд был напечатан лишь в 1814 г. и не смог повлиять на средневековую оптику [91. С. 88].

Изобретение очков. Здесь нельзя обойти поучительный и типичный для той эпохи исторический факт. В XIII в. имелось доста-

³⁶⁷ Focus по латыни (*fuoco* на итальянском языке) означает: огнище, огонь, костёр, (жертвенный) очаг [2. С. 261; 185. С. 212], намекая на связь зажигательного действия линзы с получением «чистого» огня от Солнца жрецами в древности. Снижающий омоним термина «фокус» – ловкий приём, трюк, основанный на ловкости движений рук или использовании особой аппаратуры; уловка, ловкая проделка; причуды, каприз. В Словаре Даля «фокус» – это также фиглярство, штука, морока, отвод глаз, непонятное явление, основанное на искусстве и проворстве фокусника либо фокусницы, иначе говоря, шукаря, или фигляра [186. Стб. 1146]. Откуда на Русь пришёл омоним? Из Германии. Немецкое *Nocus Pocus* (у Гёте, откуда также «фокус-покус» [232. С. 201]) – сильно искажённое латинское *hoc est corpus (meum)*, т.е. «это есть тело (моё)», – богослужебная формула у католиков [186. Стб. 1146].

точно теоретических сочинений по оптике. Тем не менее она развивалась лишь как «чистая наука», в отрыве от практических нужд, касающихся, скажем, применения линз. И в этой части оптика прогрессировала весьма слабо. В итоге очки были изобретены в Италии не автором капитального трактата, но, видимо, одним из искусных стекольных мастеров, занимавшимся шлифовкой и полировкой. Изготовленные очковые линзы облегчали работу, позволяя рассмотреть мелкие детали и дефекты изделий [316. С. 9–10]. В пользу того, что очки изобрели ремесленники, М. Льотти приводит такой довод: *lente* (линза) – народное слово. В учёных трактатах оно до XVI в. не фигурирует. Их авторы именовали очки «приспособлением», а, например у Дж. Кардано (1551), линзы имеют «благородное» латинское название *orbem e vitro* – кружки из стекла [185. С. 35]. «Если бы стал известен подлинный изобретатель очков, имя его, несомненно, занимало бы одно из самых почётных мест в истории науки о свете»³⁶⁸, – писал академик

³⁶⁸ В библиотеках Флоренции хранятся списки проповеди (1305) монаха Дж. ди Ривальто (1260–1311) из монастыря св. Катарини. Он говорил: «Не прошло ещё и двадцати лет с тех пор, как было изобретено искусство изготовления очков». Если верить ди Ривальто, то дата рождения очков – около 1285 г. Хроника из библиотеки монахов-проповедников в Пизе сообщает, что впервые очки начал делать «некто, не желавший открыть своей тайны» [316. С. 133]. Согласно исследователю Эд. Розену, хроника доминиканского монастыря св. Катарини в Пизе упоминает о смерти (1313) монаха А. де Спина [321. С. 9–10]. Он-де, увидев новоизобретённые очки, начал изготавливать их самостоятельно и охотно обучал этому мастерству [316. С. 133]. Но даже эта хроника, как убеждён Розен, была неверно расшифрована Фр. Реди (1626–1698), тосканским врачом и естествоиспытателем [91. С. 420]. Получается, что Спине – из уважения – просто приписали честь изобретения очков! [321. С. 9]. Во Флоренции на кладбище при церкви св. Марии надпись на одном из могильных камней гласит: умерший в 1317 г. С. де Армати – *inventore degli occhiale* (изобретатель очков) [316. С. 133–136]. Но позднее Эд. Розен доказал ошибочность этого утверждения. Что же в итоге? После нескольких сотен исследований, спекуляций, фабрикаций мифов etc. историки конвенционально решили считать местом изобретения очков Италию, предположительно Пизу, а датой – ≈1286 г. [321. С. 9–10]. Первые очки из длиннофокусных выпуклых линз предназначались старикам, страдавшим дальнозоркостью. К XIV в. масштаб производства очков возрос настолько, что Государственный совет Венеции издал указ (1301) о запрещении изготавливать их из низкосортного

С.И. Вавилов (1891–1951), сам внёсший большой вклад в развитие физической оптики (цит. по: [316. С. 9]).

Сближение теоретической и прикладной оптики. Деятельность Леонардо да Винчи, ориентированная на практические применения, была чрезвычайно плодотворной. Известно, что после него осталось около 7 000 листов с записями, чертежами, рисунками, относящимися почти ко всем отраслям естествознания и техники той поры. «Изучение рукописей Леонардо да Винчи, умершего в 1519 г., открытых вновь в конце XVIII – начале XIX столетия, указало, что в них изложены многие идеи, которые получили своё развитие в XVII – XIX столетиях, когда ни о каких заимствованиях из Леонардо не могло быть и речи», – отмечает В.И. Вернадский [34. С. 58]³⁶⁹.

В оптике след, оставленный трудами Леонардо, тоже весьма значителен. В его манускриптах³⁷⁰ имеются материалы, относящиеся к ведущим разделам современной ему оптики. Леонардо изучал строение человеческого глаза, образование изображения на сетчатке, вопросы аккомодации³⁷¹ и адаптации глаза. Выявление свойств бинокулярного зрения позволило Леонардо создать стереоскоп³⁷² (ок. 1500). Он поставил и решил задачи построения хода

стекла [316. С. 134–135]. Типичные очки тех лет изобразил итальянский живописец Т. да Модена (Баризини; 1325–1379 [322. С. 22]) на фреске, содержащей портрет кардинала Угоне, читающего книгу [312. С. 10]. В XVI в. очки проникли в Россию, в конце XVII в. московские купцы начали вывозить их на продажу в Сибирь и даже в Китай [316. С. 136]. Нынче же поток всевозможных очков идёт в обратном направлении...

³⁶⁹ Увы, выпуск трудов Леонардо начался лишь во второй половине XIX в. Часть их утрачена [72. С. 178].

³⁷⁰ Манускрипт (от лат. *manuscriptum* < *manus* – рука + *scribere* – писать) – рукопись, обычно старинная.

³⁷¹ Аккомодация (от лат. *accommodo* – прилаживать, приравнивать, соразмерять, устраивать < *commodo* – делать удобным < *modus* – мера, образ, способ [2. С. 7, 108, 394]) – приспособление к чему-либо. Аккомодация глаза – приспособление его к ясному видению предметов, находящихся на различном удалении от него, путём изменения преломляющей силы хрусталика и других оптических сред глаза.

³⁷² Стереоскоп (от др.-гр. *στερεος* – твёрдый, пространственный + *σκοπεω* – наблюдать) – прибор, позволяющий видеть объёмное изображение объекта (или участка местности) по двум изображениям его, сделанным с двух различных то-

лучей в глазе и в камере-обскуре, дал научное объяснение действию зеркал, линз, очков. Схемы Леонардо в его рукописи конца XV в. «Атлантический кодекс» (см. рис. 3 в [316. С. 14]) и пояснения к ним позволяют утверждать, что он один из основоположников фотометрии – раздела оптики, занимающегося измерением световых величин: освещённости, яркости, силы света, светового потока etc. Там же содержатся мысли о создании телескопических систем, хотя неизвестно, был ли им построен телескоп [185. С. 51; 316. С. 10–15].

По мнению многих историков, после работ Леонардо Средневековье не оставило более или менее систематических исследований по оптике, причём в ней царил изрядная путаница. Возможно, что по этой причине итальянский математик, физик, астроном и гуманист Фр. Мавролик (1494–1575) *остерегся* публиковать свой оригинальный труд (его первая часть завершена к 1521 г., вторая – к 1554 г.). Трактат его увидел свет *post mortem*³⁷³, в 1611 г., и не смог повлиять на прогресс прикладной оптики того времени. Мавролик, в частности, показал, что выпуклые линзы собирают свет, а вогнутые – рассеивают, что световые лучи, проходя через пластинку с плоскопараллельными гранями, не изменяют направления, а смещаются параллельно самим себе. Изучая преломление света в линзах, Мавролик вплотную подошёл к явлению сферической аберрации и даже пытался его изучить. Он объяснил радугу, первым указав на семь её цветов [69. С. 173]. Разделяя положения Альхазена, Мавролик впервые объяснил причину близорукости и дальнозоркости (трактуя хрусталик как линзу), а также принцип действия очков. Сила предрассудка проявилась и в случае Мавролика: он, как и ранее Альхазен, побоялся признать, что изображение на глазной сетчатке получается *перевёрнутым* [185. С. 57–58]. С помощью различных ухищрений он пытался доказать обратное... [316. С. 16].

Возрожденческую линию Леонардо и Мавролика продолжил их соотечественник неаполитанский аристократ Дж.Б. де ла Порта

чек так, что правый глаз видит изображение, сделанное только с одной точки, а левый – только с другой.

³⁷³ Post mortem (лат.) – посмертно.

(1535–1615). Линия эта была нацелена на сближение теоретического знания с технологией и техникой. Тем самым она противостояла и созерцательной позиции схоластической науки, и невежеству эмпириков, и субъектам *sine artificio sciens aut ignarus artifex*³⁷⁴, как говорил Порта в трактате «Натуральная магия, или О чудесах вещей естественных» (1558). Порта занимался не только оптикой, но также магнетизмом и кристаллографией. Ему принадлежит честь организации первой физической академии: он открыл её в Неаполе в 1560 г. и поэтически назвал Академией тайн природы (*Academia secretorum naturae*). Считается, что она представляла собой не учреждение со своим уставом, а лишь регулярные собрания в доме Порты любителей естествознания, магии, астрологии. И вскоре они навлекли на себя подозрения в колдовских занятиях [185. С. 41, 109]. В 1561 г. герцог К. Медичи (1519–1574), меценат³⁷⁵, химик-экспериментатор, успешно занимавшийся технологией фарфора, основал в своей Флоренции Академию рисовального искусства (*Academia degli arti del Disegno*). Таков был ответ на запросы времени, когда художник обрёл важное место в обществе. Как известно, в Европе в XVI в. занятия, ранее считавшиеся ремеслом, возвели в ранг свободных искусств³⁷⁶.

³⁷⁴ Знающим, но не творящим, либо творящим, но не знающим (лат.).

³⁷⁵ Меценат – богатый покровитель наук и изящных искусств. Название – от имени Мецената (Maecenas, между 74 и 64 – 8 г. до н. э.), покровителя поэтов, древнеримского приближённого императора Августа.

³⁷⁶ Благодаря щедрости просвещённых монархов и аристократов, академии изящных искусств открылись в Риме (1574–1577), Харлеме (1577), Болонье (1577). Как сообщает Р. Суриак в «Словаре эпохи Возрождения», в них – наряду с рисунком – преподавали геометрию и перспективу, анатомию, историю, философию. Откуда происходит термин «академия»? В нём отражено увлечение древнегреческой культурой, свойственное Ренессансу. Первую академию (1459–1521) основал во Флоренции же – при покровительстве Лоренцо Великолепного – М. Фичино (1433–1399), итальянский философ-неоплатоник и переводчик на латынь сочинений античных мыслителей. Тем самым восстанавливалась прерванная связь с Академией платоновской – так называли древнегреческую философскую школу, созданную ок. 387 г. до н. э. Платоном. Согласно традиции, он беседовал со своими учениками в садах Академос (‘*Ακαδημος*) у Кефиса, в «шести стадиях от Афин» [4. Стб. 37]. Р. Суриак указывает, что первый кружок гумани-

Де ла Порта выдвинул идею проекционного (иначе называемого «волшебным») фонаря (1589), где усовершенствованная им (1558) камера-обскура использовалась для выполнения рисунков и их проектирования [69. С. 221]. В книге «О преломлении» Порта приводит оптическую систему телескопа. Он отстаивает свой приоритет в его изобретении в письме (1609), адресованном в Академию деи Линчеи (Accademia dei Lincei)³⁷⁷, которое сопровождалось рисунком зрительной трубы по «схеме Галилея». Поэтому вопрос о его приоритете остаётся недоказанным [316. С. 15–17].

От подзорной трубы к телескопу. Достоверно известно, что в 1604 г. многие уже пользовались подзорной трубой (согласно документу 1634 г. в голландском городе Миддельбурге голландский оптик З. Янссен (около 1585 – около 1632) построил её по модели, которая, по его словам, прибыла из Италии с указанием года: anno

стов М. Фичино стоит у истоков движения, приведшего к появлению литературных и культурно-философских обществ. Их цель – воспитание интеллектуальных кадров, отличных от тех, что выходили из университетов.

³⁷⁷ Буквально: Академия «рысьеглазых» (рыси). На её гербе под изображением рыси – девиз: *Sagacius ista* («Мудрее, чем она»; или так: «Эта быстрее разумом»), т.е. быть зорким, подобно рыси, но глубже вникать в суть вещей и физических явлений. Знаток европейской эмблематики А.Е. Махов приводит комментарий из «*Emblemata ex animalibus quadrupedibus*» И. Камерария (1595) к изображению коз, пасущихся за скалой, и рыси перед ней с надписью *Inspicit et perspicit* («Смотрит и проникает взором сквозь»): «Плутарх... пишет, что рысь, согласно существующему верованию, проникает остриём зрения (*oculorum acie*) через скалы и деревья, Аполлоний же в “Аргонавтике” передаёт мнение, что она и сквозь землю видит, что происходит в преисподней». Здесь имеется в виду Аполлоний Родосский (III в. до н. э.), греческий поэт, заведовавший библиотекой Мусейона в Александрии, автор объёмной эпической поэмы «Аргонавтика». Античное представление о сверхъестественной зрячести рыси унаследовал ренессансный гуманизм, например в творчестве итальянского поэта Фр. Петрарки (1304–1374).

Академию рыси – первую академию физических наук – учредили в Риме (1603) именитые итальянцы – князь Ф. Чези, Ф. Стеллути, А. де Филиис – и голландец И. Гекк. В 1609 г. Ф. Чези преобразовал Академию рыси. С 1611 г. в ней состоит Г. Галилей [91. С. 103; 185. С. 109–110]. Он с 1610 г. – придворный «философ и первый математик» герцога К. Медичи II [69. С. 71; 243. С. 123]. Вероятно, в его честь Галилей назвал открытые им спутники Юпитера «медицейскими звёздами» [185. С. 90].

1590). Весной 1609 г. некие сведения об этом приборе доходят до Г. Галилея в Венеции. А в начале 1610 г. выходит его «Звёздный вестник», где описаны принципы создания телескопа³⁷⁸ (из двух линз: выпуклой и вогнутой) [185. С. 63]. Оценивая это событие в истории естествознания, С.И. Вавилов, её глубокий знаток [9. С. 44–46], подчёркивает: судя по рассказам самого Галилея, у него не было новых представлений о действии сферических линз по сравнению с тем, что было уже известно Леонардо, Мавролику, Порте. Но для Леонардо и Порты зрительная труба была одним из фокусов «натуральной магии», вроде камеры-обскуры. Галилей же ясно понимал широту возможностей применения нового инструмента для мореходства, военного дела, астрономии. Создание телескопа Галилеем дало импульс технологии изготовления линз. Он первый понял, что качество очковых линз низкое и не позволяет их использовать в зрительных трубах. Одновременно с телескопом Галилей сконструировал *сложный* микроскоп³⁷⁹, позволивший ему

³⁷⁸ Галилей использовал термины *Perspicillum* либо *Ochiale*, т.е. подзорная труба (лат.), а на современном итальянском – окуляр. Неологизм «телескоп» построил итальянский филолог Домесиани (1576–1614) по просьбе главы Академии рысьеглазых Ф. Чези [316. С. 18, 139].

³⁷⁹ Изобретателями сложного (содержащего две линзы) микроскопа (1590) обычно называют Х. Янсена и его сына З. Янсена, Галилея, а затем К.Я. Дреббеля (иногда отдавая пальму первенства Дреббелю [72. С. 131]). Вместе с тем один из отцов научной микроскопии – голландский натуралист А. ван Левенгук (1632–1723). Что же различило зрение «сквозь волшебный прибор Левенгука», как писал поэт Н.А. Заболоцкий (1903–1958)? Изготавливая линзы с увеличением до 300 раз, Левенгук изучал (1667, 1688) биологические объекты, в первую очередь – мужские половые клетки. Надо сказать, он разделял взгляды древнегреческого философа Анаксагора (ок. 500–428 до н. э.), учившего о «семенах» вещей, и древнеримского философа-стоика Сенеки (ок. 4 до н. э. – 65 н. э.), утверждавшего: «В семени содержатся все будущие части человека». В XVII и XVIII веках эта гипотеза господствовала и получила название преформизма (от лат. *praeformare* – преобразовать), т.е. теории вложенных зародышей. Сперматозоиды (от др.-гр. *σπέρμα* – семя + *ζῷον* – животное + *εἶδος* – вид, образ) тогда назывались анималкулы, или анималькули (от лат. *animalcula* < *animal* – зверь, с уменьшительным суффиксом *-cula* [323. С. 224]), т.е. зверьки, живущие в семенной жидкости. Защитников этой концепции называли анималькулистами. По мнению биолога

начать исследование насекомых (1614). К несчастью, преследования католической инквизиции³⁸⁰ воспрепятствовали Галилею систематизировать свои достижения по инструментальной оптике в итоговом труде [316. С. 19–24, 139].

Следует иметь в виду, что физику XVII в. *de facto* составляли два раздела: механика и оптика. Общей областью приложения их результатов являлась астрономия [185. С. 113]. Весной 1610 г. И. Кеплер узнаёт об астрономических открытиях Галилея и позднее получает от него экземпляр «Звёздного вестника». Осенью он уже пишет книгу «Диоптрика»³⁸¹, в которой впервые поставлены вопросы анализа и синтеза оптических систем. Автор приводит принципиально новую схему зрительной трубы, содержащей две положительные (собирающие) линзы. Кеплер поясняет её преимущество по сравнению с галилеевской конструкцией: получение в фокальной плоскости действительного изображения, что позволяет сделать этот прибор *измерительным* (а не только наблюдательным) инструментом. Идею Кеплера «получить прямое изоб-

Б.М. Медникова (1932–2001), первым из анималькулистов был Левенгук. Он, кстати, первым и увидел сперматозоиды под микроскопом.

Напротив, овисты (от лат. *ovum* – яйцо) считали, что зародыш находится в женской половой клетке. Так, прогрессивный голландский натуралист-овист Я. Сваммердам (1637–1680), превосходный анатом и один из первых анатомов насекомых, обнаружил, что «готовые» бабочки в куколках не во всех деталях совпадают с взрослыми особями [324. С. 347, 348]. Из мастерской Левенгука вышло около 400 простых (содержащих лишь одну линзу) микроскопов; лучшие из них разрешали объекты, находящиеся на расстоянии 1 мкм друг от друга. Существенное усовершенствование сложного микроскопа предпринял (1660-е) английский физик Р. Гук (1635–1703). Он дополнил микроскоп третьей линзой (называемой полевой, или коллективом), помещавшейся между объективом и окуляром, а также осветительным устройством [91. С. 101, 113, 114; 316. С. 154, 160].

³⁸⁰ После выхода во Флоренции знаменитой книги Галилея «Диалоги о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой» (1632) он предстал перед судом инквизиции (1633) [91. С. 106; 185. С. 74]. Решение об осуждении Галилея милосердная христианская церковь отменила лишь в 1971 г. [325. С. 34].

³⁸¹ Диоптрика (от др.-гр. *διοπτρική* < *διόπτῃρ* – лазутчик; видящий насквозь < *διόπτειν* – разведывать; усматривать, видеть [4. Стб. 333]) – раздел оптики, изучающий преломление света в средах.

ражение отдалённого предмета на бумаге» воплотил в жизнь (не позднее 1613 г.) Х. Шейнер (1575–1650). Прибор этот, названный гелиоскопом³⁸², Шейнер использовал для демонстрации солнечных пятен. Он также реализовал (1630) новаторский тезис Кеплера: изображение от одной линзы способно служить предметом для другой, – изготовив подзорную трубу с выпуклым окуляром. С тех пор её конструкцию называют кеплеровой, или астрономической. Не забудем, что Кеплеру приходилось жить в очень тяжёлых материальных условиях [316. С. 30–32, 140; 185. С. 115]. К тому же атмосфера идей, в которой он занимался творчеством, мало способствовала свободе мышления: то был переходный период, предрасветное время. Кеплер «жил в эпоху, когда ещё не было уверенности в существовании некоторой общей закономерности для всех явлений природы, – констатирует А. Эйнштейн. – Какой глубокой была у него вера в такую закономерность, если, работая в одиночестве, никем не поддерживаемый и не понятый, он на протяжении многих десятков лет черпал в ней силы для трудного и кропотливого эмпирического исследования...» (цит. по: [316. С. 32–33]).

От телескопа к оптическому приборостроению. В 1632 г. выходит ещё одна «Диоптрика». Её автор Р. Декарт начинает первую главу, хочется сказать, манифестом³⁸³ оптического приборостроения. Он пишет: «Поведение человека в жизни зависит от чувств, среди которых чувство зрения – наиболее разностороннее и благородное; несомненно, что изобретения, служащие для его усиления, являются самыми полезными из всех остальных. <...> Отодвигая границы зрения намного дальше, чем позволяло воображение наших предков, они как бы проложили нам путь к гораздо более глубокому и совершенному, чем прежде, знанию природы» (цит. по: [316. С. 33–35]).

В «Диоптрике» Декарт использовал и / или существенно исправлял своих великих предшественников: Альхазена и Кеплера.

³⁸² Гелиоскоп (от др.-гр. $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$ – Солнце – + $\sigma\kappa\omicron\lambda\epsilon\omega$ – рассматривать) – устройство для наблюдения солнечной поверхности.

³⁸³ Манифест (от лат. *manifestus* – явный) – обращение, декларация; изложение творческих принципов.

Альхазен уподоблял луч света брошенному материальному телу; Кеплер считал отношение углов преломления к углам падения величиной постоянной – именно углов, а не *синусов* углов! Размышляя над идеями Альхазена, Р. Декарт – хотя и считал, что $c = \infty$, – разложил скорость света на две составляющие (в *авторской* системе координат), одна из которых изменялась. Благодаря этому построению, Декарт вывел простой закон преломления (1627), в котором фигурируют синусы углов. И здесь возникла острая ситуация. Дело в том, что закон преломления открыл *экспериментально* голландский учёный В. Снеллиус (1591–1626) ещё около 1621 г. [69. С. 250]. Декарт был знаком³⁸⁴ с его лекциями в Лейдене на эту тему. Поэтому Г.В. Лейбниц, Х. Гюйгенс и другие учёные обвинили Декарта в плагиате. Но обвинение не было подтверждено документами...

Декарт применил закон преломления для оптимизации профилей линз. Он также оперировал им, объясняя радуго. В этом контексте Декарт ввёл в оптику принципиально новое фундаментальное положение: цвет есть *физико-физиологическое* явление, связанное различным ощущениям, которые вызываются различным движением светонесущих частиц [185. С. 115–117]. Большое значение имела предложенная Декартом методика исправления сферической аберрации. Другое его пионерское начинание – технология изготовления линз с асферическими (гиперболическими, эллиптическими) поверхностями [316. С. 33, 35].

Кто из современников Декарта первым проверил правильность его доказательства закона преломления? По-видимому, это был П. Ферма, прочитавший первые главы «Диоптрики» ещё в рукописи и высказавший сомнение (1637) в правильности декартова принципа разложения движения на составляющие. Позднее он продолжал размышлять на эту тему и при чтении книги по оптике своего друга К. де ла Шамбра. Законы отражения Шамбр выводил,

³⁸⁴ Согласно [91. С. 107], сочинение Снеллиуса, в котором его открытие излагалось, тогда (к 1627 г.) ещё не было опубликовано. В.А. Гуриков пишет, что Декарт вывел свой закон *независимо* от Снеллиуса [316. С. 35].

опираясь на метафизический³⁸⁵ принцип Герона Александрийского: природа всегда действует по кратчайшему *пути*. Однако Шамбру было известно, что в ряде случаев отражения вогнутых зеркал природа почему-то действует наоборот, т.е. по самому длинному пути. Странно... Насколько можно реконструировать четвертьвековую работу (под)сознания Ферма, он сделал несколько вариантов формулировки принципа экономии в природе применительно к задачам преломления света.

Успех принесло оперирование понятием пути, проходимого в кратчайшее *время*: *breviori tempore percurti possint*. Опираясь на свой принцип и допуская, что скорость света c уменьшается с увеличением плотности среды, т.е. *de facto* полагая c конечной величиной, Ферма пришёл к закону преломления света (1662). И с удивлением убедился, что он совпадает с законом Декарта! Позднее Ферма доказал обратную теорему: если преломление света подчиняется закону Декарта и если показатель преломления n равен отношению скоростей света в первой (c_I) и во второй (c_{II}) среде, т.е. $n = c_I/c_{II}$, то при распространении из одной среды в другую свет идёт по пути, требующему наименьшего времени. Принцип Ферма физики вначале встретили недоверчиво. Некоторые, например, возражали: принцип-де не является физическим, так как требует от природного процесса сознательного целеустремлённого поведения. По мере проверки универсальности принципа Ферма, резкие оценки его смягчались. Вскоре Х. Гюйгенс, критиковавший его вначале, стал оперировать в своей теории показателем преломления света как $n = c_I/c_{II}$ [185. С. 119–121].

Вторая половина XVII столетия отмечена открытием научных учреждений в странах Западной Европы. В 1657 г. князь Л. Медичи и герцог Ф. Медичи (дети К. Медичи II³⁸⁶, воспитанни-

³⁸⁵ Метафизика (от др.-гр. *Μετα τὰ φυσικά* – после физики: так называли философские тексты Аристотеля, помещённые после его трактатов по физике) – философское учение о наиболее общих основаниях бытия, выраженное в отвлечённых понятиях, непосредственно не выводимых из опыта.

³⁸⁶ Увы, К. Медичи III (1642–1723; сын Ф. Медичи), страдая католическим мистицизмом, препятствовал развитию естествознания, и в период его правления Флоренция утратила статус европейского научного центра.

ки Г. Галилея) основали во Флоренции Академию дель Чименто³⁸⁷, работавшую 10 лет. Она была призвана расширять познания в экспериментальной физике, развивая метрологию, коллективными усилиями её членов – в духе опытной науки и приборостроения Г. Галилея. Английский химик, физик и философ Р. Бойль (1627–1691), вернувшись (1644) из Италии, инициировал возникновение (1645) «невидимой коллегии» естествоиспытателей в Лондоне и Оксфорде (собиравшихся вместе приблизительно с 1640 г. [91. С. 113]). Вскоре она стала настолько авторитетной, что была официально признана Карлом II и преобразована в Royal Society for the Advancement of Learning. Этот королевский жест побудил французских учёных сплотиться в Париже в Académie des Sciences³⁸⁸ (основана в 1666 г. Ж.-Б. Кольбером (1619–1683), корреспондентом Х. Гюйгенса и министром финансов короля Людовика XIV).

Христианская церковь смотрела на новое учреждение без всякого восторга и настаивала на строгом разделении предметов разговора. Парижской Академии наук было вменено в обязанность никогда не говорить «...на заседаниях ни о религиозных таинствах, ни о государственных делах. И если иногда и говорится о метафизике, морали, истории или грамматике, пусть даже мимоходом, то лишь в той мере, в какой это относится к физике и к отношениям между людьми» [185. С. 110]. Поэтому разобщённость между естествознанием и гуманитарными науками была закреплена минимум на 300 лет! Лишь в конце XX в. программа интеграции всего накопленного знания переходит в практическую плоскость. Одна из многообещающих форм такого объединения – упоминавшаяся NBICS-конвергенция.

³⁸⁷ Академию опытов (от ит. *cimento* – опыт). На её гербе – печь с тремя тиглями, а в качестве девиза – слова итальянского поэта Данте (1265–1321): *provando e riprovando*. Возможен двоякий перевод их: «доказательством и ещё раз доказательством» [185. С. 110] или «испытывая и снова испытывая» [91. С. 111].

³⁸⁸ Французское слово *science* (знание, наука; учёность; знание дела) в форме множественного числа *sciences* означает: точные и естественные науки. Слово *humanité* (человечество, человеческий род; человеческая природа; человечность, гуманность) в форме множественного числа *humanités* означает: гуманитарные науки.

В 1669 г. датский естествоиспытатель, врач и математик Э. Бартолин (1625–1698) описал феномен двулучепреломления в работе «Опыты с кристаллами исландского известкового шпата, которые обнаруживают удивительное и странное преломление». Бартолин установил, что один из двух лучей подчиняется закону преломления Декарта с $n = 5/3$, тогда как второй луч, названный им «подвижным» (в современной терминологии – «необыкновенный»), этому закону не подчиняется. Бартолин также открыл в кристалле шпата оптическую ось – направление, при распространении вдоль которого луч не раздваивается. Он приписал этот факт распределению пор в кристалле [185. С. 116–117, 123].

Какова скорость света? Дискуссионным вопросом в оптике XVII в. был вопрос о (бес)конечности скорости света. Дж.Б. де ла Порта, И. Кеплер, Р. Декарт (да и П. Ферма) считали её бесконечной, а Р. Бэкон и Г. Галилей – конечной. Но никто из них не располагал опытными доказательствами, поскольку тогда не было требуемых для эксперимента технических средств. Однако в 1672 г. итальянский астроном Ж.Д. Кассини (1625–1712), наблюдая затмение одного из спутников Юпитера, заметил (необъяснимые тогда) определённые запаздывания в моментах вхождения его в конус тени планеты и выхода из неё. Верное объяснение (1676) предложил датчанин О. Рёмер (1644–1710), исходивший из идеи конечной скорости света. По его оценке, $c \approx 2,26 \cdot 10^{10}$ см/с. Измерения проводил затем (1725–1728) британский астроном Дж. Брэдли (1693–1762). После подтверждения теории О. Рёмера наблюдениями Дж. Брэдли конечность скорости распространения света была признана физиками как экспериментальный факт [185. С. 33–34, 124]. В земных же условиях c измеряли французские физики А.И.Л. Физо, который использовал вращающееся зубчатое колесо (1849), и Л. Фуко (1819–1868), применивший вращающееся зеркало (1862) [69. С. 277, 285].

В 1857 г. германский физик Г.Р. Кирхгоф (1824–1887) установил, что скорость распространения электрического колебания вдоль провода численно равна отношению электромагнитной единицы заряда к электростатической. Опыт показал, что отношение

это составляет $3,1 \cdot 10^{10}$ см/с. Кирхгоф первый обратил внимание на близость этой величины к скорости света c . Наш соотечественник А.Г. Столетов (1839–1896) был знаком с результатами измерений с А.И.Л. Физо. Столетов считал важным проверить теорию Дж.К. Максвелла, связывающую электрические и оптические явления. Поэтому, будучи в 1871 г. в Гейдельберге у Кирхгофа, Столетов занялся измерением константы c методом измерения ёмкостей, предложенных (1863) Максвеллом и Ф. Дженкином (1833–1885). Столетов получил значения $c = (2,98\text{--}3,00) \cdot 10^{10}$ см/с, которые в тех же пределах нашли британские авторы У.Э. Эйртон (1847–1908) и Дж. Перри (1850–1920). В 1886 г. ученик А.Г. Столетова Р.А. Колли (1845–1891) определял значение c методом колебательного разряда конденсатора, обладающего ёмкостью C и самоиндукцией L , измеренными в системе единиц CGSM. Если теперь измерить по классической формуле У. Томсона (он же – лорд Кельвин) период колебаний $T = 2\pi(LC)^{0,5}$, а также – в единицах CGSE – ёмкость конденсатора C_e , то поскольку $C_e/C = c^2$, можно найти скорость света $c = (2\pi/T)(LC_e)^{0,5}$. Выполняя эксперимент с весьма медленными колебаниями, Колли изобрёл первый осциллограф³⁸⁹ (названный им осциллометром). У него выходило, что $c = 3,015 \cdot 10^{10}$ см/с [291. С. 338, 340–341]. В 1878–1882 и 1925–1926 гг. американский физик А.А. Майкельсон (1852–1951), автор интерферометра, носящего его имя, вновь обратился к оптическим измерениям c . По его данным, $c = 2,99796 \cdot 10^{10}$ см/с при вероятной ошибке $4 \cdot 10^5$ см/с [184. С. 43–44; 185. С. 123–124].

И не только определение значения c оказалось научным достижением. Постепенно, начиная с толкования О. Рёмером запаздывания (в деталях картины затмения одного из спутников Юпитера), некоторым астрономам, физикам, философам стало понятно, что воспринимаемая нашими чувствами и приборами картина Космоса в отдельных аспектах весьма *условна*. Вероятно, под впечатлением этого М.С. Аксёнов в «Трансцендентально-кине-

³⁸⁹ Осциллограф (от лат. *oscillum* – качание, колебание + *γραφω* – писать) – прибор для наблюдения и записи быстропротекающих процессов (обычно электрических).

тической³⁹⁰ теории времени» (1896) [206. С. 189–195] предложил оригинальную концепцию пространственно-временного представления реального мира. Лишь позднее нидерландский физик и математик Х.А. Лорентц (1853–1928) нашёл наиболее общие преобразования пространственных координат и времени события при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой (1904). А. Пуанкаре установил, что преобразование Лорентца оставляет инвариантной квадратичную форму $x^2+y^2+z^2-t^2$. Г. Минковский развил теорию четырёхмерного пространства (1909) [224. С. 294–295, 326, 395]. Эти новые идеи естествознания не только повлияли на развитие искусства начала XX в., вызвав к жизни художественный авангард [261]. С.А. Жигалкин (в предисловии к трудам М.С. Аксёнова) отмечает начавшийся тогда сдвиг в сознании интеллектуалов: «Настоящее утратило пространственную абсолютность, поскольку, как выяснилось, чем дальше от нас расположен объект наблюдения, тем больше он сдвинут в прошлое. То есть... звёзды не существуют сейчас – они только некогда *были*» [206. С. 22].

³⁹⁰ Трансцендентальный и трансцендентный (от лат. transcendence (transcendentis) – перешагивающий, выходящий за пределы) – термины схоластической философии, относящиеся к трактовке бытия бога как непостижимого силой человеческой способности. Им. Кант в своей «Критике чистого разума» (1781, 1787) называет трансцендентальным «всякое познание, занимающееся не столько предметами, сколько видами нашего познания предметов». Иначе говоря, у Канта трансцендентальное есть всё то, что относится к до-опытным либо вне-опытным условиям возможности познания, его формальным предпосылкам, которые организуют опыт, т.е. к конструированию (познавательной способностью человека) самой возможности опыта. Скажем, «трансцендентальная эстетика» Канта есть исследование до-опытных либо вне-опытных форм чувственности (термин «эстетика» происходит от др.-гр. αἰσθησις – ощущение, чувство [4. Стб. 34]). Трансцендентией в философии называют высший род объектов, доступных лишь разуму, но принципиально *не* представимых как возможный объект чувственного опыта и познания (например, бога) [10. С. 728]. Напомним, что в математике *трансцендентными функциями* называют аналитические функции, не являющиеся алгебраическими (скажем, показательная a^x); *трансцендентными числами* – числа, не удовлетворяющие никакому алгебраическому уравнению с целыми коэффициентами, допустим, число π .

Свет – частицы или волны? Ещё в середине XIII в. Р. Бэкон, считая скорость света конечной, полагал, что свет есть не испускание частиц, а распространение *движения* [185. С. 33–34]. Однако датой, с которой начинается формирование *волновой* концепции³⁹¹ света, стал 1648 г., когда чешский физик и врач Я.М. Марци из Кронланда (Марчи, 1595–1667) открыл явление дисперсии света и впервые выдвинул идею волновой природы света³⁹². Исходя из этого принципа, он объяснил радугу и окрашенность тонких плёнок³⁹³ [69. С. 180].

Имела ли волновая идея Марци каких-либо предшественников? Не исключено (но и не доказано!), что им был итальянский физик и математик Эв. Торричелли (1608–1647), обучавшийся у математика и механика Б. Кастелли (1577–1644) [224. С. 212], одного из ближайших учеников Галилея. В 1641 г. он помогал Галилею. Торричелли достиг высокого совершенства в конструировании микроскопов и особенно в шлифовании линз для телескопов. Однако он не раскрыл своих секретов и ничего не напечатал по оптике [69. С. 265]. Судя по сохранившимся письмам Торричелли, он, вероятно, заметил интерференционные кольца, возникающие в ходе притирки поверхности линзы с поверхностью рабочей формы. Они-то и служили ему критерием качества обработки линзы, виртуозом которой он слыл [316. С. 27–28].

А в 1665 г. (посмертно) был издан «Физико-математический трактат о свете, цветах и радуге» итальянского естествоиспытателя

³⁹¹ Концепция (от лат. *conceptio* – схватывание, понимание) – система взглядов как определённое понимание явлений действительности; целостный, определяющий замысел в познании мира; руководящий принцип.

³⁹² До середины 1950-х гг. полагали, что приоритет в построении волновой теории света принадлежит Х. Гюйгенсу – см., например, [306. С. 110].

³⁹³ А как же описанный в любом школьном учебнике опыт Ньютона (1666) с призмой, дающей спектр белого света? Согласно примечанию в обзоре [91. С. 109], Ньюто́ну не была известна «Тавмантова книга о дуге небесной...» (1648) Марци, излагавшая его результаты по спектральному разложению света различными способами. Напротив, автор книги [72. С. 63] пишет, что Марци сам отправил письмо Ньютону как эксперту с изложением методики этих опытов и их результатов...

Фр.М. Гримальди (1618–1663). В качестве одного из аргументов своей волновой гипотезы Гримальди использует аналогию со звуком (различная высота которого, как учил Галилей, зависит от различных колебаний воздуха). Ему принадлежит случайное открытие дифракции света (на стержне и решётке³⁹⁴) и авторство этого термина. Гримальди прибегает к волновой гипотезе, объясняя природу цветов, которые он пронизательно толкует как составные части света [91. С. 113; 185. С. 121, 122]. Опыты, аналогичные опытам Гримальди, выполнил в Англии в 1672 г. Р. Гук, используя усовершенствованный им микроскоп (он корректно сравнивал излучение света от источника с распространением волн на воде от брошенного камня), а также Ис. Ньютон, высказавший тезис о периодичности светового процесса [69. С. 94, 200]. К сожалению, эти наблюдения не повлияли на дальнейшее развитие волновой модели [184. С. 44].

«В конце XVII, в самом начале XVIII столетия в оптике шёл великий спор о природе света» между Ньютоном и Гюйгенсом, – говорит В.И. Вернадский [34. С. 51]. Надо сказать, что Ньютону было трудно совместить два тезиса: о прямолинейном распространении света и о его волновом характере. Иногда Ньютона упрекали в том, что он не оценил значения опытов Гримальди, доказавших дифракционное отклонение света за препятствием. Однако дело в том, что в тот период и Гук, и Гюйгенс (как создатели волновой модели) тоже не понимали, что отклонение света есть именно волновое явление [185. С. 148]. Есть предположение, что Ньютон, наблюдавший дифракцию, не был знаком с работой Гримальди [77. С. 261].

Определяющим для развития волновой концепции стал «Трактат о свете» (1678, опубликован в 1690 г.) Х. Гюйгенса³⁹⁵. Автор

³⁹⁴ «Какая естественная в нас дифракционная решётка – ресницы! Смотрю, их приспустив, сквозь них на солнце, и сколько там спектральных полос!..», – радостно восхищается Г.Д. Гачев [20. С. 193].

³⁹⁵ Полюбуемся, как изящно и точно выразился Гюйгенс в последней фразе предисловия: «В природе света остаётся для исследований значительно более того, чем, думается мне, сделано мною, и я буду весьма обязан тому, кто сможет восполнить то, что осталось для меня неизвестным» (цит по: [325. С. 91]).

его выдвинул знаменитый (и увековечивший его имя) принцип испускания вторичных волн в каждой точке пространства, которую достигла первичная волна [185. С. 150]. Как подчёркивает знаток истории физики и математики Д.И. Трубецков³⁹⁶, никаких волн в строгом смысле слова у Гюйгенса не было. Он исходил из существования некой промежуточной материи – эфира, состоявшего из плотно упакованных твёрдых частиц. Свет у Гюйгенса представлялся регулярно идущими друг за другом толчками (импульсами), когда возмущение передаётся по всем направлениям. Полагая, что каждая частица эфира ведёт себя как передаточный центр возмущений, Гюйгенс смог доказать сферообразное распространение толчков в пространстве. Он часто употребляет термин «волна» вместо «толчок». Это описание верно, только если толчки (импульсы) создаются источником света через регулярные промежутки времени. Тогда они образуют в целом волнообразное, колебательное движение. Но поскольку направление колебаний совпадает с направлением распространения возмущения, то это – продольные³⁹⁷ волны (колебания) [290. С. 11].

А каковы же в действительности световые волны, имеющие, как известно, электромагнитную природу? В этом пункте следует выразиться возможно точнее. Разумеется, в любом учебнике по оптике написано, что световые волны являются *поперечными*. Но строгие расчёты структуры электромагнитного поля, которое создаёт электрический вибратор, показывают, что возникают как поперечные, так и продольные волны. Иначе говоря, в сферической системе координат (ρ, ϑ) решение даёт как электрический вектор продольной волны E_ρ , так и поперечной волны E_ϑ (то же имеет место и для H -компонент). Принципиальное отличие волны E_ρ от E_ϑ в том, что с удалением ρ от электрического вибратора напряжённость продольной волны E_ρ убывает гораздо быстрее, чем напря-

³⁹⁶ Научной школе Д.И. Трубецкова посвящён сборник статей [326] и статья [327], а его стилю деятельности – очерк [328].

³⁹⁷ Ф. Гримальди и Р. Гук уже выдвигали предположения о поперечности колебаний эфира. Но Гюйгенс честно признал: прогнозам его теории противоречит экспериментальный факт, относящийся к проявлению поперечности световых волн, который был опубликован *после* написания «Трактата» [185. С. 152].

жённость поперечной! Согласно электродинамической теории $E_p \sim (\rho^{-3} + \rho^{-2}) \cos \vartheta$, а для поперечной волны $E_g \sim (\rho^{-3} + \rho^{-2} + \rho^{-1}) \sin \vartheta$. Поэтому в волновой, или излучательной, зоне вблизи вибратора (где значение ρ соизмеримо с длиной волны λ) можно пренебречь слагаемыми $\rho^{-3} + \rho^{-2}$ в выражениях для напряжённостей E_p и E_g , но сохранить член ρ^{-1} . Тогда оказывается, что действительно $E_p \approx 0$, а $E_g \approx (\rho^{-1}) \sin \vartheta$, т.е. волна является поперечной [329. С. 109]. Нельзя ли опытным путём обнаружить весьма слабые продольные волны E_p ? Нет, экспериментатор способен регистрировать только поперечные электромагнитные волны E_g , поскольку для оптического диапазона длин волн волновая зона начинается непосредственно вблизи излучателя [330. С. 322–323].

Тем не менее принцип Гюйгенса (исходившего из идеи продольных волн!) применим ко всем волновым процессам в материальных средах [290. С. 11]. Гюйгенс показал, что предложенный им колебательный механизм приводит к принципу Ферма, причём он теперь доказывается явно проще. Значение новой концепции сразу осознал Лейбниц, написавший летом 1694 г. письмо Гюйгенсу [185. С. 151, 152].

Добавим, что Х. Гюйгенс, используя свой принцип, установил законы отражения (включая полное внутреннее отражение [185. С. 151]) и преломления не только для изотропных сред, но и для исландского шпата, сделав шаг вперёд после Э. Бартолина. Гюйгенс корректно объяснил двулучепреломление образованием двух волн: одна из них шарообразна, а другая есть эллипсоид вращения [184. С. 45]. В «Диоптрике» (над которой – с перерывами – работал с 1652 по 1692 г.) Гюйгенс вывел так называемую формулу тонкой линзы с фокусным расстоянием f :

$$1/f = 1/a_1 + 1/a_2, \quad (1)$$

где a_1 и a_2 – расстояние от центра линзы (вдоль её оптической оси) до предмета и его изображения. Он также доказал обратимость оптической системы относительно мест глаза и наблюдаемого предмета.

О разносторонности творческих занятий Гюйгенса говорит и такой факт: он (вместе с братом) построил станок для шлифовки линз.

Но он и сам шлифовал линзы, трудясь над усовершенствованием телескопа. Для него он придумал (1662) конструкцию окуляра, носящего теперь его имя. Ею пользуются до сих пор, поскольку окуляр Гюйгенса позволяет исправить такие, например, aberrации, как хроматическая aberrация³⁹⁸ и астигматизм³⁹⁹. С помощью своего телескопа Гюйгенс открыл (1655) спутник планеты Сатурн (позднее названный Титаном), определил период его вращения. У Гюйгенса приоритет и в гипотезе о наличии колец Сатурна [316. С. 40–44; 16. С. 236].

Аберрация толкования aberrации и возможность обмана зрения. Надо сказать, что основательный анализ причин сферической и хроматической aberrации ещё раньше предпринял Ис. Ньютон в «Лекциях по оптике» (1669). Он применил свои расчёты при разработке и изготовлении отражательных телескопов (1668 и 1671 гг.) с металлическими зеркалами. Попытки Ньютона обуздать хроматическую aberrацию оказались неудачными. Но это ещё полбеда. Более вредным для прогресса прикладной оптики в этом аспекте стало заключение Ньютона о *невозможности* создать ахроматические⁴⁰⁰ системы. Оно вытекало из его модели дисперсии. В ней зависимость показателя преломления $n(\lambda)$ для светового луча данного цвета, которому соответствует длина волны λ , имела вид

$$n(\lambda) = A + \phi(\lambda), \quad (2)$$

³⁹⁸ Хроматическая (от др.-гр. χρωματικός – окрашенный, цветной) aberrация связана с зависимостью показателя преломления линз оптической системы от длины волны света. Поэтому изображения удалённой точки, формируемые лучами разной длины волны, не совпадают для лучей разного цвета, располагаясь вдоль некоторого отрезка на оптической оси системы. В результате на экране (перпендикулярном оси) вместо одной светлой точки наблюдаются цветные кружки, а вокруг изображения – радужный ореол [331. С. 415–416].

³⁹⁹ Астигматизм (от др.-гр. α – не + στῆμιτι – точка) – недостаток оптической системы, проявляющийся в том, что лучи света, вышедшие из одной точки объекта, не собираются снова в одной точке изображения, а создают семейство эллипсов. Поэтому границы изображений оказываются нерезкими. Астигматизм обусловлен неодинаковой кривизной оптической поверхности в разных плоскостях сечения [332. С. 8–9].

⁴⁰⁰ Ахроматический (от др.-гр. α – не + χρώμα – цвет, краска; колорит) – бесцветный, неокрашенный; не обладающий хроматической aberrацией.

где A – константа, зависящая от состава вещества, но не от λ , а $\phi(\lambda)$, напротив, функция λ , которая от природы вещества не зависит⁴⁰¹. Так вот, суждение Ньютона о постоянстве $\phi(\lambda)$ для всех веществ (при заданной величине λ) было ошибочным. Авторитет Ньютона на столетие «заморозил» дискуссию о возможности создания ахроматических оптических систем. Несколько забега вперёд, отметим, что среди первых оппонентов Ньютона по этой проблеме был Л. Эйлер. В 1747 г. он высказал мысль о реализуемости ахроматического объектива. В 1757 г., чтобы проверить свои расчёты по уменьшению хроматической аберрации, Эйлер выполнил серию подтвердивших их опытов с наливными линзами, но с другими, чем у Ньютона, прозрачными средами. Английский оптик Дж. Доллонд (1706–1761) подверг эксперименты Эйлера критике и сам взялся их провести с различными сортами стекла (1757). И что в итоге? Доллонд вынужден был признать правоту Л. Эйлера. В 1758 г. Доллонд изготовил ахроматический телескоп [69. С. 106; 316. С. 47–51, 54–55, 148].

Примечательно, что интерпретация, данная Ис. Ньютоном явлению дисперсии света в его докладе, опубликованном в 1672 г., отчасти близка к волновой. Тем не менее позднее он отходит от неё. На взгляд историка физики М. Льюэли, ньютоновская модель света весьма сложная, во многих пунктах запутанная и противоречивая. «Под лучами света я разумею его мельчайшие частицы», – писал Ньютон в сочинении «Оптика» (1704), где речь шла об отражении, преломлении, дисперсии света, радуге, цвете тонких плёнок, экспериментах по дифракции. Считается, что Ис. Ньютон основывал трактовку экспериментов со светом (выполненных с исключительным искусством [315. С. 278]) на новой теоретической концепции светового луча – концепции *корпускулярной*⁴⁰²

⁴⁰¹ В первой половине XIX в. О.Л. Коши вывел более определённую модель дисперсии: $n(\lambda) = A + B/\lambda^2 + C/\lambda^4 + \dots$, где постоянные A , B , C зависят от материала, из которого сделана линза или призма [224. С. 243–244; 316. С. 54].

⁴⁰² Корпускула (от лат. corpusculum – тельце) – весьма малая частица вещества. И. Кеплер в сочинении «О шестиугольных снежинках» (1610) [333. С. 4–32, 188–189], взявшись решать задачу, как теперь принято говорить, «плотной упаковки»,

[185. С. 140–141, 148]. Сегодня это звучит отчасти курьёзно⁴⁰³. Но отчасти – как предвосхищение эйнштейновской идеи искривления световых лучей в поле тяготения и теории «чёрных дыр» в Космосе: ведь у Ньютона было представление о «тяжёлом свете». Иными словами, Ис. Ньютон, исходя из идей атомистики Левкиппа, Демокрита, Эпикура, Лукреция, полагал: поскольку частицы света обладают массой и инерцией, то гравитация тел должна сказываться на явлениях геометрической оптики [294. С. 200–201, 203].

По мнению сегодняшних оппонентов Ньютона, он не мог не столкнуться с нелинейным эффектом, который через двести лет исследовали в Германии метеоролог В. фон Бецольд (1837–1907) и физиолог Э.-В. Брюкке. Феномен, названный в их честь, проявляется в том, что восприятие компонентов спектра зависит от *интенсивности* излучения. Чем она меньше, тем труднее глазу различить в спектре жёлтый и голубой цвета (исключение составляют спектральные тона с $\lambda = 476$ нм, $\lambda = 507$ нм, $\lambda = 575$ нм и смешанный – пурпурно-малиновый) [334. С. 33]. А при достижении некоторого минимума интенсивности наш орган зрения их совсем не чувствует. Иными словами, при слабом излучении возможен зрительный обман⁴⁰⁴.

сам того не подозревая, воспользовался ещё не введённым тогда в обиход понятием корпускулы (вспомнив об «атоме» – $\alpha\tau\omicron\mu\omicron\varsigma$, т.е. неделимой частице [4. Стб. 217], у Эпикура), причём поставил задачу минимизации. Лишь полтора века спустя Р.М. Реомюр (1683–1757), а вслед за ним П.Л.М. де Мопертюи (1698–1759) и его соперник (его бывший ученик) С. Кениг сделают аналогичный вывод: шестиугольная форма ячейки пчелиных сот минимизирует требуемое количество воска [78. С. 45, 123].

⁴⁰³ Курьёз (от фр. *curieux* – любопытный) – забавное обстоятельство, смешной случай, происшествие.

⁴⁰⁴ Европейский художественный авангард начала XX в. принял во внимание оптический эффект Бецольда–Брюкке. Вероятно, на восприятие его в 1900–1910-е гг. имело место взаимное влияние психофизиологических парадоксов цветного зрения, обсуждавшихся Гёте в его «Учении о цвете (хроматике)» (1791). «Эта работа, воспринятая большинством современников Гёте как дилетантский каприз гения, стала настольной книгой для многих новаторов следующего века». На колористические идеи, изложенные в «*Farbenlehre*» Гёте, ссылается в своей программной книге «О духовном в искусстве» (1911) русский художник В.В. Кандинский (1866–1944). Хроматические изыскания автора «Фауста» повли-

Проблема цветовосприятия, будучи междисциплинарной, оставалась в центре внимания и в XX в. Вот иллюстрация к этому тезису. В Российской Академии художественных наук, учреждённой в мае 1921 г. в Москве и имевшей целью «всестороннее научное исследование всех видов искусства и художественной культуры», первым отделением организовалось физико-психологическое. Оно занималось также проблемами психологии творчества и восприятия искусства. Его соруководителем стал В.В. Кандинский, имевший авторитет теоретика изобразительного искусства, а не только художника. При отделении была создана «психофизическая лаборатория, изучавшая законы восприятия света, цвета, пространства и времени». Среди членов РАХН (с 1925 г. именуется Государственная АХН) были выдающиеся русские философы Н.А. Бердяев, А.Ф. Лосев (1893–1988), С.Л. Франк (1877–1950), Г.Г. Шпет (1879–1937)⁴⁰⁵, искусствоведы Б.Р. Виппер (1888–1967), А.Г. Габричевский (1891–1968) и другие ведущие гуманитарии, пока ещё остававшиеся в РСФСР [336. С. 121–122, 123–124].

Вероятно, Ньютон не придавал этому обстоятельству большого значения [72. С. 67]. Причём Ньютон как-то признался, что когда говорит о «цветных лучах», то трактует их «не в научном смысле, а в сугубо обиходном» (цит по: [337. С. 37]).

Что общего у Ньютона, Гука и Ломоносова? Ньютоновская трактовка природы света вызывала критику ряда учёных, включая его соперника (или даже «злого гения» [315. С. 275]) Р. Гука⁴⁰⁶ и

яли на творчество близкого друга Кандинского швейцарского живописца и графика П. Клее (1879–1940). Они оба развивали положения «Farbenlehre» в своей педагогической деятельности 1920–1930-х гг. [335. С. 150–152].

⁴⁰⁵ С 1936 г. Г.Г. Шпет жил в ссылке в Томске, продолжая творческую работу. Расстрелян 16.11.1937.

⁴⁰⁶ Р. Гук был в Оксфорде помощником Р. Бойля и вместе с ним осуществлял почти все многочисленные эксперименты, выполнявшиеся в Лондонском королевском обществе на первом этапе его деятельности [338. С. 54–55]. «Гук был крупнейшим учёным, но разбрасывался и редко доводил свою мысль до конца. <...> Не было почти ни одной работы Ньютона, начиная с телескопа, которую Гук не раскритиковал бы или по поводу которой он не заявлял бы о своём приоритете. Ньютон его не любил и, со своей стороны, замалчивал его работы»

Х. Гюйгенса⁴⁰⁷. Насколько их критика была корректной? Л.И. Мандельштам указывал, что в «Оптике» Ньютона принципиальное значение имеет опора на его гипотезу: «Вся структура изложения и отдельные формулировки фактов носят отпечаток корпускулярной гипотезы и часто теряют смысл, если стать на волновую точку зрения. Мне кажется, таким образом, что и Гук, и Гюйгенс имели основания для своей критики теории». Однако они «в пылу критики недостаточно оценили всё громадное значение открытия Ньютона в целом» [315. С. 277]. Добавим, что научное столкновение между Ньютоном и Гуком длилось почти 30 лет. Д.И. Трубецков ссылается на легенду, которая гласит, что Ис. Ньютон (получивший кресло президента Лондонского королевского общества) после кончины Р. Гука повелел уничтожить все его портреты [16. С. 51].

Однако в физике есть пункт, где имена Ньютона и Гука звучат в согласии: это фундаментальный *принцип подобия* Ньютона–Гука (поведение подобных систем подобно⁴⁰⁸), возрождённый (1822) французским математиком Ж.Б.Ж. Фурье (1768–1830). Он ввёл понятия размерности физической величины и *принцип однородности по размерностям* (длина L , время T , масса M)⁴⁰⁹ [33. С. 69–70; 161. С. 669–670].

Поскольку речь зашла о принципе подобия, уместно назвать ещё один познавательный принцип: идею *всеединства* явлений в реальном мире. Она занимает едва ли не центральное место в

[315. С. 275]. Нельзя не признать: изредка Ньютон делал опрометчивые заявления. Так, в 1704 г. он отказывался верить, что метеориты могут падать с неба на землю [77. С. 14]. Длительные споры о приоритете Гук вёл с Х. Гюйгенсом и др. [325. С. 84]. По отзыву современника, Гук «обладал активной, беспокойной, неутомимой одарённостью почти до самого своего конца» (цит. по: [16. С. 54]). Не забудем: Гук вошёл в историю науки как основоположник физической оптики.⁴⁰⁷ Обращаясь к этому историческому эпизоду, А. Эйнштейн и Л. Инфельд (1938) остроумно конструируют возможный диалог собеседников, уверенных соответственно в справедливости корпускулярной теории Ньютона и волновой – Гюйгенса [306. С. 110–112].

⁴⁰⁸ Здесь хочется вспомнить мудрую сентенцию И. Кеплера: «И я больше всего дорожу аналогиями, моими самыми верными учителями» (цит. по: [33. С. 93]).

⁴⁰⁹ Принцип однородности по размерностям требует: обе части равенства, выражающего физический закон, должны иметь одинаковые формулы размерности. Этот принцип часто используют совместно с принципом подобия [33. С. 70].

мышлении русских философов XIX–XX вв. Вероятно, в России первым сформулировал идею всеединства М.В. Ломоносов, фигуру которого А.С. Пушкин назвал нашим первым университетом. Ломоносов представлял природу как единое целое, все процессы в котором взаимосвязаны, в силу чего изменение одного из них влечёт реакцию других. Будучи мыслителем-концептуалистом⁴¹⁰, он выступал сторонником «корпускулярной философии». В то же время он защищал волновую (эфирную) теорию света. Считается, что тем самым «Ломоносов помог сохранить в науке идеи Гюйгенса, возрождённые на рубеже XVIII–XIX вв. в трудах Юнга и Френеля» (английскому учёному Т. Юнгу (1773–1829) было известно ломоносовское «Слово о происхождении света...») [339. С. 409].

Ломоносов прославился также как экспериментатор и конструктор очень широкого профиля. Он сконструировал около *ста* физических, метеорологических, химических, технологических, измерительных и других приборов. По словам биографа, Ломоносов был «одним из самых передовых оптиков своего времени и безусловно первым русским творческим оптотехником» [160. С. 161]. Ему принадлежит более десятка оригинальных оптических приборов: от катоприко-диоптрического зажигательно-го инструмента (1741) до «батаскопа»⁴¹¹ – прибора для подводного наблюдения дна и от микроскопов (1743, 1744) до «ночезрительной» трубы (1756) [340. С. 284–286], а также зеркального телескопа (1762) [340. С. 337–342]. В судьбу последнего вмешалась

⁴¹⁰ Так, в «Слове о происхождении света...» (1756) Ломоносов изложил свои представления о связи химической природы тел с их окраской. Один из аргументов в пользу этой связи он черпал в спектральных опытах (1681) французского физика Э. Мариотта (1620–1684), согласно которым (и вопреки Ньютону) «в натуре три, а не семь главных цветов» [31. С. 309]. Комментатор по этому поводу напоминает, что существование трёх основных красок, чья комбинация даёт все цвета, было задолго до этого известно художникам. А в «Химических и оптических записках» (1762–1763) Ломоносова есть важная заметка – зародыш нынешней электрооптики: «Будет ли луч иначе преломляться в наэлектризованной воде или наэлектризованном стекле» (цит. по: [160. С. 169]).

⁴¹¹ Вероятно, от др.-гр. βάθος – глубина + σκοπέω – смотреть, наблюдать [4. Стб. 239].

российская история⁴¹², и до 1827 г. изобретение Ломоносова оставалось неопубликованным. Через 12 лет аналогичную систему зеркального телескопа предложил (1744) У. Гершель (1738–1822) – английский астроном и строитель зеркальных телескопов (их число близко к 450), получивших во второй половине XVIII в. известность в России. В итоге такой зеркальный телескоп считается детищем У. Гершеля [316. С. 69; 340. С. 520].

Ломоносов обессмертил себя ещё и тем, что усовершенствовал наш *научный язык*. Он ввёл в русской транскрипции множество терминов: горизонтальный, диаметр, квадрат, пропорция, минус, формула, атмосфера, барометр, периферия и др. [160. С. 239; 69. С. 167–168; 316. С. 72].

Построением оптических устройств новой конструкции (микроскопов, телескопов, источников света), а также развитием технологии обработки поверхности линз и зеркал успешно занимался изобретатель И.П. Кулибин (1735–1818). В 1770-е гг. он трудился в Академии наук и «по наставлению г. профессора Леонарда Эйлера» изготовил компоненты первого в мире ахроматического микроскопа [316. С. 72–78].

Прения⁴¹³ и достижения оптиков XVIII–XIX вв. Понятие интенсивности света приобрело ясность лишь к XVIII в. Проницательный Гюйгенс пытался сравнить силу света Солнца и Сириуса.

⁴¹² Доклад об усовершенствовании зрительных труб Ломоносов должен был прочесть 29 июня (Петров день) в публичном собрании Академии наук, которое посвящалось памяти её основателя Петра I. Отпечатанная заранее в типографии речь Ломоносова заканчивалась принятым тогда обращением к царствующему императору (т.е. к Петру III). Но 28 июня 1762 г. произошёл дворцовый переворот, и Петра III на престоле сменила Екатерина II. Поэтому все экземпляры отпечатанной речи с упоминанием свергнутого монарха были уничтожены. Случайно сохранился лишь один типографский оттиск [340. С. 520].

⁴¹³ Согласно Словарю Даля, прение – состязание, ратование, спор, борьба, бой. Слова «прение» и «словопренье» происходят от существительного «пря» – борьба, битва, драка, ссора; тяжба. С ним Даль связывает глагол «переть» (старинная форма *прати*) – давить, жать, гнести, налегать; двигать что-либо, упираясь силою всего тела, толкать безотрывно, протяжно; нести с трудом, тащить, волокти, таранить; везти, тащить лошадей [341. Стб. 233, 1027, 1392].

Первое систематическое наблюдение за изменением интенсивности света (1729) произвёл французский учёный П. Бугер (1698–1758). В 1760 г. опубликовал свой труд немецкий математик, астроном и физик И. Ламберт (1728–1777) «Фотометрия, или Об измерениях и сравнениях света, цветов и тени». Ламберт использует новый термин не только в заглавии: он различает *яркость* как характеристику источника и *освещённость*, описывающую состояние объекта. Открытый (1729) в опытах Бугера закон ослабления света в среде И. Ламберт вывел теоретически (1760), а для растворов его исследовал (1852) А. Бер. Поэтому закон носит три имени. Он определяет падение интенсивности I света по мере прохождения через среду толщиной l : $I = I_0 \exp(-\alpha l)$, где I_0 – начальная интенсивность; α – показатель поглощения. Бугер изобрёл гелиометр⁴¹⁴ и сконструировал первый практически пригодный фотометр⁴¹⁵ (1740).

Однако здесь трёх имён мало, надо назвать ещё два. Во-первых, – Б. Томпсона (1753–1814), сына американского фермера. Имея, вероятно, задатки авантюриста и испытав себя на войне (за независимость в Северной Америке 1775–1783 гг.) на стороне англичан, он стал, по одной из версий, британским шпионом и переехал (1776) в Англию, где сделал карьеру военного. Позднее, переехав в Баварию, Томпсон взялся за реформу местной армии и настолько успешно занимал государственные посты в Баварии (1784–1798), что получил титул графа Румфорда, под которым известен в истории как английский физик и изобретатель. С 1798 г. он жил в Англии, с 1802 г. – в Париже. Ведя эксперименты со сверлением пушечных стволов (1798), Б. Румфорд догадался: теплота есть особый вид движения – движение частиц вещества. Его доводы инициировали изыскания других учёных. В итоге к середине XIX в. от теории теплорода отказались в пользу

⁴¹⁴ Гелиометр (от др.-гр. ἥλιος – Солнце + μέτρον – измерять) – астрономический инструмент для измерения малых угловых расстояний между двумя светилами и видимого диаметра Солнца и других небесных тел.

⁴¹⁵ Фотометр (от др.-гр. φῶς (φωτός) – свет – + μέτρον – измерять) – оптический прибор для измерения световых величин: освещённости, яркости, силы света, светового потока.

кинетической теории теплоты. Он открыл конвекцию газов и жидкостей, изобрёл экономичный кофейник и т.п. Б. Румфорд усовершенствовал (1794–1795) теневой фотометр, а также нашёл, что чем лучше поверхность отражает тепловые лучи, тем меньше она излучает тепла. Во-вторых, имя шотландского физика-экспериментатора Дж. Лесли (1766–1832), действовавшего *независимо* от Б. Румфорда. Лесли изобрёл дифференциальный термометр и куб для изучения тепловой радиации («куб Лесли»), он – основоположник количественных исследований лучеиспускательной и поглощательной способности тел. Дж. Лесли изучал количество тепла, получаемого поверхностью Земли от Солнца. Он доказал (1804) зависимость лучеиспускания от направления и построил свой фотометр [69. С. 48, 163, 238–239; 91. С. 422; 185. С. 160–162].

Всё же в XVIII в. волновая теория «пребывала в загоне. Из крупных учёных того времени её поддерживали разве что Леонард Эйлер и Бенджамин Франклин» [305. С. 27]. На закате XVIII в. немецкий поэт, романист, естествоиспытатель, мыслитель Й.В. Гёте в «Учении о цвете (хроматика)» (1791), тщательно повторив опыты Ньютона с призмой, которые Гёте называл «раскалыванием луча», уделил много внимания образу мышления исследователя, его способу наблюдения. Он стремился подчеркнуть чувственно-предметный характер эксперимента как посредника между субъектом и объектом. Гёте стремился представить проблему восприятия цвета в контексте связи с биологией. Поэтому его «Учение о цвете (хроматика)» открывает глава о физиологии восприятия цвета. В ней проводится мысль: нельзя ограничиться лишь физическими свойствами света, ибо здесь столь же существенна и оптика глаза. Более того, Гёте видит в феномене цвета не только физико-техническую проблему, но и философско-мировоззренческую, настаивая на «чувственно-нравственном действии света» на человека [337. С. 36–39]. Научная дальновидность Гёте очевидна сегодня, когда реконструирован античный хроматизм, отводивший цвету исключительное место в жизни человека и общества [342], а также сложились такие направления в медицине, как лазерная терапия, фотодинамическая

терапия [314. С. 356–361]⁴¹⁶. Подход же, который практикует Гёте, в полной мере осознан и развёрнут на рубеже XX–XXI вв. в когнитивистике [88. С. 7; 314. С. 353–356].

Интерес к оптике причудливо проявился у младшего современника Гёте – Э.Т.А. Гофмана (1776–1822), немецкого писателя-романтика, композитора и художника. В его сатирической сказке «Повелитель блох» (1822) гротескно описан бой... на зрительных трубах! Бой ведут уже знакомые нам основоположники научной микроскопии: А. ван Левенгук contra Я. Сваммердама. «...Сваммердам вытащил из кармана маленькую подозрительную трубу, раздвинул её на всю длину и стал наступать на врага, громко восклицая: “Ну, потягаемся, проклятый, если у тебя хватит смелости!” Левенгук проворно выхватил такой же инструмент, так же его раздвинул и закричал: “Ну, выходи, я готов, сейчас почувствуешь ты мою силу”. Тут оба друга приставили подозрительные трубки к глазам и яростно напали друг на друга, нанося убийственные удары, причём посредством сдвигания и раздвигания они то сокращали, то удлиняли своё оружие. Они делали финты⁴¹⁷, парад⁴¹⁸, вольты⁴¹⁹, коротко сказать – применяли все приёмы фехтовального искусства и приходили всё в больший и больший азарт. Получивший удар пронзительно вскрикивал, подскакивал и выделял самые удивительные прыжки, пируэты⁴²⁰, антраша⁴²¹ точно лучший солист парижского балета, пока противник не приводил его в оцепенение, устремив на него укороченную трубку. <...> Вся эта сцена была презабавна».

⁴¹⁶ Справедливость требует указать на псевдомедицинские техники конца XX в.: цветотерапию и иридодиагностику [77. С. 317, 320].

⁴¹⁷ Финт (от ит. *finta* – притворство, выдумка) – хитрая уловка.

⁴¹⁸ Парад (от фр. *parade* – парад) – парирование, отражение удара, защита (в фехтовании).

⁴¹⁹ Вольт (от фр. *volte* – поворот) – уклонение от укола или удара соперника (в фехтовании).

⁴²⁰ Пируэт (от фр. *pirouette* – юла) – (полный) оборот на месте на пальцах одной ноги (в балете); в переносном смысле: увёртка, уловка.

⁴²¹ Антраша (от фр. *entrechat* – прыжок, скачок) – прыжок, во время которого вытянутые ноги танцовщика скрещиваются в воздухе несколько раз.

По выражению М. фон Лауэ, «в противоположность механике, в теории света в XVIII столетии был некоторый застой. “Героическая” эпоха волновой теории началась с 1800 г. и продолжалась до 1835 г.» преимущественно в Англии и Франции [184. С. 45]. Одно из первых рубежных открытий XIX в. сделал (1808) французский физик и военный инженер Э.Л. Малюс (1775–1812): свет, отражённый от поверхности воды под углом $52^\circ 45'$ ⁴²², обладает тем же свойством, что и свет, прошедший через кристалл исландского шпата, обладающий двойным лучепреломлением. В труде, поданном на конкурс Парижской Академии наук (1808), Малюс описал открытое им явление *поляризации* света⁴²³ при отражении от прозрачных сред (явление Малюса) и установил закон изменения интенсивности поляризованного света (закон Малюса) [185. С. 201]. Но первые указания на поперечную анизотропию светового луча в опытах с исландским шпатом дал (1690) Х. Гюйгенс. Понятие же поляризации света ввёл (1704–1706) Ис. Ньютон, хотя и оперировал корпускулярными представлениями [207. С. 575].

⁴²² По существу, этот факт – частный случай проявления закона Брюстера (1815) [185. С. 202].

⁴²³ В физической оптике поляризация света есть физическая характеристика излучения, которая описывает неэквивалентность (неравносильность) различных направлений в плоскости, перпендикулярной световому лучу (волновому вектору **k**). Электромагнитные волны поперечны, т.е. в вакууме вектор электрического поля **E** и магнитного поля **H** *перпендикулярны* направлению распространения (волновому вектору **k**). При этом векторы **E** и **H** взаимно ортогональны. Из-за поперечности волны отсутствует осевая симметрия её относительно направления распространения **k**. Свет называют полностью *поляризованным*, если две взаимно перпендикулярные компоненты (проекции) вектора **E** светового пучка совершают колебания с постоянной разностью фаз. Когда эта разность фаз равна 0 либо π , то свет называют *линейно* поляризованным [207. С. 575–576]. Плоскость, проходящая через направление колебаний электрического вектора **E** линейно поляризованной световой волны и направление её распространения **k**, называется *плоскостью поляризации* [161. С. 637]. Иногда в литературе плоскостью поляризации называют плоскость, проходящую через **H** и **k** [184. С. 49]. Более того, встречается устаревший термин «плоскость поляризации»: плоскость, перпендикулярная плоскости колебаний **E** [43. С. 118].

Здесь парадоксален успех объяснения механизма двулучепреломления (П.С. Лапласом в 1808 г.) и поляризации света (Малюсом) именно на основе ньютоновского предположения о существовании асимметрии и различной ориентации *частиц* света. Будучи ньютонианцем, Малюс ввёл термин «поляризация», подразумеваемая под ним одинаковую ориентацию полюсов этих частиц в световом луче [343. С. 14–15]. Более того, он считал этот эффект опровержением волновой теории! [184. С. 45]. Малюс также предложил (1811) метод определения оптической оси кристалла⁴²⁴. Факт частичной поляризации луча при преломлении *независимо* открыли (1811) Малюс, его соотечественник физик, математик, астроном, историк науки Ж.Б. Био (1774–1862) и шотландский физик Д. Брюстер (1781–1868). В 1812–1813 гг. Био и Брюстер открыли кристаллы с двумя оптическими осями [91. С. 160].

Позднее Био открыл (1815) вращение плоскости поляризации, т.е. явление круговой (циркулярной) поляризации света (закон Био), *независимо* от Д. Брюстера и Д.Ф. Араго⁴²⁵ (1786–1853), французского учёного, популяризатора науки, политического деятеля. Био также обнаружил (1815) естественную оптическую активность органических жидкостей, т.е. способность вращать плоскость поляризации света. В том же 1815 г. Брюстер открыл «свой» закон: отражённый луч полностью поляризован, а соответствующий преломлённый луч имеет максимальную поляризацию, когда они взаимно перпендикулярны. При этом $\operatorname{tg}\varphi_{\text{В}} = n$, где угол падения $\varphi_{\text{В}}$ – всем оптикам известный «угол Брюстера»⁴²⁶. А ещё Био

⁴²⁴ Согласно «Истории естествознания в датах», Малюс предложил метод в 1808 г. [91. С. 159].

⁴²⁵ Араго открыл (1811) хроматическую поляризацию: на выходе из пластинки (вырезанной из кристалла горного хрусталя) возникают два изображения, окрашенные в дополнительные цвета [69. С. 32; 185. С. 202].

⁴²⁶ Брюстер волновой доктрины не разделял. Почему? Из уважения к мудрости Создателя всего. Брюстер полагал недопустимым приписывать творцу мира «столь грубую идею, как заполнение всего пространства эфиром для того, чтобы создать свет» (цит. по: [185. С. 207]). Эпизод этот – пример явного влияния мировоззрения на продукт творческой деятельности учёного. А сколько было случаев скрытого влияния?!

обнаружил (1815), что турмалин, будучи двулучепреломляющим кристаллом, сильно поглощает обыкновенный луч, пропуская лишь необыкновенный. Используя это явление, английский астроном Дж. Гершель⁴²⁷ (1792–1871) сконструировал «турмалиновые щипцы» – простейший поляризатор, применяемый до сих пор. Альтернативный прибор, но без окрашивания прошедшего луча, – призма из исландского шпата (1828). Её предложил шотландский физик У. Николь (1768–1851) [69. С. 197; 185. С. 202–203], а теорию «призмы Николя» разработал (1833) русский метеоролог М.Ф. Спасский (1809–1859) [91. С. 168]. В 1839 г. Николь сделал комбинацию из двух своих «николей», построив прибор, широко используемый оптиками и в наши дни.

Подчеркнём, что основные явления поляризации света были открыты и толковались под флагом корпускулярной теории света! Естественно, многим физикам казалось, что она получает ещё одно подтверждение в способах получения и в свойствах поляризованного света... Тем более что двулучепреломление и явление Малюса стали камнем преткновения для сторонников волновой теории – даже с такими громкими именами, как британец Т. Юнг⁴²⁸ и его французские

⁴²⁷ Его отец У. Гершель в серии опытов (1800) – с помощью призмы и ртутного термометра – нашёл распределение интенсивности энергии излучения в солнечном спектре. Он с удивлением констатировал: «Существуют солнечные лучи, менее преломляемые, чем те, которые действуют на орган зрения, и обладающие наибольшей нагревательной силой» (цит. по: [316. С. 90]). Невидимому излучению нагретых тел, открытому У. Гершелем, В. Абней дал (1881) название «инфракрасное»: ведь оно соответствует участку спектра за видимым красным, т.е. «ниже» его на шкале частот. В XX в. эхом открытия инфракрасного света стал новый класс приборов, работающих в этом диапазоне длин волн: оптико-электронных [316. С. 87, 92].

⁴²⁸ Т. Юнг был вундеркиндом: в два года научился бегло читать, в четыре знал наизусть много сочинений английских поэтов, в 8–9 лет овладел токарным ремеслом и мастерил физические приборы. К 14 годам познакомился с дифференциальным исчислением (по Ньютону), освоил много языков (греческий, латынь, французский, итальянский, арабский и др.). В трёх университетах изучал медицину и физику; работал врачом, занимался оптикой, акустикой, механикой, астрономией, геофизикой, зоологией, филологией; на закате жизни составлял египетский словарь [69. С. 313–314].

коллеги Ф. Араго и О. Френель (1788–1827). Тем не менее именно эти эффекты⁴²⁹ привели их практически одновременно (считается, что приоритет от 1817 г. принадлежит Юнгу [184. С. 46]) к гипотезе о *поперечном* характере световых волн [343. С. 18].

Experimentum crucis⁴³⁰: Юнг, Френель, Араго. Фундаментальность этих вопросов требует коснуться их истории подробнее. Т. Юнг в трактате «Опыты и проблемы по звуку и свету» (1800) выступил с критикой корпускулярной концепции света у Ньютона и в защиту волновой. Юнг первым указал на явление усиления либо ослабления звука при наложении акустических волн. Он, во-первых, сформулировал понятие интерференции звука; во-вторых, предложил *принцип суперпозиции*⁴³¹ волн. В 1801 г. Юнг впервые объяснил явление интерференции света, а в 1803-м ввёл термин «интерференция света», попутно объяснив кольца Ньютона с помощью своей модели интерференции⁴³². Юнг первым (1802) продемонстрировал экспериментально интерференцию оптических волн от двух когерентных источников света (классический опыт Юнга). Кроме того, он показал разли-

⁴²⁹ Их значение прояснил факт отсутствия интерференции обыкновенного и необыкновенного лучей: они, как ныне известно, поляризованы *взаимно ортогонально*. Он обнаружен в опытах Френеля и Араго [343. С. 18].

⁴³⁰ Experimentum crucis (лат., буквально: опыт креста, или испытание крестом) – решающий эксперимент, задающий направление и содержание дальнейших исследований [237. С. 174]. Выражение идёт от «Нового органа» (1620) Фр. Бэкона, где он ссылается на кресты, «которые ставятся на перекрёстках, указывая разделение путей» (цит. по: [344. С. 255]).

⁴³¹ Суперпозиция (от лат. super – сверх, на + positio – положение) – наложение. Принцип суперпозиции – это *допущение*, согласно которому результирующий эффект сложного процесса воздействия представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым отдельным воздействием, при условии, что эти воздействия не влияют друг на друга. Принцип суперпозиции строго применим лишь к линейным средам (системам), чьи параметры не зависят от интенсивности протекающих в них процессов. В классической физике принцип суперпозиции вытекает из линейности уравнений движения соответствующих систем [331. С. 26].

⁴³² Юнг использовал гидродинамическую модель: наложение действия гребней двух рядов волн в узком канале, когда разность их путей кратна длине волны λ [343. С. 12–13].

чие между когерентными и некогерентными лучами (соответственно от одного и различных источников света). В 1803 г. он объяснил дифракцию света (на тонкой нити), оперируя понятием интерференции и краевых волн. Он разрабатывал теорию цветового зрения и теорию видения. Юнг открыл интерференцию ультрафиолетовых лучей, измерил длины волн λ различных цветов: от красного ($\lambda = 0,7$ мкм) до фиолетового ($\lambda = 0,42$ мкм). Ему принадлежит (1807⁴³³) соображение о том, что свет и лучистая теплота отличаются только величиной λ .

А в это время (1815) О. Френель под влиянием Э.Л. Малюса (1808) ведёт исследования тени, отбрасываемой малыми препятствиями на пути света. Он обнаруживает образование полос не только снаружи, но и внутри тени, что до него уже наблюдал Фр. Гримальди и о чём умолчал Ис. Ньютон. Френель повторно открывает принцип интерференции. Введя представление о когерентности элементарных волн и их интерференции (1816), он дополняет принцип Гюйгенса (поэтому теперь принято говорить о принципе Гюйгенса–Френеля). С опорой на эти построения он создаёт теорию дифракции света в форме построения зон (1818), носящих теперь его имя [69. С. 314; 184. С. 45–46].

Сегодня ясно, что «в оптических исследованиях Френеля поразительно гармонично соединились его физическая интуиция, незаурядная техническая изобретательность и выдающиеся математические способности, которые опирались на высокую математическую культуру лапласианцев и Политехнической школы» [345. С. 26]. Узнав об опыте Юнга (с экраном, имеющим два малых отверстия), Френель – для уточнения трактовки волновой природы света – предлагает эксперимент с «бизеркалом» (1816). Напомним, что в 1817 г. (в письме к Ф. Араго [343. С. 18]) Т. Юнг выдвигает идею *поперечности* оптических колебаний. Вскоре Френель проводит свой второй классический опыт: с «бипризмой». И – незави-

⁴³³ В 1807 г. Т. Юнг ввёл характеристику упругости вещества – модуль растяжения (ныне – модуль Юнга).

симо от Юнга – тоже приходит к мысли⁴³⁴ о поперечности (1819), доказав затем её теоретически (1821). Не забудем ещё, что Френель – родоначальник оптики движущихся сред, основу которой заложило его решение задачи о влиянии движения Земли на световые явления (1818). Ему был свойствен совершенно зрелый взгляд на реальный мир. Так, в его знаменитом «Мемуаре о дифракции света» (1818), удостоенном Премии Парижской Академии наук [185. С. 205], читаем: «Если природа задалась целью создать *максимум* явлений при помощи *минимума* причин, то, безусловно, что эта большая проблема разрешается ею во всей совокупности её законов» (цит. по: [325. С. 143]).

Совместно с Ф. Араго он продолжал исследовать экспериментально условия интерференции поляризованного света. Что же их озадачило? Два световых луча, поляризованные в параллельных плоскостях, всегда интерферируют. Напротив, два луча, поляризованные перпендикулярно, никогда не гасят друг друга, т.е. *не* интерферируют. Как объяснить (на «эфирном» языке) тот факт, что луч света, поляризованный при отражении, обладает двумя плоскостями симметрии, ортогональными друг другу и проходящими через луч? Френель решился (1821)⁴³⁵ признать, что колебания эфира происходят в этих плоскостях *перпендикулярно* направлению луча света. Когда Т. Юнг узнал об опытах Френеля и Араго, у него, видимо, тоже мелькнула сходная мысль. Но будучи в жёстких рамках механической модели эфира, Юнг мог говорить о его поперечном движении неуверенно: лишь как о «воображаемом». В самом деле, для физика начала XIX в. эфир – тончайшая и невесомая среда. Но коли она способна передавать поперечные колебания, значит, эфир – наитвердшее тело, которое твёрже стали...

⁴³⁴ Примечательно, что А.М. Ампер ещё в 1815 г. высказал Френелю революционное предположение: упругий эфир колеблется в плоскостях (которые взаимно ортогональны) *перпендикулярно* движению светового луча. Но тогда Френель не воспользовался этой идеей, вероятно, показавшейся ему фантастичной [185. С. 205–206].

⁴³⁵ Теоретическое объяснение поляризации, данное Френелем, «История естествознания в датах» относит почему-то к 1825 г. [91. С. 159].

На такую крайность взглядов Араго не отважился пойти: он отказался подписать статью, представленную его соавтором Френелем к публикации⁴³⁶. А она-то и стала методологической базой множества результатов в будущем!

Так, все сложнейшие явления оптики двулучепреломляющих сред убедительно толкуются в согласии с экспериментами и оказываются частными случаями общего закона сложения скоростей. Ему принадлежат классические «формулы Френеля» – законы отражения и преломления света на плоской границе раздела двух неподвижных сред (1823). Анализируя силы, возникающие в упругом кристалле, он сформулировал ряд теорем, составивших базу новой отрасли науки: общей теории упругости. Вскоре её развили труды О.Л. Коши, С.Д. Пуассона, британского математика и физика Дж. Грина⁴³⁷ (1793–1841), обратившегося к закономерностям отражения и преломления света в кристаллах, а попутно получившего основные уравнения теории упругости (1839), французского инженера, механика, математика Г. Ламе⁴³⁸ (1795–1870), составившего первые «Лекции по математической теории упругости твёрдых тел» (1852) [224. С. 269].

Кроме того, Френель проявил себя и в инженерном искусстве. В 1819 г. он предложил линзу с малым поглощением и весом (линза Френеля). Автор составил её из отдельных примыкающих друг

⁴³⁶ По свидетельству французского математика М. Верде, Ф. Араго заявил (1851), что не может более следовать идеям Френеля с тех пор, как тот стал допускать поперечность колебаний эфира [185. С. 207].

⁴³⁷ В «Опыте применения математического анализа к теориям электричества и магнетизма» (1828) Грин строил обобщения, привлекая найденное им соотношение между интегралами по объёму и по поверхности. Его *независимо* получил (1828) М.В. Остроградский, что закрепилось в названии: формула Грина–Остроградского. Здесь же Грин ввёл понятие и термин «потенциал» [224. С. 150; 243. С. 162]. Считается, что К.Фр. Гаусс *независимо* от Грина употреблял его в 1839–1840-х гг. [91. С. 175].

⁴³⁸ В 1820–1832 гг. Г. Ламе (по приглашению русского правительства) преподавал математику и физику в Институте Корпуса инженеров путей сообщения в С.-Петербурге. Одновременно там его коллега Б.П.Э. Клапейрон, эпоним уравнения состояния идеального газа и уравнения, связывающего температуры фазовых точек с давлением (1834), преподавал механику и химию [69. С. 133–134; 346].

к другу концентрических тонких колец, которые в сечении имеют форму призм специального профиля. Позднее это изобретение помогло ему построить вращающуюся систему линз для получения проблескового режима излучения маяка (1823). Ярким опотехническим достижением Френеля стали «катадиоптрические фонари с полным внутренним отражением», отличавшиеся рекордно ярким светом при малых размерах (диаметр 20 см) [69. С. 283, 314; 185. С. 203–206; 316. С. 96–99].

Ещё одна знаменательная в истории оптики дата – 1821 год, когда датский физик Х.К. Эрстед (1777–1851) одним из первых высказал мысль о том, что свет представляет собой электромагнитные явления. Годом раньше Эрстед открыл действие электрического тока на магнитную стрелку. Так возник электромагнетизм как новая область физики [69. С. 312].

Рождение спектроскопии и прогресс опотехники. Начало XIX в. отмечено также первыми шагами спектроскопии и развитием физической оптики. В 1801 г. английский учёный У.Х. Волластон (1766–1828) – *независимо* от И.В. Риттера⁴³⁹ (1776–1810), немецкого (электро)химика и физика [255. С. 400], – открыл ультрафиолетовые лучи. Волластон первый обратил внимание (1802) на тёмные линии в спектре излучения Солнца, известные в дальнейшем как «фраунгоферовы линии». В том же году он предложил метод определения показателя преломления твёрдых тел, а в 1804 г. – открыл явление дихроизма⁴⁴⁰ при распространении света через одноосные кристаллы. Среди сконструированных Волластоном приборов – рефракто-

⁴³⁹ Ещё в 1727 г. немецкий учёный И.Г. Шульце (1687–1744) открыл почернение хлористого серебра под действием света. И.В. Риттер, повторив (1802) опыты У. Гершеля, задался целью сравнить химическое действие различных участков спектра. Он выяснил, что оно возрастает от красного фланга, достигая максимума за фиолетовым участком, где глаз не воспринимает никакого света. Новое излучение преломлялось призмой сильнее, чем фиолетовое. Поэтому оно получило название «ультрафиолетового» [185. С. 213] (от лат. ultra – далее, более, сверх). Эти наблюдения приблизили изобретение фотографии (1839).

⁴⁴⁰ Дихроизм (от др.-гр. δι(ς) – два + χροματος – цвет) – различная окраска некоторых кристаллов (в проходящем белом свете) в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

метр⁴⁴¹ (1802) и отражательный гониометр⁴⁴² (1809). Систематически изучая солнечный спектр от красного до фиолетового, германский физик Й. Фраунгофер (1787–1826) – *независимо* от У.Х. Волластона – обнаружил и объяснил (1814–1815) 576 тёмных линий, получивших затем его имя. Используя явление дифракции⁴⁴³, Фраунгофер измерил длины волн тёмных линий. Вероятно, Фраунгофер первым применил дифракционную решётку для анализа спектров (1821 [69. С. 282] либо 1827 [316. С. 82]). Есть предположения, что ему принадлежит приоритет в изготовлении дифракционной решётки⁴⁴⁴ [69. С. 282]. После обнаружения тёмных линий в спектре Солнца Фраунгофер использовал их для более точных измерений относительной дисперсии линз. Это позволяло ему изготавливать (начиная с 1817 г.) ахроматические объективы высокого качества. Большими успехами Фраунгофера стали гелиометр и окулярный⁴⁴⁵ фотометр оригинальной конструкции [69. С. 66, 234, 282; 91. С. 161; 316. С. 83–85].

⁴⁴¹ Рефрактометр (от лат. refractus – преломлённый + др.-гр. μέτρον – мера) – прибор для измерения показателя преломления света.

⁴⁴² Гониометр (от др.-гр. γωνία – угол + μέτρον – измерять) – прибор для измерения двугранных углов между плоскими гранями твёрдых тел.

⁴⁴³ Он изучал дифракцию в параллельных лучах (так называемая дифракция Фраунгофера) сначала от одной щели, а затем от многих [69. С. 282].

⁴⁴⁴ Чтобы получить спектр от тонкого пучка света, решётки применял французский учёный Кл. Дешаль (1621–1678), повторяя опыт Фр. Гримальди с полированными металлическими пластинками, на которые Дешаль нанёс серию близко расположенных полос. Спектр давала и штрихованная стеклянная пластинка. Фраунгофер искусно изготовлял решётки из тончайших близко расположенных стеклянных нитей либо штриховал алмазом стеклянную пластинку. Лучшая решётка Фраунгофера имела более 300 штрихов на миллиметре. Его превзошёл (1883) американский физик Г. Роулэнд (иначе Роуланд, 1848–1901), изготовивший решётки с 800 штрихами на миллиметре. По другой версии, решётку изобрёл (по-видимому, в 1785 г.) американский астроном Риттенгауз, но тогда она не получила практического применения. Капитальный анализ метрологических возможностей решёток выполнил итальянский физик О.Ф. Моссотти (1791–1863) [185. С. 217; 316. С. 82–83].

⁴⁴⁵ Окулярный < окуляр (от лат. ocularis – глазной) – обращённая к глазу наблюдателя часть оптического прибора, служащая для рассматривания действительного изображения, формируемого объективом [43. С. 105].

В 1833 г. итальянский физик и физиолог К. Маттеуччи (1811–1868) выяснил, что тепловые лучи интерферируют. А в 1834 г. шотландский физик Дж.Д. Форбс (1809–1868) открыл их поляризацию и подтвердил их интерференцию, используя «бизеркало» Френеля. *Независимо* от Форбса поляризацию тепловых лучей обнаружил (1836) итальянский физик-экспериментатор М. Меллони (1798–1854). Тщательно изучив отражение, поглощение и преломление инфракрасного излучения (1834), Меллони сделал (1835, 1842) концептуальный вывод: тепловые, световые и ультрафиолетовые лучи имеют единую природу. В унисон с ним немецкий физик К.Г. Кноблаух (1820–1895) экспериментально показал (1846), что тепловое излучение отличается от оптического только большей длиной волны λ . Кноблаух предложил использовать интерференцию инфракрасных лучей для определения их λ . Симметрично, фигурально говоря, поступил его соотечественник Г. Мюллер (1809–1875), применив (1856) фотографическую технику для изучения ультрафиолетовых лучей. Выводы этих авторов стали стимулом для построения обобщающей физической теории световых явлений [69. С. 135, 181, 185, 280; 184. С. 47; 185. С. 197, 213–214].

Теории для практиков. Развитие оплотехники и оптического приборостроения в XIX в. требовало общей теории оптических систем, надёжно обоснованной математически. Здесь нам следует обратиться к фигуре К.Фр. Гаусса (1777–1855), германского математика, астронома, геодезиста, физика (увлекавшегося в юности филологией). В период с 1830 по 1840 г. он занимался физикой: в 1833 г. совместно с В.Э. Вебером сконструировал первый в Германии электромагнитный телеграф⁴⁴⁶ (мировой же приоритет (1832)

⁴⁴⁶ Ещё А.М. Ампер предлагал (1820) использовать электромагнитные явления для передачи сигналов. Телеграф вошёл в жизнь благодаря С.Ф.Б. Морзе [185. С. 261]. Но термин «телеграф» появился раньше: в связи с оптическим устройством, использующим башни с мачтами. На мачте располагался семафор (от др.-гр. $\sigma\eta\mu\alpha$ – знак + $\phi\omicron\rho\omicron\varsigma$ – несущий): *H*- или *Z*-образная конструкция с подвижными частями. Систему предложил (1780) французский инженер и механик Кл. Шапп (1763–1805). Линия связи между Петербургом и Варшавой (1 200 км) имела 149 промежуточных станций. В ясную погоду передача

принадлежит П.Л. Шиллингу (1786–1837), русскому изобретателю и востоковеду немецкого происхождения [297. С. 41; 299. С. 30]). «Диоптрические исследования» Гаусса (1840) составили фундамент теории построения изображений в оптических системах. Действительно, для современной прикладной оптики характерна такая эпонимия: «идеальная оптическая система Гаусса», «плоскость Гаусса», «гауссова оптика параксиальных⁴⁴⁷ лучей», «формула Гаусса»:

$$f/a' + f/a = 1, \quad (3)$$

где a – расстояние от предмета до передней главной плоскости идеальной оптической системы; f и f' – переднее и заднее фокусное расстояние, a' – расстояние от задней главной плоскости до изображения. Гаусс предложил также три способа нахождения фокусных расстояний оптических систем (расчётом «нулевого» луча). В 1845 г. он пришёл к выводу о конечной скорости распространения электромагнитных взаимодействий [69. С. 76; 316. С. 99–102].

В ситуации, когда волновая концепция света ещё не стала общепринятой, исследованиями по оптике занялся У.Р. Гамильтон (о чём говорилось выше). Он свёл свои результаты в «Теории систем лучей» (1828), а в 1830–1837 гг. развил «математическую оптику». Сила её в том, что законы распространения световых лучей правомерно рассматривать как самодовлеющие⁴⁴⁸, не зависящие от объясняющих их теорий физической оптики. Высоким познавательным потенциалом обладает выдвинутый Гамильтоном интеграль-

445 условных сигналов требовала 22 мин. Такая техника связи держалась до 1850-х гг. Шапп назвал своё изобретение «тахиграф» [299. С. 28–29] (от др.-гр. ταχυς – быстрый, скорый + γραφο – писать), т.е. скоропись. По-видимому, одним из пионеров применения оптического телеграфа в Европе (1684) был Р. Гук [297. С. 17].

⁴⁴⁷ Параксиальный (от др.-гр. παρα – рядом, около + лат. axis – ось) – близкий к оси; параксиальным называют луч света, идущий к оси системы под столь малым углом α , что правомерно считать $\sin \alpha \approx \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$.

⁴⁴⁸ Самодовлеющий (от глагола «довлеть» < старинная форма «довлито» – довольствоваться, доволить, удовлетворять [3. Стб. 1110]) – сам себя удовлетворяющий, сам в себе замкнутый, самодовольный [186. Стб. 18], самодостаточный. «Довлеть» – отнюдь не «давить»!

ный вариационный принцип (аналогичный оптическому принципу П. Ферма): некоторая физическая величина, точно определённая математически, стационарна при распространении света. Исходя из своей теории, Гамильтон предсказал: пусть имеется плоскопараллельная пластинка, вырезанная из двухосного кристалла перпендикулярно его оптической оси. Направим на неё пучок естественного света так, чтобы он преломился в кристалле параллельно оптической оси. Тогда на выходе из пластинки должно образоваться светящееся кольцо, диаметр которого зависит от её толщины. Предсказанное явление (эффект внутренней конической рефракции⁴⁴⁹) подтвердил экспериментально (1832) ирландский физик Х. Ллойд (1809–1881). В 1837 г. Ллойд предложил метод получения интерференционной картины от одного зеркала, когда складываются прямой и отражённый свет. Наиболее общее применение теории Гамильтона осуществил в 1840-е гг. немецкий математик К.Г. Якоби (1804–1851), придав ей современную форму [69. С. 74; 185. С. 207–208; 224. С. 118, 166, 551].

Необходимым дополнением к модели идеальной оптической системы, построенной К.Фр. Гауссом, стали вопросы теории аберрации реальных систем. В этой связи следует упомянуть расчёты астигматизма и кривизны изображения (1827), выполненные английским астрономом, физиком, механиком, изобретателем Дж.Б. Эйри (Эри; 1801–1892). Он обнаружил явление астигматизма глаза, ввёл в обиход цилиндрическо-сферические линзы, разработал теорию дифракции света в объективах телескопов. Функция Эйри – частное решение дифференциального уравнения второго порядка $y'' - xy = 0$, возникающего во многих задачах оптики, радиофизики, квантовой механики и т.д. Эйри пришёл к ней в 1838 г. Он также заложил основы теории регулирования, связанной с теорией динамических систем [224. С. 546–547; 243. С. 598; 331. С. 498].

⁴⁴⁹ Рефракция (от лат. *refractus* – преломлённый) – искривление направления распространения световых волн (а также радио- и звуковых волн) из-за пространственной неоднородности среды: локальной оптической неоднородности, изменения температуры, диэлектрической проницаемости etc.

К сожалению, важные результаты, принадлежащие Эйри, долгое время были известны лишь узкому кругу оптотехников. Шагом к наиболее полной картине всех аберраций оптических систем стало получение условия, необходимого для того, чтобы плоский элемент конечной площади, перпендикулярной оптической оси системы, отображался бы ею на *одну* плоскость. Условие вывел (1840) австрийский физик и математик Й.М. Петцваль (1807–1891), поэтому оно получило его имя. При нарушении условия Петцваля изображение указанного элемента предмета получается резким, но не плоским. Соблюдать условие Петцваля особенно важно для фотографических⁴⁵⁰ и проекционных систем, формирующих изображение на плоской плёнке или экране.

Исходя из «своего» условия, Й.М. Петцваль первым сконструировал (1840) анастигматический⁴⁵¹ портретный объектив. Для зрительных труб, биноклей и т.п. условие Петцваля не является необходимым, поскольку аккомодация глаза позволяет с достаточной резкостью видеть все элементы изображения плоского

⁴⁵⁰ Что такое фотография? Способ фиксации изображений, спроецированных на светочувствительную среду. Дата рождения – 1839 г., когда французский художник и изобретатель Л.Ж.М. Дагерр (1787–1851), используя опыты французского изобретателя Ж.Н. Ньепса (1765–1833), с 1829 г. сотрудничавшего с Дагерром, открыл способ, создающий позитивное зеркальное изображение (это упрощает процесс, но исключает получение копий).

Напротив, в калотипии – способе, который открыл (1841) английский физик и химик У.Г.Ф. Тальбот (1800–1877), получают негатив; с него можно делать любое число отпечатков [185. С. 213; 331. С. 344; 312. С. 46–137]. Позитивное и негативное изображение на фотобумаге Тальбот получил в 1835 г. [91. С. 173]. В 1839 г. «для весьма многих изобретение светописи, явившейся внезапно, как снег на голову, оказалось чем-то совершенно волшебным: многие совсем отказывались верить возможности такого изобретения, а убедившись в достоверности факта, усматривали в нём нечто весьма близкое к чертовщине. И так смотрели на дело не только средние, малопросвещённые умы, но и некоторые люди таланта и несомненного основательного образования». Скажем, курьёзно-мистически отнёсся к дагерротипии замечательный французский романист О. де Бальзак (1799–1850) [347. С. 296].

⁴⁵¹ Анастигматический объектив, или анастигмат ($\alpha\nu$ – отрицание + α – отрицание + $\sigma\tau\iota\upsilon\mu\eta$ – точка), – фотографический объектив, практически свободный от всех аберраций, включая астигматизм [332. С. 82].

предмета. Хотя Петцваль первым дал расчёты aberrаций пятого и даже седьмого порядка, они остались неопубликованными. Зато распространение получила теория aberrаций третьего порядка (1856) его соотечественника А. Зейделя. В свою очередь, за вычисление поправок к расчёту aberrаций третьего порядка у Зейделя взялся Й.М. Петцваль. Следующим этапом наступления оптиков на aberrации, стимулированным появлением и прогрессом техники фотографии, стали работы немецкого оптика Э.К. Аббе (1840–1905), разработавшего (1872) теорию образования изображений в микроскопе. Девиз Аббе: «Нет практики без теории». Он показал ограниченность разрешающей способности микроскопа длиной световой волны λ ⁴⁵² (1873). Аббе принадлежит удобный и простой способ оценки качества изображения. В этом ему помогла найденная закономерность (закон синусов Аббе), нарушение которой влечёт получение нерезкого изображения. Имя Аббе увековечили многие приборы (рефрактометр, конденсор, объектив etc.), часть которых выпускала известная фирма «Карл Цейсс» в г. Йена [69. С. 5, 213; 91. С. 176; 316. С. 102–107, 118, 122, 124].

Световые волны и корпускулы: на волнах признания. Таким образом, сначала колебания света физики рассматривали как упругие волны, подобные тем, что распространяются в твёрдых телах. Чтобы объяснить их распространение через пустое пространство, они ввели гипотетическую среду – эфир. И вот что интересно. Успехи в объяснении интерференционных, дифракционных, поляризационных эффектов (связываемые с именами Т. Юнга, О. Френеля, Ф. Араго, Ж.Б. Био, М. Меллони и др.) привели к временной победе волновой теории света над корпускулярной. Причём из трудов О. Френеля, в частности, выясни-

⁴⁵² Разрешающая способность (разрешающая сила) оптического прибора – возможность давать *раздельное* изображение двух близких друг к другу точек объекта. Как её повысить? Перейти от световых волн к микрочастицам, имеющим малую длину волны де Бройля $\lambda = h/mv$, где h – постоянная Планка; m и v – масса и скорость микрочастицы. В соответствии с этим соображением в 1940-х гг. были созданы электронные, а позднее – нейтронные микроскопы.

лось, что в оптике (как и ранее в теории тяготения) *механическая* волновая теория, основанная на представлении об упругом эфире, эффективна в формально-математическом плане⁴⁵³. Но она была противоречива именно в наглядных механических истолкованиях. Так, задача отражения и преломления света не находила полного математического решения. Поневоле для объяснения оптических явлений каждому из приверженцев идеи эфира приходилось приписывать ему невероятные свойства. И Т. Юнг (надо полагать, не только он) задумывался об адекватности *механической* трактовки световых явлений – будь то волновая или корпускулярная. Таким образом, в волновой оптике, развитой Френелем, возродился ньютоновский феноменологизм⁴⁵⁴.

Факты, установленные Й. Фраунгофером и его последователями, вскоре привели к рождению спектрального анализа как мощного инструмента исследований. Основателями его стали германские учёные Г. Кирхгоф и Р. Бунзен (1811–1899). Их первые эксперименты (с помощью «горелки Бунзена») выполнены в 1859 г., а в 1860-м Кирхгоф установил: все газы поглощают в точности те же длины волн, какие они способны излучать (закон «инверсии спектра», или закон Кирхгофа). Анализируя свои и чужие эксперименты, Кирхгоф и Бунзен уверенно подтвердили правоту идеи, которую высказал (1834) У.Г.Ф. Тальбот (он же Талбот, Толбот): каждая светлая линия в спектре излучения есть «автограф» излучающего её химического элемента. Вооружённые этими двумя закономерностями, Кирхгоф и Бунзен смогли открыть (1861) новые

⁴⁵³ Парадокс состоял в том, что «теория Френеля ухватила “математическую” природу света, её волновой характер: волновое уравнение, или принцип Гюйгенса–Френеля, в сочетании с принципом интерференции». Поэтому интеграл Френеля сохранял своё значение независимо от того, шла ли речь о колебаниях упругого эфира или электромагнитных волнах в теории Дж.К. Максвелла [339. С. 28].

⁴⁵⁴ Феноменологизм, феноменологическая наука (от др.-гр. *φαινόμενον* – являющееся) – описание, объяснение каких-либо процессов, объектов и т.п., которое (сознательно и часто вынужденно) ограничено обращением лишь к внешней стороне причинно-следственных связей, не раскрывает внутренние причины и механизмы этих связей. Например, такова оптика в изложении античных авторов.

химические элементы Rb и Cs. По цвету их характерных линий в спектре элементы окрестили рубидий и цезий⁴⁵⁵ [185. С. 218].

Новым взятым рубежом – в идейной войне с механистическим мировоззрением – оказался тезис о *несводимости* природы электричества и магнетизма к механическим свойствам. Достижения М. Фарадея в изучении явлений электричества и магнетизма Дж.К. Максвелл обобщил (1865) в форме уравнений, описывающих динамику электромагнитных волн. Он вывел из своей теории возможность их распространения со скоростью света и занялся светом как примером электромагнитных волн. Теория Максвелла, допуская только поперечные волны, лучше удовлетворяла фактам опыта, чем представления о механических свойствах эфира. В частности, она привела к простому, для многих материалов эмпирически установленному соотношению между их показателем преломления n и диэлектрической проницаемостью ϵ ($n^2 \sim \epsilon$). Х.А. Лорентц в докторской диссертации показал (1875), что электромагнитная теория света содержит в себе все теоретические предпосылки для получения предложенных (1823) О. Френелем формул интенсивности при отражении и преломлении. Напротив, с позиции упругого эфира они были необъяснимы.

Победу волновой концепции принесли эксперименты (1886–1889), в которых Г.Р. Герц обнаружил электромагнитные волны⁴⁵⁶ [69. С. 169; 343. С. 23–24, 90]. Достижения Максвелла и Герца позволили отказаться от идеи эфира, но не от волновой модели света! Но из теории Максвелла не выводилось оптических свойств материи, в частности – объяснения дисперсии показателя преломления $n(\lambda)$. Очередной ступенью в познании стала электронная теория как теория электрических, магнитных, оптических свойств вещества и электромагнитных явлений, принимающая во внимание движение

⁴⁵⁵ Рубидий (от лат. *rubeus* – красный), цезий (от лат. *caesius* – голубой). В 1861 г. У. Крукс обнаружил новый элемент – Tl [185. С. 218]. Из-за его ярко-зелёной линии в спектре Крукс нарёк его таллий (от др.-гр. *θαλλος* – зелёная ветвь).

⁴⁵⁶ Г. Герц показал, что электромагнитные волны имеют все свойства света: преломление, отражение, интерференцию, дифракцию, поляризацию, скорость c [184. С. 49].

дискретных электрических зарядов. Она сформировалась усилиями британского физика-теоретика и математика Дж. Лармора (1857–1942), а также – *независимо* от него – Г.А. Лорентца, занимавшегося этими проблемами в 1880–1909 гг. Электронная теория истолковала не только нормальную, но и также открытую (1871) германским физиком А.Э. Кундтом (1839–1894) *аномальную* дисперсию света. Она обусловлена избирательным поглощением и проявляется как *резонанс* способных *колебаться* атомных образований. В 1897 г. Г.А. Лорентц объяснил (открытое его земляком П. Зеemanом (1865–1943) в 1896 г.) расщепление спектральных линий в магнитном поле. В тесной связи с этим феноменом находится обнаруженное в 1845 г. М. Фарадеем вращение плоскости поляризации света, распространяющегося в веществе вдоль направления приложенного к нему магнитного поля [69. С. 155, 169; 184. С. 48–50].

Однако границы применимости волновой трактовки природы света пришлось пересмотреть. Сначала – когда физики столкнулись с проблемой объяснения фотоэффекта, который обнаружил Г.Р. Герц (1887). Независимо фотоэффект изучали: немецкий физик-экспериментатор В.Л.Ф. Гальвакс (1859–1922), А.Г. Столетов, который в 1888 г. создал первый фотоэлемент, но не запатентовал своё замечательное изобретение, А. Риги (предложил термин «фотоэлемент»), а в 1899 г. – немецкий физик Ф. Ленард (1862–1947) [69. С. 73, 160, 233, 255; 291. С. 349–350]. А в более драматичной форме, – когда столкнулись с проблемой объяснения закона равновесного теплового излучения. Для разрешения последней М. Планк (1858–1947) предложил (1900), хотя и не без колебаний, принять гипотезу о *дискретном* характере излучения при обмене им с веществом. Он полагал, что энергия излучения кратна величине ϵ , названной им *квантом*⁴⁵⁷ энергии: $\epsilon = h\nu$, где h – постоянная, имеющая размерность действия (впоследствии получившая имя посто-

⁴⁵⁷ Квант (от нем. Quant < лат. quantum – сколько) – минимальное количество, на которое может изменяться дискретная по своей природе физическая величина; частица-носитель свойств какого-либо физического поля: квант электромагнитного поля – фотон, поля звуковых колебаний – фонон и т.д.

янной Планка; сам же он называл её Naturkonstant – естественной константой); ν – частота. Фотоэффект, непонятный с позиций волновой теории света, точно соответствовал квантовой модели [184. С. 153; 342. С. 186]⁴⁵⁸.

Так, после работ А. Эйнштейна, А. Комптона⁴⁵⁹, Н. Бора⁴⁶⁰, А. Зоммерфельда, Л. де Бройля, Э. Шрёдингера, К. Дэвиссона и Л. Джермера в первой четверти XX в. были получены неопровержимые доказательства двойственной, т.е. *корпускулярно-волновой*, природы света [30. С. 253–262; 260. С. 149–156; 349. С. 14–31].

⁴⁵⁸ Толкуя его, А. Эйнштейн (1905) определил свет как поток квантов с энергией $\varepsilon = h\nu$. Он допустил, что каждый электрон освобождается из вещества посредством *одного* кванта, если энергия кванта $h\nu$ больше, чем *работа выхода* A , необходимая для освобождения электрона: $h\nu > A$. Следовательно, у фотоэффекта имеется порог по частоте $\nu_{\text{порог}} = A/h$, ниже которого электроны не появляются, а энергия освобождённого электрона $E_{\text{своб. эл.}} = h\nu - A$. Ещё рельефнее демонстрируется реальность светового кванта в открытом (1922) американским физиком А.Х. Комптоном (1892–1962) упругом рассеянии рентгеновских лучей на свободных электронах. Здесь играет роль передача электрону (при столкновении двух «корпускул») не только части энергии кванта $h\nu$, но и его импульса $h\mathbf{k}$ [184. С. 153].

⁴⁵⁹ Американский физик А. Комптон (1892–1962) в 1922 г. изучал рассеяние рентгеновских лучей на элементах с малой атомной массой. А. Комптон и *независимо* (1923) немецкий физик и химик П.Й.В. Дебай (1884–1966) показали, что зависимость длины волны рассеянного излучения от угла рассеяния можно трактовать как столкновение рентгеновского кванта со свободным электроном [69. С. 99, 138; 349. С. 28–29].

⁴⁶⁰ Идея дополнительности двух существенно различающихся качеств как принцип познания природы в сознании Н. Бора, возможно, возник ещё в юности под впечатлением бесед и споров, которые велись в доме естественниками и гуманитариями – друзьями отца, профессора физиологии. Намёк на эту идею различим в докладе Бора 1913 г. Биограф Бора свидетельствует, что в спорах об основах квантовой механики Бору было присуще «постоянно подчёркивать противоречия», какие он обнаружил, а не затушёвывать их. Отсюда его легендарная фраза: «Это, конечно, безумная идея, но весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть верной». Удивительно, но в соотношении Гейзенберга, выразившем идеал дополнительности в квантовой теории, Н. Бор не сразу распознал главный аргумент своей правоты. Причём в противоположность своему оппоненту А. Эйнштейну, Бор в научных делах «никогда не изменял своему старому лозунгу – быть всегда готовым ко всякого рода неожиданностям» [348. С. 152, 154–155, 158, 162].

Существенным фактом стало подтверждение электромагнитной волновой природы рентгеновских лучей, или X-лучей, как их первоначально именовал автор открытия (1895) В.К. Рентген (1845–1923), немецкий физик-экспериментатор. В 1912 г. его соотечественник М. фон Лауэ построил модель интерференции рентгеновского излучения на кристаллах, предложив использовать последние в качестве дифракционных решёток. В апреле 1912 г. немецкие учёные В. Фридрих (1883–1968) и П. Книппинг (1883–1935) экспериментально подтвердили дифракцию рентгеновых лучей в кристаллах. В том же году, используя её, английский физик У.Г. Брэгг (1862–1942) и его сын У.Л. Брэгг (1890–1971) экспериментально доказали периодичность атомной структуры кристаллов. А Брэгг-junior (аспирант 22 лет) переформулировал условия М. Лауэ для дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решётке. У.Л. Брэгг связал длину волны λ рентгеновского излучения с пространственным периодом d (межплоскостным расстоянием) кристаллической решётки и углом скольжения ϑ – углом между падающим (либо отражённым) пучком лучей и отражающими плоскостями решётки:

$$2 d \sin \vartheta = m \lambda, \quad (4)$$

где m – положительное целое. Пикантность⁴⁶¹ исследовательской ситуации была в том, что Брэгг-сын занимался *ниспровержением* *отцовской* корпускулярной теории X-лучей [37. С. 319].

Уже в ноябре 1912 г. о результатах В. Фридриха и П. Книппинга узнаёт русский кристаллофизик Ю.В. Вульф (1863–1925) и сразу же пишет статью с расчётом интерференции рентгеновских лучей в кубическом кристалле сфалерита, с которым они провели эксперименты. Сохранившаяся переписка Вульфа с германскими физиками позволяет детально восстановить логику размышлений и вычислений Вульфа. В 1913 г. *независимо* от Брэгга-младшего Вульф вывел соотношение

⁴⁶¹ Пикантный (от фр. *piquant* – колючий; острый; пикантный, остроумный < *piquer* – колоть; возбуждать (интерес, любопытство), подстрекать) – острый, пряный; возбуждающий (чувственность); привлекательный.

$$2 d \sin (\Theta / 2) = m \lambda, \quad (5)$$

где Θ – угол отклонения рассеянных лучей от первоначального направления. Соотношения (4) и (5) называют формулой Брэгга, а также Брэггов–Вульфа (иногда Вульфа–Брэгга). «Взгляды Вульфа и Брэгга на дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах оказались удивительно похожими, хотя они пришли к ним совершенно разными путями», – свидетельствуют историки физики. По их мнению, тот факт, что на Западе принято говорить о «формуле Брэгга», а вкладу Вульфа не уделяется должного внимания, объясним радикальным отличием в ситуации в британской и российской науке после окончания Первой мировой войны (1918). У.Л. Брэгг сразу вернулся к исследованиям, развернул бурную деятельность по определению структур простейших ионных кристаллов. Поэтому его имя стало синонимом успехов рентгеноструктурного анализа. В России же большевистская революция повлекла гражданскую войну, гибель, эмиграцию, изгнание образованных людей, тяжелейшую разруху и т.д. Ю.В. Вульф смог восстановить нормальную научную работу лишь в 1920-е гг. С теми средствами и аппаратурой, какими в СССР располагал Вульф, догнать западных коллег было уже невозможно... [350. С. 103, 105–106]. К сожалению, подобный сюжет в истории отечественной науки повторялся и позднее.

Таким образом, в 1912–1913 гг. были созданы продуктивные методы изучения строения вещества: рентгеноструктурный анализ и рентгеновская спектроскопия. Рентгеновский микроскоп У.Л. Брэгга (1939) послужил отправной точкой при разработке идей (1948) по созданию голографии⁴⁶² Д. Габором (1900–1979), работавшим в Венгрии, Германии, Англии [69. С. 47, 70–71, 156–157, 232; 291. С. 359].

⁴⁶² Голография (от др.-гр. $\sigma\lambda\omicron\varsigma$ – весь, целый + $\gamma\rho\alpha\phi\omega$ – писать) – способ записи, воспроизведения и преобразования волновых полей: световых, радио-, звуковых. Основан на интерференции волн. В случае оптических полей позволяет получить объемное изображение предмета. Такой эффект объясним тем, что обеспечена регистрация значений не только средних квадратов амплитуд волн, рассеянных в различных точках поверхности предмета (как в обычной фотографии), но также разности фаз этих волн относительно «опорной». Прозрачный для волн материал, где осуществлена эта регистрация, называют голограммой.

В 1929 г. американский физикохимик Г.Н. Льюис ввёл термин «фотон»⁴⁶³.

Победила идея дуализма⁴⁶⁴. В двойственности света проявилось и впервые было осознано универсальное свойство природы: корпускулярно-волновой дуализм – всем микрообъектам присущи одновременно и корпускулярные, и волновые характеристики! Нетривиальность и даже необычность познавательной ситуации заключалась в том, что для объяснения различных явлений, происходящих с *одним и тем же* микрообъектом (но в разных условиях), физикам приходилось использовать то волновую гипотезу, то корпускулярную. Разрешение этого логического противоречия было найдено в отказе от наглядных (классических) представлений о частице и волне. При этом для объяснения корпускулярных световых эффектов – в рамках волновой концепции – была построена *квантовая* теория поля. И наоборот: чтобы объяснить волновые феномены – в рамках корпускулярной концепции для нерелятивистских случаев, – было разработано описание микрочастиц с помощью векторов состояния и их суперпозиции, а также принята их *статистическая* интерпретация. В релятивистском случае важнейшим проявлением корпускулярно-волновой двойственности оказывается возможность испускания (поглощения) частиц в результате взаимодействия квантовых полей, например при аннигиляции⁴⁶⁵ частицы и античастицы [295. С. 464–465].

⁴⁶³ Фотон (от др.-гр. φωτοϛ < φωϛ – свет) – элементарная частица, квант электромагнитного поля, чья масса покоя m_γ равна 0 (экспериментальное ограничение $m_\gamma < 5 \times 10^{-60}$ г), и потому его скорость равна скорости света c . Спин фотона равен 1 (в единицах $\hbar = h/2\pi$); проекции спина на направление движения составляют ± 1 . В классической электродинамике этому свойству соответствует *поперечность* электромагнитной волны [331. С. 354].

⁴⁶⁴ Дуализм (от лат. dualis – двойственный) – наличие двух самостоятельных, независимых начал; раздвоенность, двойственность чего-либо.

⁴⁶⁵ Аннигиляция (от лат. annihilatio – превращение в ничто, уничтожение < nihil – ничто) – превращение элементарной частицы и античастицы при их столкновении в другие микро- либо квазичастицы, например превращение электрона и позитрона в фотон.

Идею двойственной природы света, которую разделял и пропагандировал А. Эйнштейн, Л. де Бройль распространил (1923, 1924) на вещество. Позднее в своей книге по волновой механике Л. де Бройль писал: «...открытие фотоэлектрического эффекта Комптона показало необходимость введения понятия частиц наряду с понятием волны. Казалось, что природа света обладает странной “двойственностью”. Но если в теории света в течение целого столетия слишком пренебрегали понятием “частицы” для того, чтобы пользоваться исключительно понятием “волна”, то не была ли допущена обратная ошибка в теории материи? Были ли физики вправе пренебрегать понятием “волна” и думать только о понятии “частицы”?» [351. С. 394–395]. По де Бройлю, частице массой m , движущейся со скоростью v , т.е. обладающей энергией $W = mc^2/[1-(v/c)^2]$ и количеством движения (импульсом) $\mathbf{p} = mv/[1-(v/c)^2]$, где c – скорость света, соответствует волна, чья длина $\lambda = h/p$, фазовая скорость равна v , частота $f = W/h$, где h – постоянная Планка. Эстафету идей от де Бройля принял (1926) Э. Шрёдингер, строя волновую механику. Положения де Бройля нашли подтверждение в опытах по дифракции электронов, рассеянных кристаллической решёткой (1927) [69. С. 46; 351. С. 396].

Плодотворность корпускулярно-волнового дуализма в оптике XX в., видна, например, в появлении лазера (1960) [79. С. 277–282; 352]. Простейший способ объяснения принципа его действия привлекает, с одной стороны, квантовые представления (для описания принципа усиления света в активной среде с дискретным набором энергетических уровней), прежде всего, понятие *вынужденного испускания* фотона, постулированное А. Эйнштейном (1916). С другой стороны, используются построенные в классической электродинамике модели модовой структуры электромагнитного поля в открытом двухзеркальном оптическом резонаторе и приёмах селекции мод (ради повышения степени когерентности лазерного излучения). При этом оптический резонатор обеспечивает обратную связь, необходимую для достижения режима генерации.

«Судьба» лазера наглядно иллюстрирует и другой «дуализм»: неразрывное взаимодействие науки с техникой. В принципе, лазер инфракрасного диапазона с $\lambda = 10,6$ мкм *можно* было бы реализовать сразу после публикации статьи Эйнштейна, т.е. в 1917 г., например на молекулах углекислого газа, возбуждаемых электрическим разрядом⁴⁶⁶. По-видимому, потребность в источнике когерентного оптического излучения тогда ещё не была осознана либо не назрела. В 1951 г. В.А. Фабрикант (ученик С.И. Вавилова и Л.И. Мандельштама, ещё в 1939 г. занимавшийся вопросами усиления света в средах с инверсией населённостей), М.М. Вудынский и Ф.А. Бутаева открыли квантовый способ усиления электромагнитных волн в средах, находящихся в термодинамически неравновесном состоянии. В 1954 г. сотрудники Физического института АН СССР Н.Г. Басов (1922–2001), А.М. Прохоров и *независимо* в США физик Ч.Х. Таунс (р. 1915) предложили принципы усиления и генерации электромагнитных волн в квантовых устройствах, а также сконструировали мазер⁴⁶⁷ на молекулах аммиака (NH₃). В 1958 г. Ч.Х. Таунс и его коллега А.Л. Шавлов (1921–1999) предложили принцип работы лазера. Кроме того, Шавлов – *независимо* от А.М. Прохорова и американского физика Р.Г. Дикке, который наблюдал (1953) оптическую накачку и предсказал (1954) сверхизлучение атомных систем, находящихся в когерентном состоянии, – выдвинул идею использовать интерферометр Фабри–Перо в качестве резонатора в лазере. В 1959 г. Шавлов предложил применить кристалл искусственного рубина как рабочее вещество лазера, что и реализовал (16 мая 1960) американский физик Т.Г. Мейман (р. 1927). За создание квантовых генераторов Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, Ч.Х. Таунс получили Нобелевскую премию (1964). А.Л. Шавлову её присудили (1981) за

⁴⁶⁶ CO₂-лазер первым создал (1964) американский физик К. Пател (р. 1938) [69. С. 208].

⁴⁶⁷ Мазер (акроним английского выражения Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation – усиление микроволн (т.е. волн сверхвысокочастотного диапазона) посредством вынужденного испускания излучения) – квантовый генератор либо усилитель СВЧ диапазона.

вклад в лазерную спектроскопию [69. С. 26, 105, 224, 259, 296; 91. С. 304, 328]. Казалось бы, её заслужил и Р. Дикке?

Лазер – отец открытий. Открытие принципа усиления и генерации электромагнитных волн в квантовых системах породило в последней трети XX в. широкий веер изобретений. Они повлекли модернизацию средств связи, локации, навигации, вычислительной техники, возникновение многообразных промышленных, химических, медицинских, строительных технологий etc. [79. С. 279–282]. Они проникли даже в декоративно-прикладное искусство и музейное дело, где эффектное применение нашли голограммы уникальных объектов. Лазер определил облик оптической цивилизации XXI в. [353. С. 181–188]. Будучи сугубо техническим устройством, он оказал весьма благотворное влияние на развитие естествознания, благодаря которому он появился на свет. Став инструментом исследователей, лазер привёл к длинной цепи открытий в физике, химии, биологии, демонстрирующих резонансные, нелинейные, дисперсионные, поляризационные свойства материи.

Не забудем, что ещё до появления лазеров С.И. Вавилов⁴⁶⁸ изучал вопрос о границах применимости линейных соотношений в оптике [354. С. 78–79], занимался поиском нелинейных оптических эффектов. Он описал оптическую нелинейность в монографии «Микроструктура света» (1950) и, по-видимому, первым ввёл

⁴⁶⁸ «Крупный физик, он был также и общественным деятелем в высшем значении этого слова в эпоху, которая не только не предполагала, но и активно противодействовала служению обществу, человеку», – пишет о советском времени биограф С.И. Вавилова [354. С. 78]. (Его брат Н.И. Вавилов (1887–1943), выдающийся биолог, был оклеветан, арестован и умер от голода в саратовской тюрьме НКВД.) В отличие от многих, С.И. Вавилов искал решение вопроса о природе света на стыке физики и физиологии. Он решил использовать (1920) глаз в качестве абсолютного фотоприёмника. Глаз, начиная с некоторой порогового (и довольно точно измеряемого) уровня потока энергии, теряет способность воспринимать свет. В итоге измерений (в то время непревзойдённых по точности) он с коллегами установил статистический характер наблюдавшихся флуктуаций, согласующийся с квантовой концепцией. Более того, неожиданным плодом опытов 1934 г. стал новый феномен: излучение Вавилова–Черенкова. Оно возникает, когда скорость летящих корпускул в веществе выше фазовой скорости (c/n) распространения света в нём [354. С. 79].

термин «нелинейная оптика» [299. С. 233]. Среди нелинейных оптических феноменов, например, вынужденный эффект Манделштама–Бриллюэна, светогидравлический эффект, явление самофокусировки, эффект многофокусности волнового пучка, явление трёх- и четырёхфотонного параметрического рассеяния света, явление многократной фокусировки электромагнитных волн, эффект самолокализации поля модулированных волн, явление резонансного комбинационного рассеяния света, эффект кооперативной сенсibilизации люминесценции, явление обращения волнового фронта света [69. С. 259; 79. С. 283–313].

В 1990-е гг. одним из магистральных направлений квантовой электроники и оптотехники стало появление оптико-волоконных усилителей и лазеров. В основе их изготовления лежало легирование⁴⁶⁹ кварцевых волокон редкоземельными элементами, чаще всего эрбием (Er) и иттербием (Yb)⁴⁷⁰. Усилители на волокне с Er кардинально изменили конструкцию волоконно-оптических систем связи, включая и тех, что используют распространение незатухающих световых импульсов. Появление последних обусловлено действием нелинейных свойств волокон. Около 2000 г. начинается новый этап развития нелинейной волоконной оптики. Его обеспечило применение фотонно-кристаллических волокон (узкая сердцевина, окружённая оболочкой с многочисленными воздушными отверстиями), обладающих повышенными нелинейными параметрами [355. С. 3–4].

На рубеже XX–XXI вв. – судя по многим признакам – началась «следующая научно-техническая революция», частью которой считаются появление и распространение нанотехнологий [85. С. 27–36, 57–87, 208–231; 305. С. 325–390; 323. С. 7–79].

⁴⁶⁹ Легирование (от нем. legieren < лат ligare – связывать, соединять; отсюда «лига» – союз, сообщество) – введение заданных примесей в материал для изменения его свойств, например для повышения проводимости полупроводниковых кристаллов.

⁴⁷⁰ Эрбий, иттербий и иттрий (Y) названы по минералу иттербиту (гадолиниту; эпоним – финский химик и минералог Ю. Гадолин (1760–1852)), найденному около селения Иттербю в Швеции.

Откуда родом идея нанотехнологии? Размышляя над истоками её, Г. Эрлих ссылается на «Естественную историю» римского учёного и писателя Плиния Старшего (23 или 24–79). В ней описан рецепт усмирения морских волн во время бури, известный уже древнегреческим и римским мореходам: вылить масло на поверхность воды. Б. Франклин обратил внимание на эффект такого действия как проницательный физик в 1757 г., когда в качестве посла американских колоний Великобритании (до провозглашения независимости США оставалось ещё 19 лет) плыл на корабле. Заинтересовавшись этим явлением, Франклин провёл натурные эксперименты и в 1774 г. (в журнале *Philosophical Transactions*) рассказал, что ему удалось одной чайной ложкой масла (допустим, 1 см^3) успокоить волнение в пруду на площади приблизительно 100 м^2 . Можно проверить, что толщина слоя масла в этом опыте равна 10 нм. Слой этот Г. Эрлих называет первым объектом нанометровых размеров, изучаемым естествоиспытателями. И добавляет: «Символично, что *нанообъекты* вступили в мир науки в связке с *технологиями*. Такой уж человек был Бенджамин Франклин, что все свои научные изыскания он старался довести до практического результата, более того, выполнял их именно с ориентацией на практику» [305. С. 26].

Следующей вехой стало открытие адсорбции⁴⁷¹ – поглощения различных веществ из жидких растворов или из газов поверхностным слоем. Благодаря *случаю*, его совершил (1785) Т.Е. Ловиц (1757–1804), русский химик немецкого происхождения⁴⁷². Ад-

⁴⁷¹ От лат. ad – на, к + sorbere – поглощать, всасывать.

⁴⁷² Кристаллооптика обязана Ловицу первой систематизацией кристаллов и 288-ю восковыми моделями их возможных форм. В труде «Симметрия правильных систем фигур» (1890) русский геометр, петрограф, минералог и геолог Е.С. Фёдоров (1853–1919) классифицировал пространственные группы, подведя под кристаллографию математическую базу. Он открыл 230 групп (так называемые фёдоровские группы), т.е. Ловицу принадлежит довольно точное «первое приближение» [305. С. 36]. Идеи, как известно, носятся в воздухе науки: немецкий математик А.М. Шёнфлис (1853–1928) – *независимо* от Фёдорова – методами теории групп тоже решил задачу классификации всех кристаллических решёток (1890–1891) [243. С. 574].

сорбция быстро стала одним из универсальных приёмов в технологии [91. С. 147; 305. С. 34]. Повторив опыты Франклина с масляной плёнкой, Рэлей (1890) оценил размер молекулы: около двух нанометров [305. С. 29]. В 1916 г. американский физик И. Ленгмюр (1881–1957) вывел простейшее уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции (запечатлевшее его имя). Как пишет Д.И. Трубецков, Ленгмюр, если выразаться современным языком, занимался нанотехнологиями. В 1959 г. американский физик-теоретик Р. Фейнман (1918–1988) в своей лекции «Внизу полным-полно места: войти в новый мир физики», предсказал перспективы, какие откроет «сборка» материалов на атомном или молекулярном уровне. В 1974 г. японский физик Н. Танигучи впервые употребил *термин* «нанотехнологии». Он прогнозировал, что к 2000 г. точность обработки материалов достигнет нанометрового диапазона [221. С. 92]. В июле 1990 г. в Англии вышел первый номер журнала *Nanotechnology*, что способствовало популярности и термина, и самой идеи [323. С. 231–232].

Ранее мы говорили о формировании в наше время синтетической технонауки, о НБИКС-технологиях (NBICS: Nano-, Bio-, Info-, Cognito-, Socio) [85. С. 78–80; 86. С. 230–236; 87. С. 9–10]. В этом бурном и многовекторном процессе взрывное развитие знаний различного рода продолжает взаимодействовать с квантовой электроникой и лазерной физикой. Так, возможности формирования структур, имеющих пространственный масштаб в десятки и даже единицы нанометров, обеспечивают расширение спектра длин волн, излучаемых вследствие лазерного эффекта [356. С. 20–25, 96–97]. К числу таких устройств относятся твердотельные лазеры на квантовых ямах и лазеры на квантовых точках [356. С. 287–296, 301–308, 517–543; 357. С. 322–332, 338–343; 358. С. 267–276].

Таким образом, оптика, будучи одним из древнейших направлений в изучении природы [313], входит в состав технонауки, например в форме нанобиофотоники.

Контрольные вопросы

1. Чем примечательна, на Ваш взгляд, этимология слова «свет»?
2. У каких народов космогонический сюжет связан именно с огнём?
3. Какие смысловые нюансы Вы различаете в латинских словах *lux* и *lumen*?
4. Какие доводы выставляет Г.Д. Гачев, вводя метафору «национальный свет»?
5. Кто первым практиковал зажигательное действие солнечного света, вызываемое собирательными линзами и зеркалами?
6. Каков принцип действия линзы, какова этимология слова «линза»?
7. Как понимали в Античности выражение «свет очей», и как его токуют биофизики?
8. В чём оптическая концепция Альхазена противостояла Пифагору, Платону, Евклиду?
9. Какова этимология термина «камера-обскура» и каково его содержание?
10. Чем ценен для оптики вариационный принцип Ферма?
11. Кто ввёл термин «фокус» в оптику, каков его смысл и этимология?
12. Кто из оптиков первым стал объяснять радуку преломлением света в каплях?
13. Что Вам известно об изобретении очков?
14. Каков смысл термина «аккомодация» и какова его этимология?
15. Кто считается первым исследователем явления сферической аберрации?
16. Как называлась первая академия наук в Риме и почему?
17. Где была изобретена подзорная труба, и чем был вызван интерес Г. Галилея к ней?
18. Какую возрожденческую линию в оптике продолжил Дж.Б. де ла Порта?
19. Кто такие анималкулисты и овисты в естествознании?
20. Какой оптический прибор носит имя И. Кеплера?
21. В чём А. Эйнштейн видит особую заслугу И. Кеплера?
22. Какое построение привело Р. Декарта к закону преломления, где используют синусы углов?
23. Кто из современников Р. Декарта первым проверил правильность его доказательства закона преломления?
24. Кто ввёл понятие показателя преломления света как $n = c_1/c_2$ и стал первым оперировать им в своей теории?

25. Кто ввёл в оптику положение: цвет есть физико-физиологическое явление?
26. Каков смысл понятия оптической оси в двулучепреломляющем кристалле, и кто его ввёл?
27. Чем метафизика отличается от физики?
28. Кто первым доставил опытные доказательства конечной скорости света, и кто их верно объяснил?
29. Кто изобрёл первый осциллограф (осциллометр)?
30. Какие идеи и теории повлияли на искусство в начале 1900-х гг., вызвав к жизни художественный авангард?
31. Кому принадлежит догадка о том, свет есть распространение движения?
32. Кто автор волновой концепции света?
33. Кто считается автором аналогии между светом и звуком?
34. В чём состоял «великий спор о природе света» между Ньютоном и Гюйгенсом?
35. В чём Вы видите заслуги Х. Гюйгенса перед оптикой?
36. Какую линзу правомерно считать тонкой?
37. В чём проявилась научная честность Х. Гюйгенса в отношении Ф. Гримальди и Р. Гука?
38. Какие волны создаёт электрический вибратор: поперечные или продольные?
39. Какую аберрацию Вы назовёте хроматической, и что означает это прилагательное?
40. Какую оптическую систему называют ахроматической?
41. Почему из своей модели дисперсии Ис. Ньютон заключил о невозможности создать ахроматические системы?
42. Кто был оппонентом Ис. Ньютона в споре о модели дисперсии?
43. Что означает термин «корпускула»?
44. Почему есть основания связать эйнштейновскую идею искривления световых лучей в поле тяготения с именем Ис. Ньютона?
45. Чем, по-Вашему, примечателен оптический эффект Бецольда–Брюкке?
46. Есть ли в физике пункт, где имена Ис. Ньютона и Р. Гука звучат в согласии?
47. Как Вы понимаете идею всеединства, и кто в России был её пропагандистом?

48. Кого можно считать «отцом» электрооптики как направления исследований?
49. Какие термины ввёл в русский научный лексикон М.В. Ломоносов?
50. Что такое фотометр?
51. Что такое гелиометр?
52. В чём Вы видите заслуги перед оптикой П. Бугера, И. Ламберта, А. Бера?
53. Чем, на Ваш взгляд, ценно «Учение о цвете» И.В. Гёте?
54. Какое открытие сделал Э.Л. Малюс?
55. Каков смысл термина «поляризация» света у Э.Л. Малюса и в современной оптике?
56. Кто открыл закон Био?
57. Кто изготовил «турмалиновые щипцы», и чем они полезны оптику?
58. Кто выдвинул гипотезу о поперечном характере световых волн?
59. Что в естествознании называют *experimentum crucis*?
60. В чём состоит принцип суперпозиции, и кто считается его автором?
61. О каком историко-научном сюжете напоминает Вам тройка имён: Т. Юнг, О. Френель, Ф. Араго?
62. Какую революционную идею высказал А.М. Ампер О. Френелю?
63. Какие опtotехнические достижения О. Френеля Вам известны?
64. Кто ввёл термин «потенциал»: Дж. Грин или К.Фр. Гаусс?
65. Кто открыл ультрафиолетовые лучи: У.Х. Волластон или И.В. Риттер?
66. Каков смысл и этимология термина «дихроизм»?
67. Чем рефрактометр отличается от гониометра?
68. Что такое окуляр?
69. Кому приписывают идею применить дифракционную решётку для анализа спектров?
70. Кто обнаружил интерференцию тепловых лучей?
71. Кто первым предлагал использовать электромагнитные явления для передачи сигналов?
72. Чем, по-Вашему, ценны для оптики «Диоптрические исследования» К.Фр. Гаусса?
73. Каков смысл понятия «параксиальный луч»?

74. Чем, по-Вашему, ценна для оптики «Теория систем лучей» У.Р. Гамильтона?

75. Кто предсказал эффект внутренней конической рефракции, и кто его экспериментально подтвердил?

76. Что Вам известно об изобретателях фотографии?

77. В чём состоит явление астигматизма глаза, и кто его обнаружил?

78. Что такое разрешающая способность (разрешающая сила) оптического прибора?

79. В каких показательных задачах не находила полного математического решения теория механического эфира?

80. Кто стоял у истоков спектрального анализа как средства исследований?

81. На какие результаты опирался тезис о несводимости природы электричества и магнетизма к механическим свойствам?

82. Кто обнаружил электромагнитные волны, и какова их структура?

83. Какие новые представления позволили объяснить аномальную дисперсию света?

84. Какие факты заставили пересмотреть границы применимости волновой трактовки природы света?

85. В чём состояла гипотеза М. Планка (1900)?

86. Как Вы понимаете двойственность природы света?

87. Кто считается автором термина «фотон» и какова его этимология?

88. В каких опытах наглядно демонстрируется реальность светового кванта?

89. Что Вам известно о роли Брэгга-младшего и Ю.В. Вульфа в изучении дифракции рентгеновских лучей?

90. Как Вы толкуете корпускулярно-волновой дуализм?

91. Как Вы толкуете понятие вынужденного испускания (излучения) фотона, постулированное А. Эйнштейном?

92. Чьи научные достижения проложили путь к созданию лазера?

93. Какие применения лазеров Вам известны?

94. Как Вы себе представляете происхождение идеи нанотехнологии?

95. Кто открыл явление адсорбции, и чем оно актуально для нанотехнологии?

96. Кто предложил термин «нанотехнологии», и какова этимология слова?

97. Как Вы понимаете выражение естествоиспытателей *experimentum crucis*?

Глава 6. Союз теории нелинейных колебаний и волн с оптикой

Пуанкаре и проблема устойчивости движения. Современная теория нелинейных колебаний обязана талантам А. Пуанкаре [209. С. 14; 50. С. 8]. Он исследовал разложения решений дифференциальных уравнений по начальным условиям и малым параметрам, а также построил качественную теорию интегрирования дифференциальных уравнений (1882–1886), изучил характер хода интегральных кривых на плоскости, классифицировал особые точки, дал приложение своих решений к знаменитой астрономической задаче трёх тел. Ценные результаты он получил в термодинамике, оптике, теории упругости, молекулярной физике, небесной механике (в частности, по проблеме устойчивости) и других областях⁴⁷³. Пуанкаре выдвинул принцип относительности в качестве всеобщего и строгого положения (1904–1905), ввёл термины «преобразование Лорентца» и «группа Лорентца», *независимо* от А. Эйнштейна заложил основы специальной теории относительности (1905) [69. С. 225; 224. С. 394–395; 243. С. 427–429].

Выделив А. Пуанкаре в ряду «величайших мыслителей-натуралистов последнего времени», В.И. Вернадский подчёркивает принципиальный аспект: «Пуанкаре указал, что истина в наших областях знания, охватываемых математическим анализом и логикой символов, многообразна. Одно и то же может быть выражено в виде нескольких, на первый взгляд различных законов, в действительности отмечающих разные стороны одного и того же явления». Здесь вот что первостепенно по значимости: многообразие «касается не только законов Космоса, не только получаемого натуралистами результата, но и касается и тех поводов, которые

⁴⁷³ Ф. Клейн пишет: «Пуанкаре представлял собой подлинного гения, который всюду с первого взгляда схватывает самое существенное» [292. С. 415].

заставляют нас, натуралистов, стремиться к достижению истины изучением Природы, – мотивов нашей научной деятельности». Вернадский обнаруживает общую основу: «В различных формах научных законов мы видим выражение одной и той же научной истины; в различных оправданиях научной работы как цели жизни мы видим проявление единой науки как всем обязательной единой формы искания научной истины» [359. С. 71–72].

Работы Пуанкаре, посвящённые научному творчеству в сфере математики, физики, а также «вечным» вопросам философии познания (например, о соотношении интуиции и логики), составляют и поныне источник профессионального самообразования исследователя. Приведём одно из его суждений, относящееся к предмету нашего изложения. «Изучая историю науки, – говорит Пуанкаре, – мы замечаем два явления, которые можно назвать взаимно противоположными: то за кажущейся сложностью скрывается простота, то, напротив, видимая простота на самом деле таит в себе чрезвычайную сложность» [360. С. 95].

Как известно, проблема устойчивости движения весьма актуальна для решения множества практических задач, но в то же время она весьма трудна. К ней было приковано внимание выдающихся учёных – от Ж.Л. Лагранжа до А. Пуанкаре. Фундаментальная проблема устойчивости материальных систем (1892) занимала значительное место среди успешных исследований представителя петербургской математической школы А.М. Ляпунова (1857–1918). Он получил также ряд существенных результатов в теории нелинейных дифференциальных уравнений, часто служащих моделями процессов в нелинейных системах, в разработке новых методов решения задач в различных областях математики [209. С. 14; 221. С. 101; 224. С. 300; 243. С. 330–331].

Развивая небесную механику в версии А. Пуанкаре, американский математик голландского происхождения Дж.Д. Биркгоф (1884–1944) вводит новые идеи в теорию динамических систем, применяя методы топологии⁴⁷⁴ и теории множеств. Он успешно

⁴⁷⁴ Топология (от др.-гр. *τοπος* – место + *λογος* – слово, учение) – раздел математики, имеющий своим назначением выяснение и исследование в рамках матема-

занимался вопросами устойчивости движения и сформулировал теоремы о неподвижных точках. Биркгоф установил новые классы движений (рекуррентные⁴⁷⁵, центральные), выявляя условия их возникновения, что способствовало прогрессу теории колебаний [224. С. 50; 243. С. 56].

Вакуумный триод – родитель радиотехники. В 1906 г. американский инженер-изобретатель Л. де Форест (1873–1961), увлечённый проблемой беспроводного телеграфа и стремившийся с 1900 г. усовершенствовать способ приёма волн Герца⁴⁷⁶, запатентовал трёхэлектродную газонаполненную лампу, которую он назвал «аудион»⁴⁷⁷. Позднее лампа де Фореста и её варианты стали широко известны в радиотехнике под именем вакуумного триода, или вакуумной радиолампы. А в 1915 г. де Форест получил патент на генератор звуковых волн с положительной обратной связью, где использовался ламповый триод [221. С. 93–98; 294. С. 116–119].

В 1910–1920-е гг. после создания вакуумной электронной лампы открылось новое поле для приложений теории колебаний – радиотехника. Однако к этому времени был разработан аппарат *линейной* теории, пригодный для изучения лишь гармонических ко-

тики идеи непрерывности. Интуитивно идея непрерывности выражает коренное свойство пространства и времени, а потому имеет фундаментальное значение для познания. В соединении с алгеброй топология (как некая разновидность геометрии) составляет общую основу современной математики, содействуя её единству [216. С. 582–583].

⁴⁷⁵ Рекуррентный (от лат. *recurrens* (*recurrentis*) – возвращающийся) – возвратный; рекуррентная формула – соотношение вида $a_{n+p} = F(n, a_n, a_{n+1}, \dots, a_{n+p-1})$, которое позволяет вычислять любой член последовательности, если заданы её первые p членов, например, такова геометрическая прогрессия. Термин «рекуррентность» ввёл (1720–1730) английский математик А. Муавр (1667–1754) [216. С. 525; 224. С. 337].

⁴⁷⁶ Нельзя не привести многозначительных деталей: в аспирантуре Л. де Форест учился у легендарного американского теоретика Дж.У. Гиббса (1839–1903), творца классической статистической физики и векторного исчисления в его современном виде. Позднее Де Форест просил (1897) взять его в коллектив работавшего в США Н. Теслы, выделявшегося своими успехами в электро- и радиотехнике, но, к сожалению, тогда у Теслы не было вакансий [69. С. 84, 260; 294. С. 113].

⁴⁷⁷ По-видимому, от латинского глагола *audire* – слышать.

лебаний и близких к ним. Ламповые же генераторы были принципиально *нелинейными* системами. Для них ещё не было соответствующего языка описания, а также общих математических средств анализа. Поэтому сначала разрабатывались частные приёмы решения при анализе новых ситуаций и приборов. Например, в 1907 г. немецкий физик Г.Г. Баркгаузен (1881–1956) поставил методологическую задачу о генерации незатухающих колебаний и изучил её на примере дугового генератора. В 1911 г. русский физик Н.Д. Папалекси (1880–1947), исследуя колебания в нелинейном устройстве, заменил нелинейную передаточную функцию системы *кусочно-линейной*. В 1919–1920 гг. Баркгаузен и его коллега К. Курц открыли сверхвысокочастотные (СВЧ) колебания в триодах. Они возникают, когда сетка лампы находится под положительным потенциалом относительно анода и катода, в силу чего часть испущенных катодом электронов может тормозиться постоянным электрическим полем, усиливая автоколебания [69. С. 24; 361. С. 14].

Ещё один важный прецедент: «В науке о колебаниях, – пишет Д.И. Трубецков, – с триодом ассоциируется ламповый генератор – классическая автоколебательная система, исследование которой в первую очередь связано с именами Ван дер Поля и Александра Александровича Андронова» [221. С. 98–99]. Ссылка на голландского физика и математика Б. Ван дер Поля (1889–1959) неизменно встречается в статьях, учебниках и монографиях, где рассматривается модель автоколебаний с одной степенью свободы

$$d^2x/d\tau^2 - \mu(1 - x^2)dx/d\tau + x = 0, \quad (8)$$

где x характеризует амплитуду колебаний в момент времени τ ; μ – положительный малый параметр. Нелинейное – поскольку содержит член $\mu x^2 dx/d\tau$ – уравнение (8), или уравнение Ван дер Поля (1920), записано в безразмерных переменных. Поэтому оно применимо не только к схеме лампового генератора с триодом (именуемого генератором Ван дер Поля), но и к другим ситуациям, связанным с автоколебаниями. Так, в 1928 г. он совместно с М. Ван дер Марком разработал первую модель работы сердца в

виде трёх связанных автогенераторов релаксационного типа [290. С. 25–28]. А около 1927 г. они изучали динамику генератора Ван дер Поля с частотой ω_0 собственных колебаний под воздействием периодического сигнала с частотой Ω , контролируя режим по звуку в наушниках. Исследователи констатировали явление синхронизации при некоторых рациональных значениях отношения $\Omega/\omega_0 \approx 1, 2$ и т.д., а также шумоподобные процессы при переходах между областями синхронизации. Вероятно, сообщение голландский учёных о таком шуме – первое документально зарегистрированное наблюдение в эксперименте хаотической динамики (так называемого детерминированного, или динамического, хаоса⁴⁷⁸) [222. С. 67–68; 50. С. 11]. Метод «медленно меняющихся коэффициентов», которые Ван дер Поль предложил для решения (8), а затем распространил на более общий случай, носит его имя. Метод очень плодотворно повлиял на эволюцию теории нелинейных колебаний [224. С. 89–90; 243. С. 93–94].

Колебания и волны повсюду. 1920-е гг. ознаменованы также проникновением методов математического анализа и представлений теории колебаний в сферу экологии и демографии. Благодаря книге «Элементы физической биологии» (1925) американского исследователя А. Дж. Лотки (1880–1949) и статье «Математическая теория борьбы за существование» (1927) итальянского мате-

⁴⁷⁸ Детерминированный (от лат. *determinare* – определять, обуславливать) хаос есть особая разновидность *упорядоченной* динамики, имеющей чёткое, хотя и сложное, «запутанное», строение. Как ни странно это звучит, он есть «структурированный беспорядок». Обычно детерминированный хаос толкуется как нерегулярное, аperiodическое изменение состояния (движение) динамической системы, обладающее основными свойствами случайного процесса [225. С. 397]. Детерминированным либо динамическим его называют, желая подчеркнуть, что хаос строго обусловлен, детерминирован свойствами динамической системы, а не случайными флуктуациями в ней. Причём имеет место сильная зависимость от начальных условий в системе. Синонимы хаоса: динамическая стохастичность, стохастическая динамика [51. С. 26–28]. Возможен также *пространственный* детерминированный хаос: статическое распределение в пространстве параметров среды либо физического поля, обладающее основными свойствами случайного распределения [362. С. 150–155].

матика В. Вольтерры (1860–1940) формируется модель динамики популяций в системе «хищник – жертва». В 1934–1935 гг. публикуются данные по экспериментальной проверке моделей, предсказывающих периодические колебания численности взаимодействующих популяций (двух видов инфузорий). Их предприняли Г.Ф. Гаузе, студент биологического отделения физико-математического факультета МГУ, и А.А. Витт, профессиональный физик и математик, погибший позднее в советском концлагере [224. С. 107–108; 290. С. 38–50].

В 1920-е гг. сильная научная школа Л.И. Мандельштама сложилась в Московском университете. Мандельштаму, превосходно знавшему труды лорда Рэля, была близка его установка на раскрытие *единства* разнородных (с физической точки зрения) колебательных явлений [361. С. 13]. Мандельштам и Папалекси начинали свои исследования в Страсбурге под руководством К.Ф. Брауна. Он не только внёс существенный вклад в становление радиотелеграфии, но и «уделял много внимания физике колебаний вообще, проводя аналогии между механическими колебаниями и колебаниями в оптике и электричестве. Именно он начал ту “колебательную взаимопомощь” между различными разделами физики, о которой потом неоднократно говорил Л.И. Мандельштам» [143. С. 108]. Благодаря тому, что Мандельштам развивал идею целесообразности опоры на это единство в физических исследованиях, возник особый раздел теоретической физики. В нём феномены классифицируются и изучаются не по внешним признакам (скажем, твёрдое тело, газ, движение молекул), а по *общим* колебательным и волновым законам (причём количественно выражаемым) [361. С. 13]. В этом состояло методологическое преимущество его научной школы (чьи творческие интересы охватывали, в частности, радиофизику, оптику, колебательные процессы в системах различной природы). Раньше же полагали, что нелинейные явления должны изучаться для каждой конкретной системы отдельно [50. С. 12].

В МГУ Л.И. Мандельштам прочёл первый в России курс лекций по теории колебаний (1930–1932). Как считает П.С. Ланда, его

лекции и последующая книга «Колебания и волны» (1950) его ученика Г.С. Горелика (1906–1957) до сих пор служат образцом единого подхода к колебательным и волновым явлениям. Такой интегрирующий подход развивал Н.Д. Папалекси, связанный с Мандельштамом дружбой, общими творческими проектами и достижениями, а также ученики Мандельштама С.М. Рытов (1908–1996) и С.П. Стрелков (1899–1968) [143. С. 108; 209. С. 14; 224. С. 206, 239, 256]. Близким сотрудником Мандельштама был также оптик Г.С. Ландсберг (1890–1957). Они вместе – *независимо* и несколько раньше индийских физиков Ч.В. Рамана (1888–1970) и К.С. Кришнана (1898–1961), исследовавших жидкости, – открыли (1928) явление *комбинационного рассеяния света* в кристаллах.

Ещё в 1918 г. Мандельштам пришёл к выводу, что процессы возникновения и рассасывания флуктуаций плотности в материальной среде должны повлечь модуляцию амплитуды световых волн, рассеянных флуктуациями. Следовательно, в спектре рассеянного (прошедшего через среду) света должны появиться дополнительные компоненты. Мандельштам не располагал аппаратурой, чтобы поставить тонкие эксперименты для проверки предсказаний, и потому его статья появилась лишь в 1926 г. Французский физик Л. Бриллюэн (1889–1969) напечатал работу (1922), где использовал часть теоретических материалов Мандельштама. Описанный феномен *рассеяния света на флуктуациях плотности* вещества позднее был экспериментально обнаружен и получил название эффекта Мандельштама–Бриллюэна [69. С. 46, 145, 153, 227; 363. С. 173, 175–176]. Л.И. Мандельштаму принадлежит особое место в истории отечественной науки ещё и потому, что он был большим авторитетом в сфере нравственности [364. С. 253]. Он никогда не занимал административных должностей, а его влияние на советскую физику было в первую очередь педагогическим и моральным⁴⁷⁹ [143. С. 104].

⁴⁷⁹ Лет шесть-семь назад к одному из авторов пособия студент обратился с вопросом: что значит быть моральным человеком сегодня в России? На него, вероятно, возможны разные реакции. 1) Заповедью древнееврейского учителя: делай другим лишь то, что ты желаешь, чтобы они делали тебе. 2) Принципом Им. Канта: «Поступай так, чтобы человек ни в твоём лице, ни в лице всякого другого не был

В конце 1920-х гг. ученик Мандельштама А.А. Андронов, обладавший высокой математической культурой, установил, что так называемые предельные циклы, введённые А. Пуанкаре (1881) вне всякой связи с техникой, есть математический образ периодических автоколебаний. А для анализа автоколебательных систем Андронов привлёк аппарат теории устойчивости, построенный (для нужд небесной механики) А. Пуанкаре и А.М. Ляпуновым. В результате Андронов выявил условия и момент, когда – при изменении параметров системы – возникают автоколебания. Эту ситуацию называют бифуркацией рождения цикла (иначе бифуркацией Пуанкаре–Андропова–Хопфа либо сокращённо: бифуркацией Хопфа: по имени американского математика немецкого происхождения Э. Хопфа (1902–1983), который построил (1942) теорию этой бифуркации для систем произвольного порядка). Позднее (1931) Мандельштам и Андронов узнали: ещё в 1885 г. французский математик и инженер А.Ш.В. Леотэ (1847–1916), вероятно не знакомый с соответствующей работой А. Пуанкаре (1881), изучая автоколебания в устройстве авторегулирования, построил для него предельные циклы (естественно, не давая им этого названия). Показательно, что они в своих публикациях неизменно ссылались на пионерские работы Леотэ, незаслуженно забытые к 1930-м гг.

Неким рубежом в истории нелинейной физики оказалась монография «Теория колебаний» (1937), написанная Андроновым совместно с А.А. Виттом (его имени не было на обложке первого издания, так как Витт был уже арестован: характерная советская

употреблён в качестве *средства*). 3) Сентенцией, какой с нами когда-то поделился М.П. Покровский, преподаватель Горного института из Екатеринбурга: «Если надо *объяснять*, то – **не** надо объяснять». То есть существуют материи, до которых вменяемый субъект годам к 16–19 обязан додуматься самостоятельно, сдав тем самым тест на умственную и нравственную полноценность. А если он тест провалил, то уже бесполезно его вразумлять. 4) Ёмким выражением Н.С. Лескова (1831–1895), писателя, любовно и критически представившего русские типы XIX в. По существу, Лесков внятно указывает на *infimum moralis*, нижнюю грань достойного поведения. Если бдительно помнить о ней и не переходить её, то некий минимум моральности обеспечен. Так вот, по Лескову, нельзя записываться в «добровольцы оподления».

традиция) и С.Э. Хайкиным. Приём, оказанный этой монографией читателями-физиками на Западе, подтвердил суждение Андронова: центр исследований в сфере нелинейных колебаний в 1907–1921 гг. находился в Германии, затем в 1922–1929 гг. переместился в Голландию, а приблизительно с 1930 г. он находится в нашей стране, в первую очередь, благодаря научным заслугам и методологической дальновидности Л.И. Мандельштама [50. С. 12; 209. С. 14–15; 221. С. 100–103; 224. С. 283; 361. С. 15–17, 21–22, 75]. Почти независимо от работ научной школы Л.И. Мандельштама и А.А. Андронова [365] математическую базу нелинейной теории колебаний формировали исследования творческих групп в Академии наук, руководимых Н.М. Крыловым (1879–1955), Н.Н. Боголюбовым (1909–1992) [366. С. 55–59], его учеником Ю.А. Митропольским (1917–2008), Н.Н. Моисеевым (1917–2000) и др.

Преимущество позиции Мандельштама, Андронова, Витта и ряда их коллег в 1930-е гг. (как стало ясно позже) состояло в том, что нелинейным явлениям они отводили весьма значительное место в природе. Не нелинейность является вырожденным случаем линейности, а наоборот, линейность – по отношению к нелинейности. Поэтому закономерно, что в 1930-е гг. Мандельштам полагал актуальным воспитание у физиков особой нелинейной культуры мышления [143. С. 109–110].

Феномен Белоусова. А вот распространение моделей теории колебаний в сфере химической кинетики произошло с некоторой задержкой. На первый взгляд, это несколько странно: ведь о химических колебаниях сообщали многие экспериментаторы. Так, упоминавшийся английский естествоиспытатель XVII в. Р. Бойль наблюдал периодические вспышки при окислении паров фосфора. Бойль, добавим, высказал мысль о сложности белого света и открыл цветные кольца в тонких слоях (впоследствии названные, однако, кольцами Ньютона) [69. С. 37]. В 1828 г. немецкий физик, физиолог и философ Г.Т. Фехнер (1801–1887) описал колебания электрохимической реакции. Касаясь истории данного вопроса, авторитетный биофизик С.Э. Шноль приводит цепочку дат, когда публиковались исследования этого явления: 1833, 1834, 1855 (книга

германского химика-органика Ф.Ф. Рунге (1794–1867) [367. С. 385]), 1874, 1894, 1896 (немецкий специалист по коллоидной химии и фотограф Р.Э. Лизеганг (1868–1947) открыл концентрические пространственные либо ритмически переменные полосы в ходе осаждения при диффузии в коллоиде, позднее названные кольцами Лизеганга) [304. С. 150–151]. В области периодических химических реакций работал также (1897–1899) В.Ф. Оствальд. Его исследования продолжили Э. Брауэр (1901), А. Адлер (1912), а Э.С. Хеджес и Дж. Майерс в книге 1926 г. дали обзор литературы по периодическим процессам в физической химии. По словам С.Д. Хайтуна, все эти работы, однако, большого интереса в научном сообществе не вызвали [368. С. 163]. Добавим, что на эту тему в 1913 г. вышла брошюра немецкого физикохимика Р.К. Кремана, в 1916 г. – монография отечественного (био)физика П.П. Лазарева (1878–1942), в 1938 г. издательство АН СССР выпустило монографию Ф.М. Шемякина и П.Ф. Михалёва «Физико-химические периодические процессы». В 1939–1941 гг. наш физик-теоретик Д.А. Франк-Каменецкий (1910–1970) объяснил колебательную люминесценцию паров фосфора (на основе кинетической модели (1920) А. Лотки) и рассмотрел возможности колебательных режимов в гомогенных химических системах. Его ученик И.Е. Сальников предложил (1947) механизм колебаний в этой системе [304. С. 151, 153].

Некий парадокс заключается в том, что В. Оствальд при изучении нестационарных процессов и в своей «Современной натурфилософии» (1914) очень близко подошёл к синергетической концепции. По мнению историков его творчества, Оствальду «не хватало лишь подходящего термина, в данном случае термина для (временной) диссипативной структуры⁴⁸⁰, зато другие термины,

⁴⁸⁰ Диссипативный (лат. *dissipatio* – рассеивание, расточение) – связанный с диссипацией. Диссипация энергии – переход энергии упорядоченного движения (допустим, электрического тока) в энергию беспорядочного движения частиц, главным образом – в тепло. Диссипацию влекут процессы диффузии, вязкости, трения, теплопроводности и т.п. Диссипативная структура (термин И. Пригожина) возникает в итоге процесса самоорганизации в нелинейной неравновесной материальной среде, через которую протекает поток тепла либо излучения, либо вещества и т.п.

как, например, “подвижное равновесие” для стационарного состояния или “саморегуляция”, он создал сам, хотя они были забыты и заново введены Людвигом фон Берталанфи⁴⁸¹ и Норбертом Винером⁴⁸²» Причём «приоритет Оствальда в кибернетике не исчерпывается лишь одним термином» [370. С. 39].

Рубежным оказалось открытие (1951) военным химиком Б.П. Белоусовым (1893–1970) гомогенной химической реакции (окисление лимонной кислоты броматом (HBrO_3) в присутствии ионов церия Ce^{4+}), сопровождающейся регулярным изменением окраски раствора [371. С. 254–255]. С конца 1940-х гг. он искал способы вывода радионуклидов⁴⁸³ из организма человека. В связи с этим Белоусов изучал так называемый цикл Кребса⁴⁸⁴, которому в живой клетке подчиняется обмен веществ. В чём была приоритетность «периодически действующей» реакции, как выражался Белоусов об открытом феномене?

Но для осуществления процесса самоорганизации необходим противоположный (дезорганизирующий) – диссипативный фактор, т.е. рассеивающий энергию в среде [12. С. 237, 239].

⁴⁸¹ Л. фон Берталанфи (1901–1972) – австрийский биолог-теоретик и философ, выдвинул общую теорию систем [44], дополнив математическими моделями концепцию русского врача, философа и писателя А.А. Богданова (настоящая фамилия Малиновский, 1873–1922). Богданов построил (1913–1928) науку об общих принципах организации, назвав её тектологией (от др.-гр. $\tau\epsilon\kappa\tau\omicron\nu$ – плотник, строитель; мастер [4. Стб. 1233]). Ряд понятий Богданов заимствовал из конкретных дисциплин, другие создал сам; третьи, привлечённые им «для описания нового видения мира, существовали в науке того времени на периферии, но зазвучали лишь значительно позднее (неустойчивость, необратимость, кризисы)» [369. С. 196]: терминология «выдаёт» новизну.

⁴⁸² Н. Винер (1894–1964) – американский математик, давший основные положения кибернетики как единой науки об управлении в природе, технике, обществе.

⁴⁸³ Нуклиды (от лат. *nucleus* – ядро) – общее название атомных ядер. Радиоактивный нуклид способен к радиоактивному распаду.

⁴⁸⁴ Английский биохимик Х.А. Кребс (1900–1981) открыл (1937) «малый трикарбоновый цикл»: путь окислительных превращений ди- и трикарбоновых кислот, которые образуются (в качестве промежуточных продуктов) при распаде белков, жиров и углеводов в организме животных [367. С. 230]. А «циклом» он называется не потому, что имеют место осцилляции во времени, но из-за того, что его образует последовательность реакций, *замкнутая* в окружность [372. С. 259].

Во-первых, в том (и это он сам отмечал), что «при её проведении в реакционной смеси возникает ряд скрытых, упорядоченных в определённой последовательности окислительно-восстановительных процессов» (цит. по: [372. С. 252]). Во-вторых, согласно С.Э. Шнолю, в краткой статье Белоусова «в самом общем виде» присутствует понятие *автокатализа*⁴⁸⁵, давно введённое В. Оствальдом (1890), но в 1950-е гг. ещё не ставшее лидирующим в биофизике (цит. по: [372. С. 253]). В-третьих, переходы $\text{Ce}^{4+} \rightarrow \text{Ce}^{3+}$ и $\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Ce}^{4+}$ могут быть названы автоколебаниями, а весь процесс может быть уподоблен работе маятниковых часов. В-четвёртых, реакция Белоусова оказалась плодотворным прецедентом для развития теории самоорганизации с позиций неравновесной термодинамики, за создание которой И.Р. Пригожин получил Нобелевскую премию (1977). Пригожин, видимо, независимо обратился к колебательным химическим реакциям в 1955 г. Позднее он назвал реакцию Белоусова одним из важнейших открытий XX в. [372. С. 249, 253–254; 304. С. 150, 153; 368. С. 163]. Физик-теоретик Ю.Л. Климонтович (1924–2002) считает, что результат Белоусова служил для Пригожина «ярким примером развиваемой в то время теории самоорганизации в открытых системах, теории диссипативных структур» [366. С. 86]⁴⁸⁶.

⁴⁸⁵ Автокатализ (от др.-гр. $\alpha\upsilon\tau\omicron\varsigma$ – сам + $\kappa\alpha\tau\alpha\lambda\upsilon\sigma\iota\varsigma$ – разрушение, распушение) – ускорение химической реакции одним из её продуктов, играющим роль катализатора. Автокаталитическую реакцию открыл (1861) русский химик-органик А.М. Бутлеров (1828–1886). Он обнаружил самоконденсацию формальдегида под действием гидроксидов щёлочно-земельных металлов, свинца или олова с образованием смеси углеводов (формозы). Бутлерова реакция пригодна для получения пищи в системах жизнеобеспечения космических кораблей [371. С. 338]. Американские химики А. Гуотми и Р. Каннигхем открыли (конец 1950-х) автокатализаторы, которые со временем совершенствуются, способствуя образованию всё более сложных продуктов. Химик из МГУ А.П. Руденко обнаружил (1964), что в указанных реакциях возможен *естественный отбор* тех центров катализа, которые обладают максимальной каталитической активностью. Руденко построил (1969) теорию саморазвития, самоорганизации и самоусложнения открытых каталитических систем [368. С. 163–166; 373. С. 78–79, 82].

⁴⁸⁶ Симптоматично, что на 7-м летнем симпозиуме Международного общества по философии химии (Тарту, 2003), посвящённом памяти И. Пригожина, два доклада

Хотя эксперименты Б.П. Белоусова наглядно демонстрировали возможность колебаний величины концентрации, его статью об этом феномене отвергли (1951 и 1955) два ведущих химических журнала в СССР. Вероятно, сочли его ошибкой либо странной аномалией⁴⁸⁷. Комментируя этот факт (к сожалению, не столь уж исключительный в истории науки), Г.Г. Малинецкий подчёркивает (ссылаясь на недавнюю книгу В.И. Быкова «Моделирование критических явлений в химической кинетике»), что в упоминавшейся выше книге Ф.М. Шемякина и П.Ф. Михалёва список цитированной литературы содержал более 900 названий. И всё же ещё 20 лет большинство высококвалифицированных исследователей не воспринимало колебательные химические реакции как важнейший феномен... [47. С. 112].

Лишь в середине 1950-х гг. выпускник МГУ биохимик С.Э. Шноль, работая над биохимией колебательных процессов и не зная о реакции Белоусова, вскоре знакомится с ним. Он настаивает на публикации материалов Белоусова (1959): три страницы в сборнике рефератов по радиационной медицине Института биофизики. С 1961 г. (по предложению С.Э. Шноля) реакцией Белоусова занялся А.М. Жаботинский (1938–2008), аспирант С.Э. Шноля в МГУ. Зная теорию колебаний, он построил (1963) для реакции математическую модель концентрационных автоколебаний. После публикации его модели появился термин «реакция Белоусова–Жаботинского», или BZ-reaction [304. С. 155, 158–162, 165; 375. С. 225–226, 244]⁴⁸⁸. С точ-

были посвящены истории и философскому осмыслению колебательных химических реакций, ставших базовыми моделями сложных природных процессов [374. С. 176].

⁴⁸⁷ По ряду свидетельств, Б.П. Белоусов охотно показывал сослуживцам (в Институте биофизики АМН СССР) свою колебательную реакцию. «Люди смотрели, изумлялись, но, как правило, не видели в ней научного достижения» [372. С. 258]. По словам Ю.Л. Климонтовича, история реакции Белоусова показывает, «сколько важен и ответствен труд рецензента при оценке работ, содержащих оригинальные идеи и результаты. <...> У меня нет сомнений, что мнение И. Пригожина как рецензента о работе Б.П. Белоусова было бы положительным» [366. С. 86].

⁴⁸⁸ В учебном пособии [376. С. 65] читаем: Б.П. Белоусов «смог продолжить исследования совместно с А.М. Жаботинским». Однако авторы [304; 372. С. 258; 375], освещая обстоятельства открытия и осмысления BZ-reaction, не приводят

ки зрения теории колебаний, элементарные химические реакции – в противоположность VZ-reaction – являются *аперiodическими* релаксационными процессами [409. С. 428].

Детерминированный хаос: постепенное осознание парадокса. Всплеск интереса к феномену колебаний был также вызван открытием того факта, что процессы в автоколебательных системах могут быть не только периодическими, но и хаотическими. Важный вклад в это открытие внесли работы Ю.И. Неймарка⁴⁸⁹, ученика А.А. Андропова, полученные методом точечных отображений (1958). В развитии представлений о хаотической динамике большую роль сыграли во второй половине XX в. А.В. Гапонов-Грехов, М.И. Рабинович, Л.П. Шильников и другие, состоящие в родстве с научной школой Андропова [209. С. 14–15; 50. С. 13; 365. С. 124–137].

В 1963 г.⁴⁹⁰ Journal of Atmospheric Sciences опубликовал статью «Детерминированное неперiodическое течение» американского исследователя Э.Н. Лоренца (1917–2008). Он стремился показать, что часто возникающая в атмосфере *турбулентность*⁴⁹¹ может быть в принципе описана гидродинамическими уравнениями Навье–Стокса⁴⁹². Он рассматривает тонкий слой вязкой несжимаемой жидкости с учётом подогрева извне, приводящего к *термоконвекции*⁴⁹³ Рэлея–Бенара⁴⁹⁴ [209. С. 411–412]. Проведя вычислительные

никаких фактов, доказывающих, что в 1960-е гг. Белоусов продолжал исследования *совместно* с Жаботинским.

⁴⁸⁹ О роли Ю.И. Неймарка в отечественной науке см. [365; 377. С. 6–8] и некролог [378].

⁴⁹⁰ Согласно его биографу, вычисления на ЭВМ, свидетельствовавшие о хаотическом поведении модели, Э.Н. Лоренц выполнил зимой 1961 г. [222. С. 25–27].

⁴⁹¹ Турбулентность (от лат. turbulente – беспокойно, бурно, без порядка) – перемешивание потоков, «бурление» жидкости.

⁴⁹² К.Л.М.А. Навье (1785–1836) – французский инженер и механик, один из отцов теории упругости [224. С. 340]. Дифференциальные уравнения движения несжимаемой жидкости, а также уравнения упругости для трёхмерного пространства (1821) вывел Дж.Г. Стокс [243. С. 372].

⁴⁹³ Конвекция (от лат. convectio – принесение, доставка) – перенос массы, теплоты зарядов при перемещении сплошной среды (жидкости, газа, сыпучих сред)

эксперименты на ЭВМ, Лоренц обнаружил: когда внешнее тепловое воздействие превышало некоторый порог, *ламинарное*⁴⁹⁵ течение утрачивало устойчивость. То есть конвективный (регулярный, упорядоченный) поток срывался в турбулентный (непериодический, хаотический). Иными словами, Э.Н. Лоренц обнаружил *необратимый*⁴⁹⁶ детерминированный хаос в метеорологической модели, образованной тремя дифференциальными уравнениями⁴⁹⁷ [50. С. 14, 43; 209. С. 417–418; 368. С. 143–147]. Для последующего развития теории колебаний – в методологическом отношении – была важна вскрытая им взаимосвязь между наблюдаемой слож-

[255. С. 380]. Естественная (свободная) термоконвекция возникает в поле силы тяжести при нагреве снизу. Причина конвекции в том, что нагретое вещество, имеющее меньшую плотность (по сравнению с плотностью окружающей среды), под действием силы Архимеда перемещается из относительно менее нагретого вещества в направлении, противоположном вектору силы тяжести. При стационарном подводе теплоты к веществу в нём возникают стационарные конвекционные потоки [295. С. 435]. Несколько забегаая вперёд, заметим, что в водных взвешях некоторых микроорганизмов (способных совершать активные плавательные движения) возможна *биоконвекция*: спонтанное возникновение пространственно-временных структур, похожих на те, что формируются при термоконвекции. Необходимо, чтобы глубина слоя взвеси и концентрация организмов превосходили некоторые пороги. Тогда все микроорганизмы преимущественно движутся вверх, т.е. против силы тяжести. Математическую модель биоконвекции построили (1975) В. Чилдресс, М. Левандовский и Е. Шпигель [209. С. 418–419].

⁴⁹⁴ Французский физик А. Бенар (1874–1939) обнаружил (1900) явление *самоорганизации*: формирование регулярных структур в нагреваемом снизу слое ($\approx 0,5$ см) минерального масла, налитого в сковороду (диаметр ≈ 20 см). При достижении критического числа Рэлея (критической безразмерной разности температур) в жидкости возникают вертикальные конвекционные потоки и образуются шестиугольные ячейки (так называемые ячейки Бенара). Такое течение называют (термо)конвекцией Рэлея–Бенара, поскольку теоретический анализ явления сделал Дж. Рэлей [379. С. 394–395].

⁴⁹⁵ Ламинарный (от лат. *lamina* – пластина) – слоистый, плоский; при ламинарном течении (в противоположность турбулентному) слои жидкости не перемешиваются, двигаясь параллельно друг другу.

⁴⁹⁶ Необратимый – в том смысле, что в модели Э.Н. Лоренца дифференциальные уравнения движения несимметричны по времени t , т.е. чувствительны к замене t на $-t$ [368. С. 126].

⁴⁹⁷ Русский перевод статьи появился в 1981 г. в сборнике «Странные аттракторы» [380].

ной динамикой и присущей системе *неустойчивостью* траекторий в её фазовом пространстве. Эту черту Э.Н. Лоренц выразительно назвал «эффект бабочки» (batterfly effect): в метеорологическом контексте ничтожный по мощности взмах крыльев бабочки способен через достаточное время вызвать существенное изменение погоды где-то совсем в другом месте планеты. Считают, что источником метафоры послужил научно-фантастический рассказ популярного американского прозаика Р. Брэдбери (1920–2012), где в сюжете с «машиной времени» демонстрируется зависимость настоящего от прошлого [50. С. 14].

Историк науки Р.Р. Мухин сообщает любопытную деталь: о первоначальном варианте статьи Лоренца ничего не известно. Но кто-то («к счастью для него», как пишет (2001) в очерке по истории моделей метеорологии А. Даан-Дальмедико) обратил внимание Лоренца на переведённый на английский язык (1960) уже ставший классическим труд В.В. Немыцкого и В.В. Степанова по качественной теории дифференциальных уравнений. Полученную им систему из трёх уравнений Э.Н. Лоренц подверг обстоятельному исследованию «во всеоружии мощных математических методов». Поэтому «открытие Лоренца имеет глубокие корни, его ни в коей мере нельзя назвать случайным, как это нередко утверждается в литературе (см., например: [222. С. 33]). Оно было неожиданным и не укладывалось в привычные представления» [226. С. 349].

Независимо и почти одновременно явления неустойчивости в квантовых генераторах (наглядно воплощающих идею самоорганизации, как её трактовал германский физик-теоретик Г. Хакен) начали исследовать в конце 1950-х гг. (В.М. Файн, 1957; А.С. Гуртовник, 1958; Х.Ю. Халдре, Р.В. Хохлов, 1958; А.Н. Ораевский, 1959). Вероятно, одна из первых публикаций о хаотических режимах в модели нелинейной динамической системы была посвящена одномодовому лазеру (А.З. Грасюк, А.Н. Ораевский, 1962 [381. С. 78]). Позднее её дополнили другие работы (В.В. Коробкин, А.В. Успенский, 1963; Е.Р. Були, Ф.В. Каммингс, 1964 [382. С. 101]). Но (констатирует С.П. Кузнецов) статья Э.Н. Лоренца, равно как работа А.Н. Ораевского, «не были своевременно замечены и оценены» [50. С. 14].

В 1964 г. французский исследователь М. Хенон (или Эно(н), Хено; р. 1931) и его дипломник К. Хейлес использовали вычислительный эксперимент на ЭВМ для изучения модели движения бинарной звёздной системы через галактический диск. Поскольку система испытывала возмущение извне, то она вела себя как система с *тремя* степенями свободы. Они обнаружили в этой модели *обратимый*⁴⁹⁸ детерминированный хаос [222. С. 192, 194, 197; 368. С. 140, 143].

Параллельно шли исследования в статистической физике с использованием построений, выполняемых в рамках гамильтоновой механики. В 1950 г. была (post mortem) напечатана монография Н.М. Крылова, посвящённая закономерностям устойчивости системы по отношению к малым возмущениям. Установлению соотношений между квазипериодическим и хаотическим процессом помогла созданная в 1950–1960-е гг. «теория КАМ». Здесь аббревиатура образована первыми буквами фамилий авторов-математиков: А.Н. Колмогорова (1903–1987), В.И. Арнольда (1937–2010) и Ю.К. Мозера (р. 1928), немецкого исследователя, работавшего в США⁴⁹⁹. Более глубокое понимание энтропии стало возможным после появления (1959) трудов А.Н. Колмогорова и Я.Г. Синая (р. 1935), что закрепилось в терминах «энтропия Колмогорова–Синая» (или «КС-энтропия»), «бильярд Синая» [50. С. 9–11; 384. С. 9, 10; 385. С. 93, 95]. Р.Р. Мухин подчёркивает, что в изучении стохастичности нелинейных систем в 1960-е гг. заметное место занимала Новосибирская научная школа (прежде всего Институт ядерной физики СО РАН). Её основоположником был Б.В. Чириков (1928–2008), разработавший критерий стохастичности гамильтоновых систем («критерий Чирикова»)⁵⁰⁰. Среди пионеров в исследовании хаоса в гамильтоновых системах выделяются

⁴⁹⁸ Обратимый в том смысле, что в их астрофизической модели дифференциальные уравнения движения симметричны по времени t , т.е. нечувствительны к замене t на $-t$ [368. С. 126]

⁴⁹⁹ Термин «теория КАМ» предложил (1969) Б.В. Чириков [383. С. 9].

⁵⁰⁰ О значении работ Б.В. Чирикова см. юбилейный очерк [386].

Р.З. Сагдеев (р. 1932), Г.М. Заславский (1935–2008), Ф.М. Израйлев [385. С. 67, 68].

В 1971 г. была напечатана статья «О природе турбулентности» бельгийского физика Д. Рюэля (р. 1935) и голландского математика Ф. Такенса, работавших во Франции. Как и Э.Н. Лоренц, они изучали условия в вязкой несжимаемой жидкости, при которых возникает турбулентность, используя уравнения Навье–Стокса с учётом подогрева. Но в отличие от Лоренца, Д. Рюэль и Ф. Такенс использовали аппарат теории множеств. Поэтому им впервые удалось связать явление турбулентности с наличием в фазовом пространстве динамической системы так называемого *странного аттрактора* (введённый ими термин), о котором речь пойдёт в дальнейшем. Такой подход содержал критику теории турбулентности советского физика Л.Д. Ландау (1908–1968), но в плане интерпретации перехода к турбулентности сам давал повод для критики [50. С. 15; 222. С. 63, 174–177; 368. С. 149]. Д. Рюэль вспоминает, что импульс к появлению этой статьи 1971 г. с Ф. Такенсом дало изучение ими «Механики сплошных сред» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица (1915–1985), где изложена идея Ландау перехода к турбулентности. Идея эта опирается на модель независимых или слабо взаимодействующих осцилляторов. Рюэль и Такенс предложили исходить из апериодического движения (вместо квазипериодического). Их подход оказался весьма общим, позволив выйти далеко за рамки исходной задачи [226. С. 350–351].

Позднее проявилась благотворная случайность: «встреча» статьи Лоренца со статьёй Рюэля и Такенса, которая произошла на письменном столе математика Ст. Смейла. Он изучал труды А. Пуанкаре, работал над проблемой динамического хаоса, и в прошлом его лекции слушал Д. Рюэль. Ст. Смейл осознал, что аттрактор Лоренца и есть тот самый странный аттрактор, возникновение которого у Д. Рюэля и Ф. Такенса полагалось причиной турбулентности [222. С. 63, 174–177; 50. С. 15; 368. С. 149]. Общепринятого, математически строгого определения странного аттрактора пока нет. О «странности» можно судить по его свойствам: у него нецелочисленная размерность, и он является фрактальным объектом (о фрак-

талах см. ниже); движение на странном аттракторе принципиально чувствительно к выбору начальных условий; при конечной размерности временной анализ частот демонстрирует их непрерывный спектр⁵⁰¹ [226. С. 352]. Надо сказать, что прогресс теории детерминированного хаоса оказал впечатление на гуманитариев: философов [387. С. 7–76], историков, социологов, психологов.

Фрактал – любимец Природы. И вот в 1975 г. происходит перелом в настроениях научного сообщества: начинается старт многочисленных исследований детерминированного хаоса. Именно тогда в Париже выходит книга еврейско-франко-американского математика Б. Мандельброта (1924–2010), посвящённая объектам с нецелочисленной (иначе дробной) размерностью, названная им *фракталами*⁵⁰². Популярно разъясняя идею фрактала, Мандельброт любил цитировать Дж. Свифта⁵⁰³: «Натуралистами открыты / У паразитов паразиты, / И произвёл переполох / Тот факт, что блохи есть у блох. / И обнаружил микроскоп, Что на клопе бывает клоп, / Питающийся паразитом, / На нём другой, *ad infinitum*⁵⁰⁴» (цит. по: [324. С. 348]).

⁵⁰¹ Как подчёркивает Р.Р. Мухин, «последнее свойство, может быть, выглядит наиболее “странным”». Ведь фазовое пространство динамической системы (описываемой набором гидродинамических уравнений) является конечномерным. А потому может описываться лишь конечным числом частот в спектре... Непрерывность же частотного спектра отражает неустойчивость движения на странном аттракторе [226. С. 352].

⁵⁰² Неологизм «фрактал» (the fractal) Мандельброт произвёл от англ. fractional – дробный < лат. fractus – раздробленный < лат. frangere – ломать, разламывать [96. С. 18]. Заметим, что А.С. Безикович в названиях и подзаголовках статей 1930-х гг. использует термин fractional dimensions, т.е. дробные размерности (например, [388]). Термин можно транслитерировать как «фракциональные» размерности. В литературе в качестве синонимов характеристики фрактала используют ряд терминов: размерность Хаусдорфа–Безиковича, дробная, фрактальная, нецелочисленная размерность. Многие из фракталов обладают свойством самоподобия (т.е. масштабной инвариантности): их части структурно подобны целому.

⁵⁰³ Дж. Свифт (1667–1745) – английский писатель, в чьём «Путешествии Гулливера» (1726) читатель находит гротескную, но злободневную сатиру на учёных, а также публицист и политический деятель.

⁵⁰⁴ Ad infinitum (лат.) – до бесконечности.

Наверное, не менее сильно восхищали Мандельброта положения грандиозного творения Г.-В. Лейбница «Монадология»⁵⁰⁵ (1714), частично цитируемые ниже.

«65. ...каждая часть материи способна к бесконечной делимости... из которых каждая имеет своё собственное движение; иначе не было бы возможно, чтобы всякая часть материи была в состоянии выражать весь универсум.

66. Отсюда мы видим, что в наималейшей части материи существует целый мир творений, живых существ, животных энтелехий⁵⁰⁶, душ.

⁵⁰⁵ Монада (от др.-гр. μοναδς – единица, неделимое, целое) – в (до)классической философии понятие, обозначающее фундаментальный элемент бытия. Термин введён в платоновской Академии как продолжение традиции пифагорейцев в рамках противопоставления единицы и двоицы (т.е. монады и диады, δυαδς). В философии Лейбница монады – неделимые духовные первичные элементы, лежащие в основе мироздания. Монада бесконечно мала, но, с точки зрения своей содержательности, она неисчерпаема, являясь «сжатой вселенной», трансформированной в «физическую точку». Здесь обычно указывают на параллель: гипотетическую космологическую модель XX в., согласно которой мир образован структурными единицами – фридмонами (назван в честь отечественного физика и математика А.А. Фридмана (1888–1925), доказавшего возможность существования нестационарной (расширяющейся) Вселенной [69. С. 284]). При восприятии извне фридмон функционирует как элементарная частица, при восприятии же фридмона изнутри – как галактика. Каждая монада находится на определённой стадии своего развития: она обусловлена своим прошлым и «беременет» будущим [4. Стб. 345; 10. С. 439–440].

⁵⁰⁶ Энтелехия (от др.-гр. ἐντελέχεια < ἐντελής – законченный, завершённый < τέλος – цель + ἔχω – имею, нахожусь в состоянии) – категория аристотелевского учения о целесообразности. Энтелехия есть нахождение-в-состоянии-полной-осуществлённости. Аристотель ввёл её (наряду с категорией «энергия», ἐνεργεια – деятельность; способность быть источником силы для осуществления некоторого действия), определяя сущность вещи через её цель (τέλος), высший смысл её бытия. В его «Метафизике» энергия означает переход от возможности к действительности, а энтелехия – конечный итог этого перехода [151. С. 768]. По Аристотелю, не только человеческая деятельность, но и объекты природы характеризуются целевой причиной в том смысле, что каждая вещь стремится к своей энтелехии, т.е. к самоосуществлению, свершению, реализации своей цели [10. С. 705–706]. На языке синергетики энтелехия есть структура-аттрактор [12. С. 139].

67. Всякую часть материи можно представить наподобие сада, полного растений, и пруда, полного рыб. Но каждая ветвь растения, каждый член животного, каждая капля его соков есть опять же такой сад или такой же пруд. <...>

69. Таким образом во вселенной нет ничего невозделанного, или бесплодного: нет смерти, нет хаоса, нет беспорядочного смешения, разве только по видимости; почти то же кажется нам в пруду на некотором расстоянии, с которого мы видим перепутанное движение рыб и, так сказать, кишение их, не различая при этом самих рыб» (пер. с фр. Е.Н. Боброва) [181. С. 425–426].

Не забудем, что модель Лейбница дарит нам не только генеральную идею, но и точную догадку о фрактальности биоструктур! Эстетически совершенные образцы фрактальной организации, включая хаотические фракталы, фрактальный рост, морфогенез⁵⁰⁷, в биологических объектах содержат книга академика Э.М. Галимова [389. С. 198–204] и учебник В.В. Исаевой [390. С. 76–129].

Для понимания познавательной ценности концепции фрактала полезно познакомиться с понятием «ситэ Мандельброта». Его ввёл (2004) Ю.В. Чайковский, расширяя область применения оригинального концепта «ситэ» (1972)⁵⁰⁸ французского математика А. Гротендика (р. 1928). La *sité* означает и город, и городок, и часть города, и даже общежитие. Поэтому *sité* «удобно для обозначения структуры, допускающей последовательное изменение масштаба с сохранением исследуемого свойства». Свой термин «ситэ Мандельброта» Чайковский трактует как «наблюдаемую в каждом масштабе структурированность». И добавляет: структурировано – значит, *не* перемешано. А коли нет перемешивания, то нельзя ввести вероятности – даже условные. Поэтому понятие «ситэ Мандельброта» шире понятия фрактала: *sité* «не включает ни самоподобия, ни дробной размерности (хоть и ориентировано на их опи-

⁵⁰⁷ Морфогенез (от др.-гр. *μορφή* – форма + *γένεσις* – происхождение) – процесс образования и последующих изменений формы, например организма.

⁵⁰⁸ Напомним, что с идеей фрактала Б. Мандельброт выступил через несколько лет, в 1975 г.

сание)». Оно описывает масштабно-инвариантные (внемасштабные) структуры и явления. Пример внемасштабного явления – развитие: как индивидуальное, так и эволюционное [8. С. 343–344].

А нельзя ли введённое Гротендиком понятие «ситэ» использовать для различения между собой тех пространств, где происходят интересные физика события? Ю.В. Чайковский сообщает, что такую возможность установил (1974) философ А.К. Акчурина, оценивший ёмкость термина «ситэ». Известно, что простейшим и первым изученным классом событий были механические движения. Основным их свойством (уяснённым раньше других) является предельный переход, дающий мгновенную скорость $v = dx/dt$ и мгновенное ускорение $a = dv/dt$. Движения, которым присуще такое свойство, называют гладкими. Они замечательны тем, что на достаточно малом отрезке t представимы прямыми линиями. Пространство с таким свойством (а оно послужило бессознательной основой классической физики) Акчурина назвал «ситэ Декарта». Лишь в самом начале XX в. понадобились новые ситэ. «Ситэ Планка» – для субмикромра, т.е. очень мелких явлений [8. С. 343].

Согласно А. Дзикаки, переход от Галилеевой науки (от «ситэ Декарта») к масштабам Планка означает, в частности, что «понятие *точки* отодвигается на задний план, а возникает понятие *струны*», или суперструны, которое выдвинуто при разработке проблемы происхождения пространства и времени [84. С. 143–144]. «Ситэ Эйнштейна» – для сверхбольших скоростей, длин и масс (термины Акчурина). В этих ситэ мир устроен иначе, чем мир Декарта: он не допускает величин меньше (либо, наоборот, больше) некоторых заданных [8. С. 343].

Напомним, что теорию множеств⁵⁰⁹ разработал немецкий математик Г. Кантор (1845–1918). Его коллега Ф. Хаусдорф (1868–

⁵⁰⁹ Г.Д. Гачев убедительно демонстрирует на примере математического термина «множество» неотделимость научной лексики от национального Психо-Космо-Логоса. «...по-французски это – ensemble – ансамбль = “собор”, целое социальное единство, соединение в; по-английски – set – “установление”, т.е. указывает на труд людей, их учреждение, операционность; по-немецки: die Menge – “куча”, “груда”»

1942) – «отец нестандартной размерности» (аттестация дана Б. Мандельбротом). Дело в том, что в статьях 1918–1919 гг. Хаусдорф ввёл понятие множества, размерность которого *не* обязательно целочисленна, т.е. размерность может быть не равна 1, 2, 3 и т.п., но составлять, скажем, 1,08 или 2,47. Далее эту идею развил работавший в Англии математик А.С. Безикович (1891–1970) – «мать нестандартной размерности», по шутливой оценке Б. Мандельброта⁵¹⁰.

Квалифицируя фрактал как один из ключевых неклассических объектов математики, историк науки Р.Р. Мухин напоминает, что фрактал – фундаментальное обобщение понятия *самоподобия*, или *масштабной инвариантности*. Смысл этого понятия ясен из цитированной шутки Свифта: свойство блохи кусать сохраняется неизменным, инвариантным, несмотря на уменьшение размера её. Самоподобие – «одно из оснований нашего миропонимания. Представления о нём появились в разных областях науки. В математике при анализе её основ – понятий числа и функции» – возникли конструкции, использующие идею самоподобия: множество Кантора, называемое канторовой пылью, кривая Пеано⁵¹¹, непрерывные

“толпа”, “сброд”, т.е. нет идеи единства, целого, как по-французски, а подчёркнута дискретность, квантованность составляющих частиц, недаром Menge сопряжено с mang – ср. англ. among – “между”, т.е. промежуток, пустоту (между двумя стенами), зазор; также и Mangel – недостаток, близкое к Not – нужда, необходимость, “нечто”» [19. С. 36].

⁵¹⁰ Советские власти отказывались давать Безиковичу разрешения выезжать в страны Европы по приглашениям математических центров на временную работу. Тогда он нелегально перешёл границу (1924). Работал в Копенгагене с братом Н. Бора, а с 1927 г. обосновался в Англии. В 1930-х гг. А.С. Безикович внёс ценный вклад в теорию дробных размерностей [286. С. 180–185; 290. С. 97, 98].

⁵¹¹ Дж. Пеано (1858–1932) – итальянский математик; в частности открыл, что всю теорию натуральных чисел можно вывести из трёх первичных понятий и пяти первичных предложений, помимо тех, которые относятся к чистой логике. Дал пример непрерывной кривой, целиком заполняющей квадрат (кривая Пеано) [224. С. 367]. Самоподобную кривую, построенную Дж. Пеано (он интересовался рекурсивными схемами) в ходе итерационных преобразований П-образной линии (конец 1880-х гг.), с интересом обсуждает (1890) немецкий математик Д. Гильберт (1862–1943) [391. С. 24, 27–28].

функции, ни в одной точке не имеющие конечной производной [226. С. 344]. Непрерывную, нигде не дифференцируемую функцию предложил (1830) Б. Больцано (1781–1848), чешский математик, философ, богослов [224. С. 58]. Эта рукопись, как и большинство его работ, не была при его жизни напечатана; лишь в 1920 г. её обнаружили в Венской государственной библиотеке, и позднее труд Больцано увидел свет [392. С. 53]. Прецедент непрерывной функции, не имеющей производной на всюду плотном множестве рациональных точек, создал немецкий математик К.Т.В. Вейерштрасс (1815–1897). Им построена (как принято считать, в 1861 г.), предъявлена коллегам (1872) и опубликована (1875) масштабно-инвариантная, т.е. самоподобная (если её отобразить графиком), негладкая непрерывная функция, имеющая очень сложную «пилообразную» структуру [391. С. 11–12; 392. С. 55]:

$$F_w(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a^n \cos(b^n \pi x), \quad (7)$$

где $0 < a < 1$; $b > 1$ – нечётное целое; $ab > 1 + 3\pi/2$ ⁵¹².

Конструкция фрактала оказалась действенным инструментом для понимания, количественного описания и дальнейшего изучения свойств детерминированного хаоса (особенно его геометрических образов в фазовом пространстве – аттракторов) [286. С. 180–185; 290. С. 97, 98; 222. С. 128–129; 50. С. 17; 368. С. 191–198]. Более того, в 2000-е гг. методологи заговорили о фрактальной логике [391], фрактальной картине мира [368], фрактальной модели по-

⁵¹² Здесь уместно привести обобщение А.А. Потапова – разработчика фрактальных подходов к проблемам радиофизики и смежных направлений. Для математиков – пишет он – класс непрерывных функций, не имеющих производной ни в одной точке, неизмеримо богаче класса функций с производными. «Но физики долго не соглашались с этим и воспринимали такие функции как уродливые порождения математической фантазии, не имеющие отношения к реальному миру» [392. С. 59–60]. Пожалуй, нечто подобное встречалось в первой половине XX в., а иногда встречается у некоторых физиков нынче: *нелинейность* материальных сред и систем они воспринимают как некое уродство, отклонение от «правильной» во всех смыслах линейности.

знания действительности [393], фрактальной парадигме⁵¹³ в современном естествознании [392] и т.п. В воспоминаниях нижегородского радиофизика Л.А. Островского о его феноменальном московском коллеге М.Л. Левине (1921–1992) приводится экспромт⁵¹⁴ (1987) Левина. Остроумнейший автор точно передаёт «методологическую одержимость» неопита⁵¹⁵ идеей фрактальности, стремительно входившей в научную моду тех лет. В цитируемом ниже отрывке Левин мягко пародирует пушкинского «Пророка»: «...С тех пор как Вечный Судия / Мне дал понятие фрактала, / Фрактальной стала жизнь моя / И новая пора настала: / От побережий до мозгов, / От Ричардсона до Перрена⁵¹⁶ / Веду фрактальный счёт шагов: / Фрактальны губка, сыр и пена... / Фрактальны Библия, Коран, / Собрание пёстрых глав⁵¹⁷ в Талмуде⁵¹⁸ / Ряды (Маклорен и Лоран⁵¹⁹) / И построенья Каца–Муди⁵²⁰)» (цит. по: [115. С. 219]).

⁵¹³ Парадигма (от др.-гр. *παράδειγμα* – пример, образец) – исходная концептуальная схема, модель постановки и решения проблем, господствующая в научном сообществе в определённый период.

⁵¹⁴ Экспромт (от лат. *exromptus* – находящийся в готовности, имеющийся под рукой < *exromto* – вынимать, выкладывать [2. С. 238]) – произведение (стихотворение, речь, рисунок и т.п.), созданное сразу, без предварительной подготовки; небольшая музыкальная пьеса в свободной форме.

⁵¹⁵ Неопит (от др.-гр. *νεοφυτος* – недавно насаждённый [4. Стб. 843]) – новообращённый в какую-то веру; новый сторонник какого-то учения, идеи.

⁵¹⁶ О.У. Ричардсон (1879–1959) – английский физик; в частности, установил (1901) зависимость плотности тока насыщения термоэлектронной эмиссии от температуры поверхности катода. Фр. Перрен (1901–1979) – французский физик; в частности, исследовал броуновское движение [69. С. 212, 234–235].

⁵¹⁷ «Собрание пёстрых глав» – строчка из пушкинского «Евгения Онегина».

⁵¹⁸ Талмуд (от др.-евр. «(из)учение») – свод догматических, религиозно-этических, юридических положений иудаизма. Их формирование и письменная фиксация шли приблизительно с IV–V вв. до н. э. до V в н. э., а комментарии экспертов добавляются вплоть до наших дней [394. С. 173–174].

⁵¹⁹ К. Маклорен (1698–1746) – шотландский математик, ученик Ньютона; в частности, нашёл (1742) интегральный признак сходимости числовых рядов и формулу суммирования степенных рядов (где известен ряд Маклорена). П.А. Лоран (1813–1854) – французский математик и военный инженер; ему принадлежит

История идеи самоподобия и фрактальности даёт повод процитировать то место в работе В.И. Вернадского, где он пишет, что всякому процессу изменения научного мировоззрения свойственны «*общие явления...: повторяемость одинаковых открытий и обобщений, условия убедительности того или иного научного положения, регрессивные течения, которые наблюдаются постоянно в научном движении. Точно так же в этом процессе всегда ясно взаимодействие науки с искусством, религией, философией, культурой и общественной жизнью*» [34. С. 65].

Хаос становится познавательной метафорой. В том же 1975 г. Г. Хакен показал, что с метеорологической моделью Э.Н. Лоренца совпадает в главных деталях и динамическая модель лазера (так называемая полуклассическая модель из трёх дифференциальных уравнений, идею которой выдвинул (1964) американский физик У.Ю. Лэмб (1913–2008)) [382. С. 101]. При изучении детерминированного хаоса рассматривались в основном две задачи: 1) Как динамические уравнения могут иметь решения со статистическими свойствами? 2) Как статистические свойства допускают возможность теоретического предсказания? Р.Р. Мухин указывает, что это направление исследований сошло с итерационными идеями, обещающая новые подходы к проблеме турбулентности. Одним из результатов стало выявление *сценария Фейгенбаума* [226. С. 354].

Лекция Ст. Смейла (1975) подтолкнула американского физика М. Фейгенбаума (р. 1944) изучать итерации, в частности, используя квадратичное дискретное отображение $x_{n+1} = \lambda x_n(1-x_n)$. Вскоре Фейгенбаум открыл неожиданный факт. Оказалось, что значения параметра $\lambda = \lambda_b$, при которых наступают бифуркации удвоения периода, сходятся к определённом пределу по закону *геометрической прогрессии* с показателем 4,6692016090. Иными словами, в нелинейных системах с потерями самого разного типа точки би-

теорема (1843) о разложении функции комплексного переменного, аналитической в круговом кольце, в ряд (теперь это ряд Лорана) [216. С. 721; 224. С. 294, 305].

⁵²⁰ В.Г. Кац (1924–1978) – киевский математик, разработавший независимо от Р.В. Муди (1967) обобщённый аппарат, получивший название «алгебра Каца–Муди».

фуркаций удвоения периода накапливаются к порогу возникновения хаоса именно по этому закону. Фейгенбаум построил теорию перехода к хаосу, объясняющую *универсальность* удвоения периода. Постоянная 4,6692016090 называется числом Фейгенбаума⁵²¹ [50. С. 16; 222. С. 232]. Любопытная историческая деталь: получением универсальной характеристики автоколебательных систем Фейгенбаумом обязан не компьютеру, а... карманному программируемому калькулятору. Те, кто до Фейгенбаума изучал итерации, получал решения автоматически и с высокой скоростью счёта. Поэтому геометрическая сходимость ранее никем не была замечена [226. С. 354].

Восприятие понятия детерминированного хаоса расширило понимание смысла случайности в динамических системах. В свою очередь, это повлияло не только на понимание закономерностей развития научного познания, но даже и на интерпретацию задач философии природы, культуры, человека. В 1980-е гг. этим актуальным вопросом увлечённо занимались французские философы, а также бельгийский физик Д. Рюэль. Так, Ж. Делёз (1925–1995) и Ф. Гваттари заявили, что философия может реализоваться и может существовать лишь на грани с хаосом, который побуждает мыслителя к конструированию новых концептов (см. главы «Хаос и наука», «Наука и логика смысла Ж. Делёза», «О возможности диалога в науке» в [387. С. 111–258]).

В монографии «Генерация хаоса» А.С. Дмитриева и его коллег из московского Института радиотехники и электроники РАН находим наблюдения, согласующиеся с приведёнными выше положениями гуманитариев [387. С. 6–42, 111–174]. Во-первых, значительное число людей уже осознало, что в нелинейных динами-

⁵²¹ Фактически, инвариант 4,6692016090 указывает, когда – при изменении бифуркационного параметра p_b в динамической системе – происходит бифуркация удвоения периода (подобно делению клетки). Иными словами, указывает, когда аттрактор раздваивается в очередной раз. Можно сказать и так: при изменении p_b поведением динамической системы управляет скрытый в ней процесс *самовоспроизведения* (репликации) инварианта 4,6692016090, влекущий всё более частые бифуркации [222. С. 232, 237].

ческих системах малые изменения условий в начальный момент могут приводить через некоторое время не только к малым, но и к большим изменениям («эффект бабочки»). Следовательно, социальные, политические и другие системы, обладая собственным сложным поведением, могут эффективно управляться с помощью *малых* воздействий. Во-вторых, «термины “хаос”, “теория хаоса”, “управляемый хаос” и стоящее за ними содержание постепенно становятся элементом общей культуры и часто используются как метафора» [395. С. 11].

Солитон – ещё один универсальный феномен. Другим импульсом к развитию теории колебаний и волн в 1960-е гг. стало переоткрытие *солитона*. Солитон – обособленная (или, как её часто называют, уединённая) незатухающая волна в нелинейной среде (например, на поверхности жидкости или в плазме). Солитон сохраняет свою форму и скорость после столкновения с другой такой же волной. А в ряде случаев он ведёт себя подобно *частице*!

Почему «переоткрытие»? Потому что первая документально достоверная встреча с солитоном произошла в 1834 г., когда шотландский кораблестроитель и инженер-изобретатель Дж.С. Рассел (1808–1882), проходя вдоль канала (соединяющего города Эдинбург и Глазго), обратил внимание на движение волны, вызванной неожиданной остановкой баржи, шедшей по каналу. Он наблюдал за движением этой волны, которая приняла форму, как писал позднее (1844) Рассел, «большого одиночного возвышения, т.е. округлого, гладкого и чётко выраженного водяного холма, который продолжал свой путь вдоль канала, нисколько не меняя своей формы и не снижая скорости», но очень медленно уменьшая высоту. Рассел назвал этот феномен «волной трансляции⁵²²», т.е. переноса, или *great solitary wave*. От слова *solitary* (т.е. одиночный; единичный, отдельный; уединённый) позднее был произведён термин *soliton*, «солитон»⁵²³. Но с 1845 по 1965 г. было опублико-

⁵²² Термин «трансляция» происходит от лат. *translatio* (*trahatio*) – перенесение, перевод [2. С. 656].

⁵²³ Неологизм «солитон» (созвучен электрону, протону и прочим элементарным частицам) сконструировали американские учёные М. Крускал и Н. Забуски, про-

вано не более 20 научных работ, непосредственно связанных с солитонами. Причина этого невнимания, как считает А.Т. Филиппов, в том, что *универсальность* солитонных явлений не была понята [33. С. 13, 34–36]⁵²⁴.

Дифференциальное уравнение в частных производных, имеющее решение в форме солитонов, впервые (1894–1895) вывели голландцы: физик и механик Д.И. Кортевег (1848–1941) и математик Г. де Вриз, в другой транслитерации – Г. де Фрис). По их именам оно называется сокращённо уравнением КдВ либо КдФ. Есть предположение, что уравнение КдВ косвенно возникает в исследованиях (1871–1877) французского физика Ж.В. Буссинеска (1842–1929) и в работе (1876) лорда Рэлея. Однако, судя по всему, Кортевег и де Вриз об этом не подозревали... Первое математически строгое доказательство существования уединённой волны привёл (1946) отечественный математик М.А. Лаврентьев (1900–1980), а более простое – нашёл (1954) его американский коллега К. Фридрихс [33. С. 40–41; 293. С. 93–97; 396. С. 111–112].

Уравнение КдВ учитывает *нелинейность*: слабую квадратичную зависимость скорости движения профиля волны от величины смещения свободной поверхности жидкости (относительно равновесного уровня) и *дисперсию* фазовой скорости: её приближённую нисходящую квадратичную зависимость от волнового числа. Как выяснилось много позже, баланс между эффектами нелинейности и дисперсии обеспечивает неизменность формы профиля (т.е. отсутствие её «расплывания» из-за дисперсии фазовой скорости) распространяющейся одиночной волны.

вовдвшие моделирование на ЭВМ. А.Т. Филиппов рассказывает, что сначала они придумали имя «солитрон» с окончанием, более привычным уху физика. Но вдруг выяснилось существование некоей фирмы «Солитрон». Авторам имени пришлось убрать букву «р», чтобы не конфликтовать с фирмой по поводу незаконного использования её trade mark [33. С. 45].

⁵²⁴ Судьба солитона как «хорошо забытого» объекта исследования заставляет вновь цитировать положение В.И. Вернадского: «“Повторяемость” открытия отчасти связана с необходимостью для каждой страны, для “общества” прежде, чем идти дальше, пройти исторически неизбежные предварительные стадии» [34. С. 58].

Переоткрытие солитона (1965) совершили американские математики М. Крускал и Н. Забуски. Они уточняли вычислительный эксперимент на ЭВМ, проводившийся в США ещё в 1952 г. по инициативе итальянского физика Э. Ферми (1901–1954) вместе с математиками Дж. Пастой и Ст. Уламом (1909–1984). Улам (кстати говоря, эмигрировавший в 1930-е гг. из Польши в США [385. С. 79]) вспоминал: «Ферми часто говорил, что будущие фундаментальные физические теории будут, вероятно, основаны на нелинейных уравнениях и поэтому было бы полезно попрактиковаться в математике, необходимой для понимания нелинейных систем». Именно такой была задача Ферми о порождении теплового хаоса в цепочке из грузиков с нелинейными пружинками (по первым буквам фамилий авторов её принято называть «ФПУ-проблема», FPU-problem). Но ЭВМ показала не хаотическую динамику, а последовательное (во времени) возбуждение мод различных порядков [33. С. 185–188, 193; 397. С. 85–89]. Преждевременная смерть Э. Ферми не позволила ему самому довести решение ФПУ-проблемы до конца⁵²⁵. Продолжив эти вычислительные эксперименты и размышляя над ними, Крускал и Забуски – после многих проб и ошибок – пришли к выводу: наилучшим описанием движений в такой пространственно распределённой нелинейной системе служит уравнение КдВ.

Нынче солитоны описаны в трудах не только по гидродинамике (скажем, при объяснении цунами) и математике, но и по астрофизике, оптике (в частности, в связи с разработкой систем волоконно-оптической связи [355. С. 355–403]), метеорологии, океанографии, физике ферромагнетиков, биологии, ядерной физике etc. Так, свойства солитона демонстрирует электрический импульс, бегущий по нервному волокну. Другой пример: в 1868 г. германский физиолог Ю. Бернштейн установил, что импульс имеет колоколообразный вид, примерно как у солитона Рассела. Позднее выяснилось, что этот «колокол» движется всегда с одной и той же скоростью, причём – независимо от силы раздражения – имеет одну и ту

⁵²⁵ В интерпретации ФПУ-проблемы с использованием КАМ-теории больших успехов достигли (1965) Ф.М. Израйлев и Б.В. Чириков [385. С. 78–80].

же форму. В теории твёрдого тела известна (1926) дислокация Френкеля–Конторовой, т.е. дефект в кристаллической решётке. Её предельный случай – «дырка» (недостача электрона в атоме). Установлено, что дислокация Френкеля–Конторовой во многих отношениях напоминает солитон [33. С. 49–50, 141–146, 168–171].

В теории волн оперируют также термином *автосолитон* (его предложили Б.С. Кернер и В.В. Осипов в конце 1980-х гг.). Он описывает солитоноподобные образования в активных (т.е. неравновесных, способных к усилению, иначе говоря, автоволновых) средах [33. С. 13; 50. С. 13; 209. С. 14–15].

Завершая беглый обзор ключевых событий в истории учения о колебаниях и волнах, приведём условную классификацию динамических моделей, которую предложила (1997) профессор П.С. Ланда: модели-«портреты» исследуемых систем, модели вида «чёрный ящик», агрегированные⁵²⁶ модели, модели конкретных явлений в реальных системах. Модели первого типа составляются на базе возможно более детального описания изучаемого объекта (пример – уравнения Навье–Стокса). Методика «чёрного ящика» предполагает: на его вход подаются определённые воздействия, и регистрируются отклики на выходах. Требуется выбрать возможно более простую модель, а параметры её находят из условий минимума (согласно заданному критерию) между выходами модели и исходной системы при идентичных входных сигналах. Модели третьего вида конструируют, анализируя агрегированное поведение отдельных элементов изучаемой системы (пример – модель «хищник–жертва» Лотки–Вольтерры). Модели четвёртого типа разрабатывают для анализа определённого явления независимо от того, в какой системе оно наблюдается. Скажем, явление самовозбуждения автоколебаний за счёт *отрицательного* трения или его аналогов легко моделировать классическим уравнением Ван дер Поля (8). Хотя первоначально (8) было составлено для

⁵²⁶ Агрегировать (от лат. *aggregare* – присоединять (к стаду)) – объединять, суммировать некоторые данные, чтобы получить обобщённые, совокупные данные, показатели и т.п.

триодного автогенератора. Возможность использовать такие модели и их целесообразность порождена универсальностью законов теории колебаний и волн [209. С. 36].

Прогресс теории колебаний и волн в нелинейных системах активизировал интерес к коллективным (иначе – кооперативным) явлениям в физике, химии, биологии и т.п. Одновременно он показал необходимость междисциплинарных исследований и сотрудничества учёных, работающих в различных областях знания. В обстановке такого умонастроения Г. Хакен назвал синергетикой⁵²⁷ (1969 [286. С. 146]) широкое направление исследований, нацеленное на выявление механизмов упорядочения, самоорганизации в открытых (т.е. обменивающихся с окружающей средой потоками вещества, энергии, тепла, знаков) нелинейных системах. Относительно границ, сфер приложений, родословной синергетики нет единства мнений, что вполне закономерно. Так, Ю.А. Данилов в качестве рабочего определения даёт (1983) такое: синергетика занимается исследованием «процессов самоорганизации и образования, поддержания и распада структур в системах самой различной природы», добавляя, что предложенный Г. Хакеном термин «акцентирует внимание на согласованности взаимодействия частей при образовании структуры как целого» [286. С. 130]. П.С. Ланда подчёркивает, что предмет изучения и методы исследования синергетики заимствованы из теории колебаний и волн [209. С. 15].

В качестве синонима синергетики, как говорилось вначале, нередко подразумевают теорию самоорганизации и / или динамического хаоса [50. С. 7–20], нелинейную динамику и др. Более того, С.Д. Хайтун среди *плодотворных ошибок* в физике выделяет и синергетику. В его историко-методологической реконструкции физика необратимых процессов в XX в., разделяя заблуждение Л. Больцмана (1844–1906), стремилась вывести *несимметричные по времени уравнения необратимости* из симметричной по времени механики. Одна-

⁵²⁷ «Когда я предложил слово “синергетика”, я добавил следующее пояснение: “учение о взаимодействии”», – комментирует свой неологизм Г. Хакен (цит. по [286. С. 147]).

ко этот ошибочный путь оказался продуктивным: он породил синергетику, открывшую новые горизонты изучения необратимых процессов, а также вызванных ими фундаментальных явлений [368. С. 316–319]⁵²⁸. По убеждению С.Д. Хайтуна, сегодня (через призму дополнителности непрерывного / дискретного описания реальности) становится различимой взаимная дополнительность традиционного, т.е. кинетического, и синергетического подходов [368. С. 208–215; 398].

Репликатор – термин генетики. Можно ли представить себе дальнейшее обобщение фундаментальнейших понятий колебания и волны? На такую роль претендует репликатор, и чтобы её раскрыть, следует обратиться к молекулярной генетике – науке о законах наследственности и изменчивости организмов. В ней *репликацией*⁵²⁹, или редупликацией⁵³⁰, а также ауторепродукцией⁵³¹ [376. С. 488] называют спонтанное *самовоспроизведение* строения молекулярных и субклеточных структур в соответствующих физико-химических условиях. Э.М. Галимов репликацией называет также прямой автокатализ [389. С. 111]. Считается, что макромолекулы способны давать «инструкции» для своего собственного синтеза, самовоспроизведение же происходит благодаря тому, что существующие макромолекулы служат эталоном для синтеза их копий. В процессе репликации изготавливаются как тождественные структуры, так и копии с ошибками, т.е. происходят мутации⁵³²

⁵²⁸ Если С.Д. Хайтун прав в своей квалификации синергетики, то что означает сей исторический сюжет, т.е. незапланированный, непредвиденный, но благоприятный исход? Его – вслед за античными математиками и нынешними методологами – надлежит именовать поризмом (от др.-гр. πορισμος – приобретение; добывание [4. Стб. 1035]), или счастливой находкой. По В.И. Корогодину, поризм – утверждение, сформулированное в ходе решения задачи, которое по своему содержанию охватывает намного более широкий круг явлений, нежели тот, к которому относилась эта задача [191. С. 97].

⁵²⁹ От лат. replicatio – развёртывание, перевёртывание; круговое движение [2. С. 551].

⁵³⁰ От лат. reduplicatio – удвоение.

⁵³¹ Иначе «ауторепродукция»: от др.-гр. αὐτός – сам + лат. re – вновь + producere – производить.

⁵³² Мутация (от лат. mutatio – изменение, перемена) – внезапно возникшее стойкое изменение.

структуры молекулы [399. С. 204]. Согласно представлениям молекулярной генетики, «истинно самовоспроизводящейся формой» является двухцепочечная дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК): «обе её цепи одновременно копируются полимеразой». В этом контексте «в случае целого класса объектов, несущих информацию», вводят понятие «самовоспроизводящаяся единица» [400. С. 22]. Иными словами, репликацию осуществляет *репликатор* – самовоспроизводящаяся и способная к изменчивости, но устойчивая и самодостаточная единица информации (информационная структура).

Согласно аксиоме Вейсмана–фон Неймана⁵³³, все живые организмы должны быть единством фенотипа⁵³⁴ и программы для его построения (генотипа⁵³⁵), передающейся по наследству из поколения в поколение.

Согласно аксиоме Кольцова–Крика–Уотсона⁵³⁶, именно таков ген: «...в качестве матрицы, на которой строится ген будущего поколения, используется ген предшествующего ему поколения» [324. С. 281]. Самовоспроизведение макромолекул обеспечивает передачу наследственной информации. Отечественные генетики В.А. Ратнер и В.В. Шанин (1983) предложили для единицы самовоспроизводства аббревиатуру «сисер», *syser* (system of self-reproduction) [399. С. 141].

⁵³³ А. Вейсман (1834–1914) – немецкий зоолог и эволюционист, предвосхитил роль дискретности генов, их локализацию в хромосомах, значение в онтогенезе, т.е. преобразованиях, испытываемых организмом в течение его жизни. Дж. фон Нейман (1903–1957) – американский математик венгерского происхождения, логик, физик, инженер-изобретатель [243. С. 375–376].

⁵³⁴ Фенотип (от др.-гр. φαινω – являть(ся), обнаруживать + τυπος – отпечаток, тип) – совокупность всех признаков и свойств организма, сложившихся в процессе его индивидуального развития: унаследованных, врождённых и приобретённых.

⁵³⁵ Генотип (от др.-гр. γενος – род + τυπος – отпечаток, тип) – наследственная основа организма; совокупность генов, всех наследственных факторов его.

⁵³⁶ Н.К. Кольцов (1872–1940) – основоположник отечественной экспериментальной биологии. Английский биофизик и генетик Ф.Х.К. Крик (р. 1916), а также американский биохимик Дж.Д. Уотсон (р. 1928) расшифровали (1953) структуру двойной спирали ДНК, из которой необходимо вытекает механизм её полуконсервативного матричного синтеза [324. С. 281–282].

Согласно аксиоме Дарвина–Тимофеева-Ресовского⁵³⁷, в процессе репликации (т.е. передачи из поколения в поколение) генетические программы в результате многих причин изменяются *случайно* и *ненаправленно*. И вполне случайно эти мутации оказываются приспособительными, т.е. благоприятными для организма. Такая ненаправленная, неопределённая изменчивость (конвариантность⁵³⁸) непосредственно вытекает из аксиомы Кольцова с учётом второго начала термодинамики⁵³⁹. Б.М. Медников толкует конвариантность как прирост энтропии в системе генофонда (совокупность генов в популяции) эволюционирующей популяции. Н.В. Тимофеев-Ресовский в дискуссиях с П.А.М. Дираком и другими учёными (конец 1920-х гг.) понял, что основа конвариантности – *квантовый* механизм нарушений в структуре генного материала. Анализ путей возникновения конвариантности показал (1981), что большинство спонтанных непредсказуемых мутаций обусловлено *помехами репликации* («тепловой шум»). Второй механизм порождения непредсказуемых мутаций вытекает из соотношения неопределённости Гейзенберга⁵⁴⁰ [324. С. 283–284].

⁵³⁷ Ч.Р. Дарвин – автор теории эволюции (исторического развития) биосферы Земли (1859). Н.В. Тимофеев-Ресовский (1900–1981) – отечественный биолог, один из основоположников эволюционной и радиационной генетики (герой романа Д.А. Гранина «Зубр»).

⁵³⁸ Конвариантность (от лат. *con* – со + *varians* (*variantis*) – изменяющийся) – буквально: соизменчивость.

⁵³⁹ Второе начало термодинамики устанавливает необратимость макроскопических процессов. Иными словами, процессы, связанные с теплообменом при конечной разности температур, с трением, с диффузией, с выделением джоулевой теплоты, необратимы: они могут протекать лишь в одном направлении. Второе начало выдвинуто как закон природы в трудах Н.Л.С. Карно (1824), Р. Клаузиуса (1850), У. Томсона (1851) в различных, но равноценных формулировках. Так, теплота не может самопроизвольно переходить от более холодного тела к более горячему (принцип Клаузиуса). Согласно принципу Томсона (лорда Кельвина), невозможно полностью преобразовать в работу всё тепло, взятое от тела, не производя никаких иных изменений состояния системы. То есть вечный двигатель второго рода невозможен [332. С. 359–360].

⁵⁴⁰ В.К. Гейзенберг (1901–1976) – немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Сформулировал (1927) принцип неопределённости, который

Здесь, очевидно, происходит изменение содержания репликатора: для организма оно может стать весьма полезным, но и вредные последствия не исключены.

Согласно аксиоме Тимофеева-Ресовского (принципу усиления), изменения генетического материала, возникшие на квантовом уровне (квантовые изменения генотипа), в процессе становления фенотипа усиливаются – до уровня макротела. Отсюда – возможность усложнения структуры организмов в ходе эволюции, т.е. прогресса их формы, физиологии, функции.

Согласно аксиоме Дарвина, многократно усиленные изменения генетических программ подвергаются отбору условиями внешней среды [324. С. 285]. К тем или иным условиям наиболее приспособленными оказываются организмы с определёнными генотипами, т.е. репликаторами.

Репликация возможна не только в биообъектах. Самовоспроизведение возможно и в неорганической среде. Репликатором является строение электромагнитной волны. Вероятно, отнюдь не случайно, что именно электромагнитное поле, представляющее собой одну из двух фундаментальных форм существования материи, – эталон репликации. С точки зрения философа, «свет есть чистое движение: его невозможно догнать, его нельзя остановить, размещая в нём систему отсчёта. В этом смысле он определяет высшую *предельную скорость* распространения причинных импульсов во вселенной – новый кинематический горизонт, структурно эквивалентный бесконечной скорости» [401. С. 167]. Кроме того, репликатор процессов в автоколебательных системах – некоторое состояние физического поля. В лазере или мазере репликатор – квант спонтанного излучения (фотон), вызывающий лавину актов вынужденного испускания, в квантовом генераторе гиперзвука это – фонon спонтанного происхождения [402. С. 151].

С физической точки зрения, репликация – важное слагаемое в составе процессов эволюции материи. Это обобщение справедливо

ограничивает применение к микрообъектам понятий и представлений классической физики [69. С. 78–79].

и для искусственных систем с поведением, прежде всего самовоспроизводящихся автоматов [399. С. 12–13, 114–122] и некоторых классов роботов. Бесспорно, автоматы и роботы – объекты искусственные, живыми их трудно считать, разве только в метафорическом смысле. Но что такое жизнь? Отвечая, уместно привести рабочее, но ёмкое определение жизни у Г.Р. Иваницкого: «Жизнь – это макромолекулярная система, для которой характерна иерархическая организация, способность к самовоспроизведению, обмену веществ и регулируемому потоку энергии, что приводит к появлению разрастающегося в пространстве центра упорядоченности в менее упорядоченной Вселенной». Показательно, что среди атрибутов жизни вторым указана способность к репликации. И поэтому Г.Р. Иваницкий далее справедливо отмечает, что «в непрерывной эволюции трудно провести границы между живым и неживым» [319. С. 208]. Действительно, если нечто наделено способностью к самовоспроизведению, то оно порой – по крайней мере, внешне – ведёт себя подобно живому организму.

Иваницкий обращается в этом контексте к идее Дж. фон Неймана. Он, пожалуй, первым отметил роль информации в явлении самотиражирования, т.е. репликации. Выступая в Калифорнийском технологическом институте на симпозиуме «Механизмы мозга в поведении» (сентябрь 1948) с лекцией «Общая и логическая теория автоматов», фон Нейман впервые предложил описание универсального самовоспроизводящегося автомата [403], т.е. репликатора. Схема такого автомата, построенная по этому описанию, приведена на рис. 4 [191. С. 61].

Дж. фон Нейман показал, что самовоспроизводящаяся система должна содержать минимум четыре отдельных блока и два канала связи с окружающей средой. По одному каналу (материальному) извне поступает сырьё R , по второму (информационному; на рис. 4 у «материнского» автомата он не показан) – инструкции (j) по переработке сырья в детали и инструкции по сборке из них «дочерних» автоматов. Блок A – автоматическая фабрика, обеспечивающая сбор сырья, его переработку в детали и монтаж из деталей «дочерних» автоматов. Блок B – устройство, снимающее копию с

заданных инструкций сборки. Блок *B* управляет производством, он подключён одновременно к компонентам *A* и *B*. Когда в блок *B* поступает информация в виде инструкций (*j*), они сначала направляются в блок *B* для снятия с них копий (*jj*), а далее – в блок *A*. Он по инструкциям производит из сырья *R* детали и собирает из них в конечном результате «дочерний» автомат. Последний снабжается копией первоначальных инструкций (*j*), а их оригинал остаётся в блоке *B*. Блок *Г* хранит полную запись всех инструкций, обеспечивающих производство в блоке *A* «дочернего» автомата ($A+B+B+Г$).

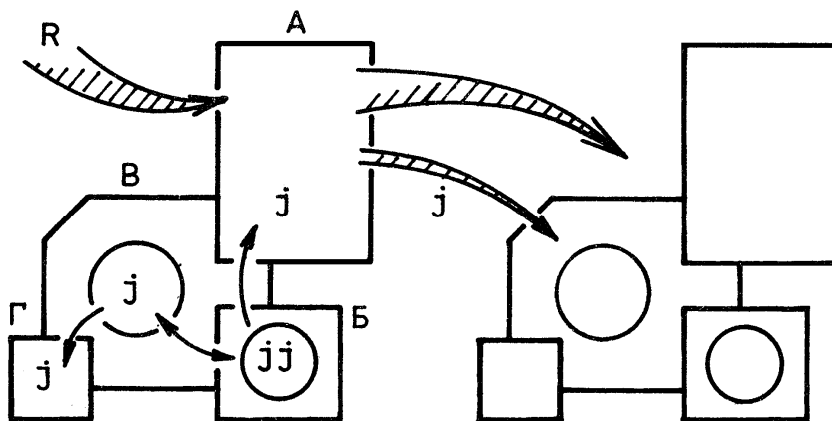


Рис. 4. Блок-схема самовоспроизводящегося автомата фон Неймана:
R – материальные ресурсы, черпаемые из окружающей среды;
j – инструкции; блок *A* – автоматическая фабрика по сбору сырья (*R*) и переработке его в конечный продукт, т.е. в «дочерний» автомат, согласно задаваемым извне инструкциям (*j*); блок *B* – устройство, копирующее инструкции (*jj*); блок *B* (изображён кружком *j*) – контролирующий автомат;
 блок *Г* – запоминающее устройство (архив) [191. С. 61]

Дж. фон Нейман предположил, что такой самовоспроизводящийся автомат имеет структуру, подобную функциональному устройству живых организмов. Ему посчастливилось увидеть, как некоторые его гипотезы о функционировании самовоспроизводящихся автоматов подтвердили (1953) Ф.Х.К. Крик и Дж.Д. Уотсон.

Согласно им, у фон Неймана блок Б – система репликации РНК или ДНК, блоки Б+Г – это генетические материалы РНК или ДНК, блоки А+В рибосомы⁵⁴¹, а также управляющие молекулы: репрессоры⁵⁴² и активаторы⁵⁴³ [191. С. 61; 319. С. 208–209; 403]. В.И. Корогодин подозревает, что фон Нейман, вероятно, не был знаком с работой (1933) Г.Дж. Меллера (1890–1967), американского генетика, одного из основоположников радиационной генетики. В ней у Меллера «живой организм рассматривался как устройство, обеспечивающее воспроизведение кодирующей его информации». Если посмотреть с этой позиции на автомат фон Неймана, то его можно толковать как подобное устройство, которое *воспроизводит кодирующую его информацию*, содержащуюся в инструкциях (*j*) [191. С. 62].

Добавим ещё, что американский разработчик нанотехнологии К.Е. Дрекслер (1987) называет репликатором устройство молекулярных размеров, способное производить копии самого себя [85. С. 31, 38, 77–78; 404]. Наш бич – компьютерный вирус, сетевой червь – тоже искусственные репликаторы, т.е. рекурсивные алгоритмы, которые копируют себя, попав в подходящую «программную» среду.

Имеет ли место репликация в химических системах? Положительным ответом может служить указание на упоминавшееся выше явление автокатализа. Для него характерно ускорение химической реакции, вызванное накоплением конечного или промежуточного продукта, обладающего каталитическим действием в данной реакции. В более широком смысле автокатализ – *самоускорение* реакции. Для кинетической кривой автокаталитической реакции (на плоскости xOt , где x – степень превращения исходного вещества A в продукт Z , обладающий каталитическим действием; τ – нормированное время t) характерны четыре периода: *a*) период

⁵⁴¹ Рибосомы (от др.-гр. $\sigma\mu\alpha$ – тело) – внутриклеточные частицы, состоящие из белка и РНК; служат местом биосинтеза белка.

⁵⁴² Репрессор (от лат. *repressor* – ограничивающий, сдерживающий) – белок, прекращающий синтез матричной РНК с определённой группы генов.

⁵⁴³ Активатор (от лат. *activus* – деятельный) – белок, который – в противоположность репрессору – запускает синтез матричной РНК.

индукции, когда реакция протекает очень медленно; *b*) восходящая ветвь, соответствующая увеличению скорости v реакции: $dv/dt > 0$; *c*) точка перегиба в момент времени t_m , когда скорость реакции v максимальна; *d*) ветвь, соответствующая уменьшению скорости реакции: $dv/dt < 0$ (рис. 5) [371. С. 21].

Структура *a–d* кинетической кривой накопления продукта Z в автокаталитической реакции напоминает строение так называемой *S*-образной (или логистической) кривой развития целенаправленной системы деятельности [405. С. 18]. График её на плоскости: степень сложности системы – время t , измеряемое числом актов репликации системы, имеет за участком насыщения нисходящую ветвь [60. С. 223–227, 358–359, 364] (в отличие от экспоненциально-логистической кривой). Степень автокаталитического превращения x исходного вещества A пропорциональна концентрации продукта Z , т.е. количеству молекул. Поэтому величина x есть мера структурной сложности продукта. Следовательно, *S*-образная кривая является *универсальной* закономерностью: её действие «начинается» на химическом уровне, в автокатализе, продолжаясь в биологических, социальных, знаковых системах – везде, где имеет место репликация структур [406].

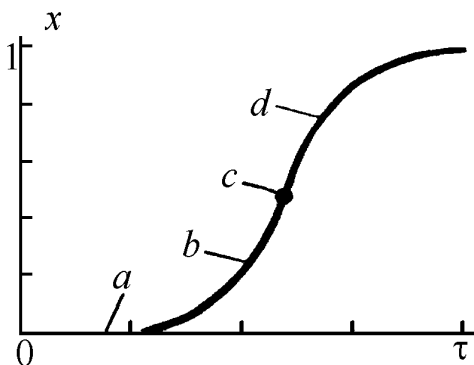


Рис. 5. Кинетическая кривая автокаталитической реакции: x – степень превращения исходного вещества A в продукт Z , обладающий каталитическим действием; τ – нормированное время [371. С. 21]

Помимо автокаталитических реакций, с самоускорением протекают, например: цепные реакции, если в исходной смеси присутствует ингибитор⁵⁴⁴; цепные разветвлённые реакции⁵⁴⁵, когда преобладание разветвления цепей над их обрывом влечёт увеличение концентрации активных частиц; реакции с участием твёрдых тел, которые локализуются на поверхности раздела твёрдых фаз реагента и продукта; сильно экзотермические реакции, если в условиях нескомпенсированного теплоотвода начинается саморазогрев системы или поверхности катализатора (вплоть до взрывной реакции или «воспламенения» поверхности катализатора) [371. С. 21]. С чем связан феномен самоускорения? С самовоспроизведением определённого состояния системы или процесса в ней, но с некоторым изменением «начальных условий» для очередного цикла, например скорости реакции либо температуры.

Явление репликации демонстрируют также *колебательные* реакции. Они характерны тем, что концентрации промежуточных соединений и скорость реакции испытывают колебания: синусоидальные, пилообразные, прямоугольные и т.п. Примером здесь служит рассмотренная выше реакция Белоусова–Жаботинского [372]. В колебательных химических реакциях репликатор – структура поля концентраций молекул [408. С. 124]. Колебательные реакции лежат в основе ряда важнейших биологических процессов,

⁵⁴⁴ Ингибитор (от лат. *inhibere* – сдерживать, останавливать) – вещество, замедляющее химические реакции или предотвращающее их; в более общем смысле – агент, тормозящий какой-либо сложный процесс.

⁵⁴⁵ Цепные реакции – это химические превращения и ядерные процессы, в которых появление промежуточной активной частицы (свободного радикала, атома, возбуждённой молекулы, нейтрона etc.) влечёт цепь превращений исходных веществ. Термин предложил немецкий химик М. Боденштейн (1871–1942), открывший (1913) фотохимическую реакцию с большим квантовым выходом. Термин «разветвлённые цепные реакции» предложил один из основоположников химической физики Н.Н. Семёнов (1896–1986) для открытых им (1926–1928) цепных реакций с критическими явлениями, когда незначительные изменения концентрации реагентов, температуры, размеров сосуда, введение примеси способны вызвать скачкообразный рост скорости реакции. Термин «разветвление» обозначает входящую в такие реакции стадию размножения активных частиц [407. С. 345–350].

скажем, генерации биоритмов и мышечного сокращения [409. С. 428–430]. Таким образом, пока в химии выявляется больше, чем в физике, сюжетов, где имеет место репликация.

Репликационная динамика культуры. Чем более сложной и многомерной является система, тем существеннее для её эволюции репликационные феномены. Именно так обстоит дело в социокультурной сфере [191; 321. С. 278–285; 399. С. 141–142; 410; 411]. Отличительной чертой её служит знаковое поведение людей, основанное, очевидно, на репликации. Хотя оно имеет в качестве некой базы сигнальное поведение животных, но представляет собой совершенно новый феномен в эволюции. «Осознанное знаковое поведение является частью единого информационного поля культуры» [412. С. 246]. Фундаментальной стадией в развитии знакового поведения служит создание письменности, делающей процедуру репликации наглядной, а её результат долговечным. Такое самовоспроизведение, укрепляя социокультурную память, обеспечивает функцию отрицательной обратной связи: оно минимизирует отклонения от канонов, зафиксированных письменно и аккумулированных в одном месте. Текстовая репликация концептуальных моделей, несомненно, более надёжна, чем обрядовая (ритуальная). Кроме того, она предполагает новую умственную процедуру: толкование смысла. Поэтому египтолог Я. Ассман, исследуя механизмы культурного воспроизводства в древности, исходит из тезиса: «Для создания культурной когерентности повторение и интерпретация суть функционально эквивалентные процессы» [413. С. 95].

Другой сюжет, где продуктивно понятие репликации, – коммуникация. Американский языковед и этнолог⁵⁴⁶ Эд. Сепир (1884–1939) подчёркивает: базис коммуникации – самовоспроизводство социокультурных форм. «Общество, – указывает он, – только кажется статичной суммой социальных институтов: в действитель-

⁵⁴⁶ Этнология (от др.-гр. εθνος – племя, народ) – народоведение, наука о бытовых особенностях, материальной и духовной культуре народов мира, их взаимодействии.

ности оно изо дня в день возрождается или творчески воссоздаётся с помощью определённых актов коммуникативного характера, имеющих место между его членами» [414. С. 210]. Однако такая – минимальная по масштабу – репликация структур не обрекает общество на простое движение по кругу. Анализируя важнейшие теории социокультурной эволюции, Н.А. Хренов заключает: «В истории происходит постоянное чередование периодов детерминированных, стабильных, стационарных и периодов нестабильных, демонстрирующих неустойчивость, неуравновешенность, отсутствие детерминизма» [415. С. 18].

Постоянство этого чередования даёт основание видеть в нём проявление репликации некой – максимальной по масштабу – многомерной информационной целостности. Её самовоспроизводство вызвано свойствами человеческого сообщества, образованного взаимодействием множества людей. Все они объединены в многообразные социокультурные системы: государства, федерации, экономические, религиозные и прочие организации. Один из интегрирующих репликаторов здесь можно выявить, используя категорию В.Б. Мириманова: императив стиля. Он считает, что теперь «консолидирующую функцию берут на себя глобальные инфраструктуры современной цивилизации, которые всё больше переходят в состояние самодостаточности инфраструктуры» [416. С. 9].

Простейшая модель акта репликации есть уже знакомая нам универсальная логическая операция: «если A , то B », где A – некие условия, B – предпринимаемое в них действие (либо новые условия). То есть это – импликация. В этом контексте уместно опять процитировать В.В. Бибикина: «Техника плетёт бесконечную паутину *если*» [216. С. 353]. Действительно, описывая структуру взаимодействия репликаторов, можно строить графы⁵⁴⁷ [417. С. 321], т.е. сети и разветвления операций «если A , то B ». Так можно моде-

⁵⁴⁷ Граф (от др.-гр. *γραφο* – пишу) – множество V вершин и набор E неупорядоченных и упорядоченных пар вершин. Граф обозначается $G(V, E)$. Неупорядоченная пара вершин называется *ребром*, упорядоченная – *дугой*. Граф, содержащий только рёбра, называют неориентированным; граф, содержащий только дуги, – ориентированным [216. С. 162].

лизовать многомерную природу процессов самоорганизации в реальных системах. Обратим внимание на важный факт: в точке бифуркации, где реальная система неустойчива, именно репликатор, победивший в состязании с себе подобными, оказывается начинщиком, агентом процесса самоорганизации. Последний завершается установлением относительно стабильного воспроизведения некоторого состояния, «рабочего режима» в системе. Режим этот сохраняется до очередной точки бифуркации etc. [402. С. 151–153].

Псевдонимы⁵⁴⁸ **репликатора**. Гуманитариями термин «репликатор» ещё почти не употребляется (среди исключений – американский философ науки Д. Дойч, определяющий репликатор как объект, который побуждает определённые среды его копировать [418. С. 175]). Но фактически гуманитарии оперируют им в самых разнообразных контекстах – обычно, когда описывают некую образно-смысловую конструкцию. Так, в этнографии репликатор – традиция. В социальной культурологии репликатор – культурный паттерн (cultural pattern у А. Крёбера, 1944 [419]); «мем» (meme, иногда переводится «мим» [418. С. 174], в «меметике» (memetics) Р. Докинза, 1976 [399. С. 141], «культурген» (у К.Дж. Ламсдена и Е.О. Уилсона, 1981), т.е. единица культурных процессов; культурный образец (у Н.С. Розова [420. С. 35–43]), т.е. объект в сфере культуры, с которым люди соотносят своё мышление и поведение при решении стандартных проблем⁵⁴⁹; стиль жизни (по М. Дингесу, это «сравнительно устоявшийся тип решений, принимаемых индивидами или группами, делающими выбор из предлагаемых им обществом вариантов поведения» [421. С. 105]).

⁵⁴⁸ Псевдоним (от др.-гр. ψευδωνυμος – носящий ложное имя) – вымышленное имя или фамилия, под которым иногда выступают деятели искусства, публицисты, критики, политики.

⁵⁴⁹ Фактически, вокруг нас – сплошь и рядом – культурные образцы. Необозримое множество их составляют, например, *все* объекты техники, *все* технологии и алгоритмы, *все* социальные нормы (как положительные, так и отрицательные: допустим, способы пыток, казней, убийств, унижения человеческого достоинства; воровские, коррупционные, мошеннические приёмы), ограничения и запреты, многообразные словесные и визуальные структуры, символы, ценности [420. С. 35–43].

В науковедении репликатором оказывается так называемая парадигма (у Т.С. Куна (1922–1996), американского философа и историка науки), социальная эстафета и куматоид⁵⁵⁰ (у отечественного науковеда М.А. Розова [422. С. 38–47]). Другой пример: А.П. Огурцов рассматривает концепцию (1983) отечественного философа культуры М.К. Петрова, интерпретировавшего историю науки как смену тезаурусов⁵⁵¹. Петров, в частности, выдвинул идею «онаучивания» («сциентификации»⁵⁵²) общества, построив две модели: экстенсивного и интенсивного «онаучивания» общества на базе тезаурусной динамики и перестройки системы образования [56. С. 234–243]. Действительно, такие знаки, как слова (и числа), являются репликаторами, которые тиражируются чрезвычайно устойчиво, повсеместно и с высокой скоростью. Гипотеза «слепой изменчивости» (random variation) известной научной идеи, развитая в эволюционной эпистемологии К.Р. Поппера и Д. Кэмпбелла [140. С. 101–102], тоже предполагает репликацию. А теперь, получив некоторое представление о культурных образцах, целесообразно вернуться к генам.

Гены и культурные образцы – агенты эволюции. Биолог Б.М. Медников делает смысловое ударение на двойственной природе человечества: оно существует как биологический вид и как

⁵⁵⁰ Социальный куматоид (от др.-гр. *κύμα* – волна + *εἶδος* – вид, образ) – удачный неологизм М.А. Розова. Это «объект, представляющий собой реализацию некоторой социальной программы поведения на постоянно сменяющемся друг друга материале и в этом плане отдалённо напоминающий одиночную волну на поверхности водоёма, которая в своём движении заставляет колебаться всё новые и новые частицы воды. Эта особенность волны – относительная независимость от материала, на котором она живёт, позволяет выделить, как в природе, так и в обществе, широкий класс волноподобных явлений, объединённых указанной особенностью» [422. С. 39].

⁵⁵¹ Тезаурус (от др.-гр. *θησαυρος* – сокровище, клад, запас; казнохранилище [4. Стб. 608]) – словарь языка с полной смысловой информацией; полный систематизированный набор данных о какой-либо области знания.

⁵⁵² От лат. *scientia* – наука, знание + *ficatio* < *facere* – делать. Вспомним понятие цефализации живых организмов в ходе биоэволюции. Оно – некий аналог «сциентификации» в ходе социокультурного прогресса.

социальный феномен. Двойственность эту порождают два канала передачи информации. Первый канал – генетический; он присущ всем организмам, составляя условие существования жизни. Материальный носитель информации в нём – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), и все наследуемые признаки организма закодированы в ДНК. Ген – единица, «квант» наследуемой информации. Совокупность генов организма называется *геномом*, а совокупность генов в популяции – *генофондом*. В этих множествах гены не остаются неизменными, изредка в них – непредсказуемо, случайно – происходят мутации. Другой источник изменчивости генов – генетическая рекомбинация⁵⁵³ при скрещивании. Не выдержавшие испытания продукты скрещивания, оказавшиеся носителями неудачных признаков, относительно редко оставляют потомство и уступают место более устойчивым организмам. Значит, биоэволюция идёт за счёт управляемых внешней средой изменений информации в генетическом канале, т.е. за счёт изменения «содержания» информации, закодированной в репликаторах – генах [324. С. 244].

Второй канал – семиотический⁵⁵⁴, т.е. использующий *знаки*. Поскольку близким по смыслу к знаковой системе является понятие языка, то правомерно называть семиотический канал лингвистическим (как это делает Б.М. Медников), а также логическим, поскольку *λογος* означает «слово» (как это делают В.И. Корогодина [189], И.В. Мелик-Гайказян [410] и др.). В устной речи информация кодируется звуками, которые объединяются в слова, а слова – в предложения. В этой знаковой системе можно закодировать

⁵⁵³ Рекомбинация (от лат. *re* – приставка, означающая повтор, + *combinatio* – соединение) – расположение составных частей чего-либо в новом порядке. Рекомбинация генов – универсальный биологический механизм: перераспределение генетического материала родителей в потомстве, обуславливающее комбинативную изменчивость живых организмов, необходимую для выживания в изменяющихся условиях.

⁵⁵⁴ Семиотический (от др.-гр. *σημειωτική* – учение о знаках < *σημα* – знак) – относящийся к сфере знаков; относящийся к семиотике – науке, изучающей свойства знаков и знаковых систем, скажем, правил поведения.

сколь угодно большой объём данных, высказываний и т.п. С незапамятных времён в коллективах наших пращуров по этому каналу транслировались ценнейшие (и простейшие) сведения о том, как выжить. Затем – обряды, правила поведения с сородичами, технологии, всевозможные культурные нормы, полезные нововведения и другие репликаторы разнообразнейшего содержания.

Здесь также накапливались случайные мутации содержания передаваемых сообщений, т.е. информационных структур. Письменную речь резонно считать аналогом ДНК в генетическом канале. Есть в семиотическом канале и аналог генетической рекомбинации: чрезвычайно благоприятная и со временем всё расширяющаяся возможность усвоения полезных сведений из многих источников (а не из одного-единственного, как, скажем, в изолированном от мира племени, в религиозной или политической секте). Аналог рекомбинации различим и в познавательной деятельности: новые плодотворные идеи часто рождаются на стыке наук, в ходе «перекрёстного опыления» мыслями, т.е. создаются гибриды репликаторов. Новые репликаторы, возникшие случайно или в ходе целенаправленных усилий, сначала существуют лишь «в единичном экземпляре». Пройдя испытание конкурентным отбором, они распространяются в некотором сообществе или даже шире [324. С. 244, 245, 247, 248]. Как писал (1929) Н.К. Кольцов⁵⁵⁵, «для нас,

⁵⁵⁵ Судьба Н.К. Кольцова демонстрирует несовместимость прогресса науки с тоталитарной властью, отличавшейся в СССР крайней невежественностью. Кольцов был дважды арестован в 1920 г. как участник антиправительственного «Тактического центра» и приговорён к расстрелу, но благодаря заступничеству писателя Максима Горького остался жив, получив пять лет условно [109. С. 231]. В СССР шарлатаны в науке имели высокие шансы на успех: прежде всего в них нуждалась советская власть. «Тяга к мошенникам возникла у Сталина не на пустом месте, не спонтанно, а вполне закономерно. Она вытекала из его общей недообразованности и сочеталась с необыкновенным апломбом выскочки и хитреца, обладавшего огромной памятью, способностью запоминать детали, но не получившего систематических знаний ни в одной из областей точных или гуманитарных наук» [109. С. 8]. В 1936–1939 гг. Сталин «из-за кулис» управлял атакой «философствующих марксистов» вкупе с советскими псевдоучёными на генетиков, разоблачавших безграмотность последних. Последовательная, бескомпромиссная защита Кольцовым генетиков и методологии генетики привела к тому, что «с

верящих в постоянство закона сохранения энергии, термин “творить” может иметь только одно значение: из многих комбинаций выбирать только одну» (цит. по: [324. С. 248]). Параллель генофонду составляет фонд всевозможных культурных образцов, непрерывно пополняемый, начиная практически с неолита (ок. 8–3-го тыс. до н. э.) или даже раньше. Некоторые их массивы, относящиеся к консервативной части фонда (вышедшие из употребления технологии, обычаи, религиозные доктрины, ритуалы, идеологии и другие частные картины мира etc.) подобны реликтам⁵⁵⁶ человеческого организма, допустим, мышцам, что должны были бы приводить в движение ушные раковины [324. С. 248].

Наряду с информацией, закодированной в словах (в устной речи либо в письменных текстах), существует ещё и третий канал. По нему передаётся *поведенческая* информация, закодированная в движениях органов нашего тела. Эти движения имеют различные назначения. Среди них – производственное (действия рук ткача, косьба в поле, работа топором, вязание сетей etc.), спортивное (ходьба, бокс, бег на лыжах, плавание, windsurfing, прыжки, игры с мячом и т.п.), инструментально-техническое (управление транспортом и всевозможными техническими устройствами, печатание на клавиатуре, игра на любых музыкальных инструментах), эстетическое (пение, танец, акробатика, пантомима и пр.), военное (метание копья, фехтование, стрельба из лука, ружья, пистолета, всевозможные единоборства), медицинское (хирургические и акушерские приёмы, массаж и т.д.), коммуникативное – и потому примыкающее к семиотическому каналу (жестикауляция, мимика,

конца 1936 г. нападки на Кольцова достигли небывалого накала». После ареста выдающегося генетика Н.И. Вавилова в августе 1940 г. Кольцова несколько раз вызывали на допросы в НКВД (Народный комиссариат внутренних дел, выполнявший функции тайной полиции и бессудного репрессивного органа; аналог Gestapo у Гитлера). Он «как мог старался облегчить судьбу Вавилова», позднее умершего от голода в тюрьме. Внезапную смерть Кольцова (декабрь 1940) объясняют тем, что его отравил агент НКВД [109. С. 231–243].

⁵⁵⁶ Реликт (от лат. *relictum* – остаток) – организм либо его орган, предмет или явление, сохранившиеся как пережиток от древних эпох.

язык глухонемых, условные знаки в поведении преступников etc., см., например [423]). В перечисленных сюжетах (и множестве легко воображаемых) имеет место репликация вполне определённых, внутренне согласованных, целесообразных движений тела человека, в идеале надёжно обеспечивающих достижение заданных целей. В ряде процессов передачи поведенческой и релевантной⁵⁵⁷ логической (т.е. выражаемой словесно) информации обе неразрывно связаны: вспомним своё обучение любым телесным действиям. Аналогию легко усмотреть в обучающих играх животных со своим потомством [124. С. 62–243; 241. С. 189–190, 206–254]. Но животные не имеют второго канала: его отчасти заменяет генетический [60; 191; 410] (только у некоторых приматов есть зачатки знакового общения).

Репликатор и возникновение жизни. Один из вечных вопросов – о происхождении жизни на Земле – сегодня обсуждается с опорой на понятие репликатора как материальной основы «памяти», или передаваемой «информации». Существуют две альтернативные гипотезы. Первую высказал (1924) Н.К. Кольцов, предположив возможность матричного синтеза на основе репликации. Биолог А.И. Опарин⁵⁵⁸ выступил (1924) с идеей возникновения жизни из бульона органических веществ вследствие метаболизма⁵⁵⁹, т.е. обмена веществ, с участием циклических химических реакций и их

⁵⁵⁷ Релевантность (от англ. relevant – уместный, относящийся к делу) – смысловое соответствие между информационным запросом и полученным в ответ сообщением; иррелевантность – отсутствие соответствия.

⁵⁵⁸ Э.М. Галимов полагает, что А.И. Опарин «первым развил научнообоснованную концепцию зарождения жизни на Земле» [389. С. 121]. К сожалению, А.И. Опарин позднее опозорил себя тем, что в 1940-е гг., уже будучи членом АН СССР, «всеми силами угождал Сталину и Лысенко» [109. С. 381]. Так называемый «народный академик» Т.Д. Лысенко (1898–1976) якобы открыл способ оперативно и значительно повышать урожайность зерновых. Среди титулованных мошенников в советской биологии он один из самых удачливых, находчивых и вредоносных [116].

⁵⁵⁹ Метаболизм (от др.-гр. μεταβολή – перемена, превращение) – обмен веществ, включающий процессы распада сложных органических веществ и синтеза из более простых веществ составных частей клеток и тканей (с накоплением энергии); в более узком смысле – превращения веществ внутри клетки.

сетей. Опарин обратил внимание на возможность *самопроизвольно*-го скопления биологических важных молекул с образованием капель или слоёв, названных коацерватами⁵⁶⁰ [376. С. 488]. Коацерватные капли были прообразом клеток. Опарин проницательно оценил роль гидрофобных⁵⁶¹ липидных⁵⁶² структур, обладающих минимумом свободной энергии [389. С. 121]. Через полвека английский биолог-дарвинист Р. Докинз выдвинул (1976) концепцию «эгоистичного гена». Как и Н.К. Кольцов, Докинз предположил появление жизни в результате случайного стечения обстоятельств, которые привели к формированию молекулы, способной создавать копии себя самой, т.е. репликатора [319. С. 230, 232, 319–320].

Учёный из США Р. Шапиро сопоставил (2006) два гипотетических пути возникновения репликатора. Исходной ситуацией для каждого из путей являются малые молекулы, возникшие небиологическим способом: а) Согласно гипотезе «вначале появился репликатор», некоторые молекулы случайно соединяются друг с другом в цепочку, образуя репликатор (start-life) – крупную молекулу, способную к самовоспроизведению, допустим, – прототип рибонуклеиновой кислоты (РНК). В ходе очередного акта репликации одна из копий этой молекулы испытала мутацию, вследствие чего образовалась мутантная версия репликатора (smart-life). Те из мутантов, которые оказались лучше приспособленными к существующим условиям, вытесняют предшествующие версии, т.е. происходит отбор. В конце концов образуется так называемый отсек, или протоклетка, и в отсеке начинается метаболизм. б) В рамках гипотезы «вначале появился метаболизм», процесс

⁵⁶⁰ Коацерваты (от лат. coacervatus – накопленный, собранный < (co)acervo – собирать в кучу < acervus – куча, грудa, множество [2. С. 8, 100]) – капли или слои с *большой* концентрацией растворённого вещества, находящиеся в растворе этого же биополимера.

⁵⁶¹ Гидрофобность (от др.-гр. υδωρ – вода + φόβος – страх, боязнь) – свойство некоторых веществ (парафинов, жиров, пластмасс и др.) слабо взаимодействовать с водой, не смачиваться.

⁵⁶² Липиды (от др.-гр. λιπος – жир) – органические вещества, входящие в состав клеток, включая жиры.

начинается со спонтанного образования отсеков. В их числе оказывается группа молекул, которые вступают в химические реакции, образующие *циклы*. Со временем циклы становятся более сложными, приобретая сетевое строение. В процессе их эволюции и самоусложнения появляются полимерные молекулы – хранилища информации (цит. по: [319. С. 231]).

В схеме начальной стадии эволюции жизни, построенной геохимиком Э.М. Галимовым, главный путь эволюции пролегает через формирование кода – структурного соответствия между набором нуклеотидов⁵⁶³ и видом аминокислоты⁵⁶⁴. Соответствие это – «уникальное свойство всего живого на Земле. Эволюция должна была пройти через узкое горлышко создания механизма кодирования». Центральную роль в создании его сыграла *t*-РНК, т.е. молекула-посредник. Она связывает определённую аминокислоту с комбинацией из трёх последовательно расположенных нуклеотидов (или, как выражаются генетики, с триплетом⁵⁶⁵ нуклеотидов). О её существовании догадался Ф. Крик, и эта молекула-посредник называется транспортная РНК (*t*-РНК). Когда возникла способность к репликации, произошло «первое значительное разветвление её путей: на вирусы и клетки». Пространственное обособление РНК или ДНК вместе с аппаратом трансляции⁵⁶⁶ позволило воедино удерживать компоненты уже достаточно сложной системы, дав начало клетке. А «отдельная», т.е. пространственно необособленная, кодирующая РНК сохранила свою форму до наших дней в виде вирусов [389. С. 112, 114, 130–132].

⁵⁶³ Нуклеотиды (от лат. *nucleus* – ядро + др.-гр. *εἶδος* – вид) – составная часть нуклеиновых кислот, т.е. биополимеров, играющих ведущую роль в биосинтезе белка и передаче наследственных признаков.

⁵⁶⁴ Аминокислоты – органические соединения, обладающие свойствами карбоновых кислот, и аминов, т.е. продуктов замещения в аммиаке NH_3 атомов Н углеводородными радикалами.

⁵⁶⁵ Триплет (от фр. *tripler* – утраивать) – система, состоящая из трёх частей, например, совокупность трёх близлежащих спектральных линий, имеющих схожее происхождение.

⁵⁶⁶ То есть биосинтеза в клетке путём «считывания» генетической информации, «записанной» в виде последовательности нуклеотидов в молекулах так называемых матричных РНК (т.е. информационных РНК).

Таким образом, в схемах Р. Шапиро и Э.М. Галимова общим финалом для путей α и β является появление «памяти» в двух альтернативных вариантах:

– либо памяти в виде репликатора, т.е. самовоспроизводящейся – в череде поколений – информационной структуры, где возможен метаболизм;

– либо памяти в форме комплекса самоподдерживающихся химических реакций, «помнящего» о прошлых состояниях, т.е. служащего наследственным материалом.

Здесь репликатор типа ДНК или РНК сравним с носителем «непрерывного текста». А комплекс реакций подобен набору «коротких фраз». В этой связи биофизик Г.Р. Иваницкий заключает, что сценарий «вначале появился репликатор» из-за весьма малой вероятности своей реализации, видимо, означал бы: мы, человечество, – одни во вселенной. Напротив, выбор сценария «вначале появился метаболизм» допускает вывод о том, что возникновение жизни – вовсе не такое уникальное событие. Ведь существует множество мельчайших организмов (в кислых водоёмах, в чреве вулканов и гейзеров, даже в ускорителях заряженных частиц), и не исключено, что они имеют другой тип метаболизма. Тогда правомерно ожидать, что подобные им формы жизни существуют не только в «неудобных» уголках Земли, но и в других галактиках с ещё более экстремальными условиями [319. С. 239–240].

Однако палеонтолог А.В. Марков подчёркивает: сегодня доказано, что синтез простой органики из неорганических соединений, т.е. первый этап, может происходить в самых разнообразных природных условиях: в космосе, в протопланетном облаке, на ранних стадиях формирования Солнечной системы. Катализаторами пригодны быть частицы, содержащие железо и никель. Вторым этапом должен стать синтез более сложных органических соединений, которые были бы способны – уже на третьем этапе – стать «кирпичиками» для построения первых химических репликаторов. На втором этапе должна быть решена проблема *избирательности* органического синтеза. И в этом пункте надо обратиться к оптике.

Вспомним об оптически активных веществах: они способны вращать плоскость поляризации (проходящую через волновой век-

тор **k** и вектор напряжённости электрического поля **E**) световой волны в ходе её распространения в таких веществах. Существуют разные стереоизомеры⁵⁶⁷ у аминокислот и у сахаров, которые входят в состав важнейших биополимеров. Причём сахара в ДНК и РНК вращают плоскость вправо (по часовой стрелке), а сахара в белках аминокислоты, наоборот, влево. Однако в большинстве реакций синтеза получаются и правые, и левые формы стереоизомеров. Оказывается, что из смеси, где таких форм поровну, может получиться смесь, где преобладают левые аминокислоты. Причина – действие определённых видов излучения, которое присутствует в космосе. Такие аминокислоты со «смещённым» стереоизомерическим составом (смещённым – относительно доли 50%) обнаружены в метеоритах. Возможно ли на Земле сделать синтез сахаров избирательным, т.е. обеспечить получение преимущественно правых форм стереоизомеров? Как это выяснилось недавно, возможно. Для этого достаточно внести в реакционную смесь простые добавки. В итоге теперь стали известны приёмы синтеза мономеров (рибонуклеотидов) – «кирпичиков», из которых могли некогда сложиться молекулы РНК, давшие потом начало первым репликаторам [424].

Нетрудно понять, что репликация есть одно из наиболее глубинных, первостепенных, или, как сказал бы древний римлянин, примордиальных⁵⁶⁸, свойств объективной реальности. Оно наблюдается на всех её ярусах (изображённых на рис. 2). Наверное, в силу такой повсеместности и универсальности репликация воспринимается как нечто само собой разумеющееся или даже не стоя-

⁵⁶⁷ Стереоизомеры (от др.-гр. *στερεος* – телесный, пространственный + *ισος* – равный, одинаковый + *μερος* – доля, часть) – соединения, которые имеют одинаковый состав и молекулярную массу, но отличаются по расположению атомов в пространстве. Поэтому оптические «правые» и «левые» стереоизомеры имеют одинаковые физические свойства, но они вращают плоскость поляризации света в противоположные стороны.

⁵⁶⁸ Примордиальный (от лат. *primordium* – первое (самое) начало, происхождение; *восшествие на престол* < *primoris* – первый + *ordo* – ряд, слой, пласт; разряд, сословие; порядок [2. С. 498]) – самый первый, изначальный, базовый, буквально: находящийся в первом ряду, первопорядковый.

щее внимания. Вследствие чего её присутствие в многообразных процессах, особенно в тех, что характерны для социальной и знаковой реальности, обычно невидимо. И репликация оказывается «слепым пятном» в органах исследовательского зрения [425].

Контрольные вопросы

1. Какие из научных результатов А. Пуанкаре особо выделяет В.И. Вернадский?
2. Кто, по Вашему мнению, внёс заметный вклад в изучение устойчивости движения?
3. Какое значение для радиотехники имеет изобретение вакуумного триода, и кто его автор?
4. Какую роль в развитии теории колебаний сыграло применение вакуумного триода?
5. Что, по-Вашему, связывает имена Б. Ван дер Поля и А.А. Андропова в науке?
6. Как Вы понимаете термин «детерминированный хаос» («динамический хаос»)?
7. Какие преимущества в ориентации К.Ф. Брауна и Л.И. Мандельштама на изучение явлений не по внешним признакам, а по общим колебательным и волновым законам?
8. Кто открыл эффект Рамана (явление комбинационного рассеяния света)?
9. Какую ситуацию называют бифуркацией Пуанкаре–Андропова–Хопфа?
10. Как Вы толкуете термин Л.И. Мандельштама «нелинейная культура мышления»?
11. Чем примечательны обстоятельства открытия, объяснения механизма и оценки научным сообществом реакции Белоусова–Жаботинского?
12. Какие процессы называют диссипативными?
13. Что Вам известно об «отцах» теории систем?
14. В чём смысл понятия «автокатализ», и какова этимология слова?
15. Кто открыл первую автокаталитическую реакцию?
16. Какой аналог в теории колебаний имеют элементарные химические реакции – в противоположность реакции Белоусова–Жаботинского?

17. Чем примечательна, на Ваш взгляд, математическая модель, в которой Э.Н. Лоренц обнаружил детерминированный хаос?
18. Чем удачна, на Ваш взгляд, метафора «эффект бабочки», призванная разъяснить роль неустойчивости траекторий в фазовом пространстве динамической системы?
19. Насколько случайным было открытие хаотического поведения в модели Э.Н. Лоренца?
20. Какую роль в исследовании турбулентности Д. Рюэлем и Ф. Такенсом сыграло изучение ими «Механики сплошных сред» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица?
21. Кто автор неологизма «фрактал», и в чьих трудах разрабатывалось понятие нецелочисленной размерности?
22. Как бы Вы оценили соображения о самоподобии в стихе Дж. Свифта «Натуралистами открыты...» и в «Монадологии» Г.-В. Лейбница?
23. Как Вы понимаете термин «ситэ Мандельброта», введённый Ю.В. Чайковским?
24. Какие смысловые слагаемые Вы различаете в понятии «фрактал»?
25. В чём Вы видите ценность понятия фрактала для естествознания?
26. Согласны ли Вы с утверждением «Детерминированный хаос становится познавательной метафорой» и почему?
27. В чём смысл понятия «солитон», и какова этимология слова?
28. Почему говорят о *переоткрытии* солитона в 1960-е гг.?
29. Чем автосолитон отличается от солитона?
30. Как бы Вы истолковали название книги А.Т. Филиппова «Многоликий солитон»?
31. Как Вы понимаете классификацию динамических моделей, которую предложила П.С. Ланда?
32. Что такое синергетика, и какова связь её с теорией колебаний и волн?
33. В чём смысл понятия «репликация», и какова этимология слова?
34. Какое место занимает понятие репликатора в аксиомах генетики?
35. Возможна ли репликация в неорганическом мире?
36. Каков принцип действия самовоспроизводящегося автомата фон Неймана?
37. Что называет репликатором пионер нанотехнологии К.Е. Дрекслер?

38. Благодаря чему возможна репликация в химических процессах?
39. Чем примечательна структура кинетической кривой накопления продукта?
40. Где больше выявлено сюжетов с репликацией: в физике или химии – и почему?
41. В каких социокультурных сферах наглядны процессы репликации, и какие из процессов Вы обнаружили сами?
42. Какова простейшая логическая модель акта репликации?
43. Какие варианты названий репликатора в гуманитарных науках Вам известны?
44. Что изучает наука семиотика?
45. Как Вы понимаете тезис Б.М. Медникова: «Гены и культурные образцы – агенты эволюции»?
46. Что такое мутации, и какова их роль в эволюции?
47. В чём закодирована поведенческая информация?
48. В чём состоит гипотеза Н.К. Кольцова о происхождении жизни на Земле?
49. В чём состоит гипотеза А.И. Опарина о происхождении жизни на Земле?
50. Какие стороны дискуссии о происхождении жизни на Земле Вам наиболее интересны и почему?

Заключение. Вблизи точки сингулярности истории

Мир-Система, в которой мы живём. Завершая обсуждение эпизодов из истории естествознания, коснёмся одного из интригующих объектов осмысления, который дискутируется нынче и, вероятно, в ближайшем будущем сохранится в повестке дня. Он примечателен уже тем, что одновременно есть: *a)* предельное проявление сложности как характеристики мира, *b)* продукт прогресса научного знания, *c)* потенциальный тормоз его развития, *d)* возможно, даже отдалённая угроза познавательному статусу человека.

Это – сингулярность биосферно-социальной⁵⁶⁹ эволюции, упоминавшаяся ранее [102; 229; 230], переход нашей планетарной Мир-Системы к стационарности и его последствия [197; 426].

Термин «Мир-Система» (World-System, переводится также «миросистема», «миро-система» [427. С. 11]) ввёл в своей теории капитализма (1974–1987) американский социолог и экономист Им. Валлерстайн. Его коллега А.Г. Франк распространил (1990) это понятие на глобальные информационные связи. Ещё в Античности они обеспечили передачу важнейших технологий и «сходный характер культурной сложности» [426. С. 32]. Л.Е. Гринин и А.В. Коротаяев определяют Мир-Систему (или центральную мир-систему) как «обладающую системными характеристиками предельную совокупность человеческих обществ, заметным образом прямо или опосредованно связанных между собой». Существенно, что за границами данной совокупности уже нет значимых контактов и взаимодействий между обществами и другими компонента-

⁵⁶⁹ Автором термина «биосфера», введённого в труде по гидрогеологии (1803), считается Ж.-Б. Ламарк. Австрийский геолог Э. Зюсс (1831–1914) использовал его (1875) в работе по геологии Альп, трактуя биосферу как особую оболочку земной коры, охваченную жизнью [59. С. 99–100; 255. С. 393].

ми, входящими в Мир-Систему (как и обществами, входящими в какую-либо периферийную мир-систему). В течение тысяч лет Мир-Система расширялась на афроевразийском пространстве, пока её границами не стали океанские побережья. По отношению к этой центральной мир-системе (=Мир-Системе) американская мир-система была периферийной. При этом путешествия скандинавов в Новый Свет и даже создание там поселений не повлекли значимых изменений ни в центральной мир-системе (т.е. в Европе), ни в периферийной мир-системе (т.е. в Америке). «Чем более крупной и разнообразной по составу своих элементов, по своей структуре оказывается социальная система, чем больше и сложнее в ней связи, тем при прочих равных условиях выше скорость её развития» [199. С. 9–10].

Мы попытаемся: 1) представить сингулярность биосферно-социальной эволюции как генеральный фактор, который задаёт направление преобразования системы общества; 2) пофантазировать о будущих отношениях человека (как познающего начала) с техникой.

Предварительно вспомним, что в *структурном* (статическом) аспекте степень сложности системы – сумма $N+K$, где N – число элементов в системе; K – число связей между ними. *Алгоритмическая* (функциональная, поведенческая) сложность – минимальная *длина алгоритма*, который способен воспроизвести последовательность данных, необходимую для описания поведения системы, скажем, в инструкции по управлению ею [428. С. 35–36]. Поэтому чем больше форм взаимодействия между людьми (не считая родственных), чем выше *скорость* взаимодействий, чем больше их *дальность*, тем сложнее динамическая система общества. Очевидно, прогрессу взаимодействия способствует развитие методов записи и хранения данных, а также – средств искусственных коммуникаций, транспорта, связи, обработки данных для принятий решений, актуальных для более интенсивного взаимодействия. Интенсификация же и рост разнообразия социального взаимодействия подхлестывается развитием *техники* (см., например: [44; 47; 60; 67; 84; 97]).

Движение истории в модели Дьяконова. И.М. Дьяконов установил (1991): в мировой истории за период $T \geq 120$ тыс. лет в некоторые моменты t_n произошло восемь *фазовых переходов* (бифуркаций). Вычленив фазы исторического развития, Дьяконов исходил из двух базовых показателей: уровня технологии и состояния социально-психологических процессов. Тогда получается, что переход человеческого общества от одного типа хозяйствования к другому «должен сопровождаться сменой социальных ценностей». Иными словами, «то, что было антиценностью, должно стать ценностью, а то, что было ценностью, должно стать антиценностью». Причём Дьяконов выделил ту область технологии, где прогресс «оказывает непосредственное влияние на смену производственных отношений. Это прогресс в производстве оружия».

Однако изменения в военной технологии сами по себе не влекут смену общественных отношений. Их смену вызывают «только такие изменения, которые сопровождаются сменой ценностной ориентации». И наоборот: перемена ценностей «не приводит к коренной смене общественных отношений, если она не подкреплена наступившей или хотя бы могущей наступить революцией в технологии производства оружия». В мировой истории непрерывно происходит столкновение обществ, относящихся к различным фазам. Но одна фаза от другой «нормально отделяется не революционным переворотом, а переходным периодом» (т.е. «фазовым переходом») различной длительности [102. С. 12–14].

Так, первобытную фазу (началась ≈ 40 тыс. лет до н. э.) сменила первобытнообщинная (≈ 10 тыс. лет до н. э.), а её – ранняя древность (≈ 3 тыс. лет до н. э.) etc. Последовательность моментов $\{t_n\}$ обладает свойством *геометрической прогрессии*. Иначе говоря, выполняется закон сокращения в α раз ($\alpha > 1$) длительности $t_f - t_n$ каждой n -ой фазы эволюции по сравнению с предыдущей ($n-1$ -й). И n -й переход происходит в момент $t_n = t_f - T/\alpha^n$. Момент t_f – предел последовательности $\{t_n\}$, или *сингулярность* истории (рис. 6) [229; 230. С. 19–23]. После неё в характере исторического процесса неизбежны «существеннейшие и совершенно беспрецедентные изменения» [230. С. 25]. Естественно, при таких расчётах неизбе-

жен разброс в оценках параметров модели и, следовательно, в результатах. Так, у Дьяконова $\alpha \approx 2,25$, $t_f \approx 2064$ год; а, например, у С.П. Капицы $\alpha \approx e$, $t_f \approx 2027$ год [230. С. 43–44].

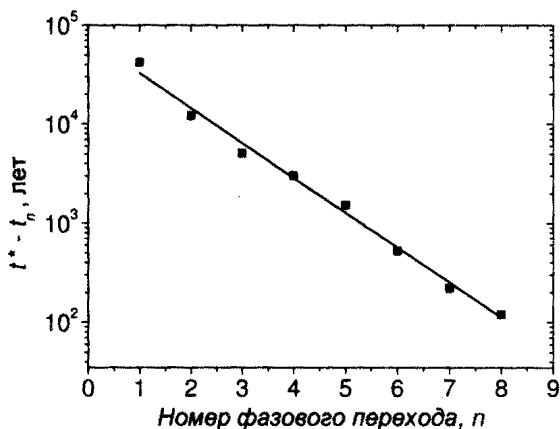


Рис. 6. «Расписание поезда истории», по И.М. Дьяконову, т.е. переходы, определяющие *условное начало* фаз истории:

- 1 – первобытная (≈ 40 тыс. лет до н.э.); 2 – первобытнообщинная (≈ 13 тыс. лет до н.э.); 3 – ранняя древность (≈ 3 тыс. лет до н.э.); 4 – имперская древность (≈ 1 тыс. лет до н.э.); 5 – Средневековье (≈ 540 г.); 6 – стабильно-абсолютистское постсредневековье (≈ 1540 г.); 7 – капиталистическая (≈ 1845 г.); 8 – посткапиталистическая (≈ 1945 г.).

Точка сингулярности $t_f \approx 2064$ г., $\alpha \approx 2,25$ [230. С. 23]

Отметим два любопытных, но не столь уж редких в истории науки обстоятельства: 1) Гипотеза о существовании «закона многоуровневой геометрической прогрессии в длинах исторических периодов» была выдвинута новосибирским исследователем Е.Д. Гражданниковым (1966) и *независимо* москвичами: Е.А. Никифоровым, Б.Ф. Поршневым и др. (1969). В книге «О начале человеческой истории» (1974) Б.Ф. Поршнева писал: «Ряд авторов полагает, что длительность или протяжённость каждой формации короче, чем предыдущей, примерно в три или четыре раза»

(цит. по: [429. С. 115]). 2) Прошло 14 лет, и Е.Д. Гражданников с горечью пишет: «К сожалению, в исторической науке идея геометрической прогрессии не получила признания. Отчасти это связано с тем, что каждый историк обычно исследует отдельный период и выход за его рамки означает необходимость овладения новым методом исследования» [429. С. 115]. По оценкам Гражданникова, рубеж, до которого может действовать закон многоуровневой геометрической прогрессии, т.е. дата, аналогичная по смыслу точке сингулярности t_s , составляет 2151 год \pm 20 лет [429. С. 118].

Но разве выводы об ускорении социокультурных процессов не делались раньше? Делались. Вот Г.Д. Гачев в начале 1960-х гг. заговорил об «ускоренном развитии литературы» [22. С. 410]. Американский социолог, философ, публицист-футуролог О. Тоффлер предложил неологизм *future-shock* (1970), обозначающий шок от столкновения с будущим. Учёные-естественники ощущают это непосредственно по нарастающему темпу появления ценных научных результатов. Скажем, палеонтолог А.В. Марков признаёт: «Самое интересное в проблеме изучения жизни – что приближение к разгадке всё ускоряется и ускоряется, всё быстрее делаются открытия, закрывающие те или иные бреши в этой гипотетической схеме, на этом долгом пути от неживого к живому» [424].

Тем не менее и сегодня сингулярность Дьяконова, кажется, не имеет той известности, какой она заслуживает своей значительностью. Однако наблюдательные интеллектуалы констатируют, что «многие предметы, явления и идеи во всё ускоряющемся времени» стремительно утрачивают актуальность, становясь реальными или потенциальными экспонатами музея. Московский поэт и эссеист Л. Рубинштейн, подметив это, заключает: коли подобные вещи не осмыслены именно как музейные объекты, то они становятся социальным мусором. Хуже всего, когда «мусор используется как актуальный объект актуальной жизни. Мы окружены со всех сторон архаическим мусором наподобие “держав”, “патриотизмов”, “национальных гордостей” и прочих прялок-веялок, мусором, необычайно вредящим социальной экологии. В то время как му-

зей – это художественная штопка нашей рвущейся в разных местах исторической памяти» [430. С. 137, 138].

В математике прилагательное «сингулярный» указывает на некую особенность⁵⁷⁰. Сингулярность давно известна в релятивистской физике: она предсказывает неограниченный рост массы m движущейся частицы (с массой покоя m_0) с приближением её скорости v к световой c по формуле $m = m_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$. В синергетике сингулярность называют режимом с *обострением* (blow up): длительная квазистационарная стадия на старте, когда не происходит никаких заметных изменений. А вблизи финального момента времени t_f – напротив, сверхбыстрый, лавинообразный рост $N(t)$ по *гиперболическому* закону

$$N(t) = 1/\beta(t-t_f), \quad (9)$$

где момент $t_f = 1/\beta N(0)$ называют временем обострения. Обострение возможно в открытых нелинейных системах с сильной положительной обратной связью (оцениваемой параметром $\beta > 0$), если внутренние источники энергии мощнее, чем процессы рассеяния (диссипации⁵⁷¹), т.е. потеря энергии [12. С. 239; 26. С. 177].

Отнюдь не банально⁵⁷², что в синергетической теории творчества инсайт⁵⁷³ уподобляют режиму с обострением. Е.Н. Князева

⁵⁷⁰ Скажем, сингулярной (или вырожденной, или особой) называют квадратную матрицу, определитель которой равен нулю; сингулярным интегральным уравнением – интегральное уравнение с ядром, обращающимся в бесконечность области интегрирования так, что соответствующий несобственный интеграл, содержащий неизвестную функцию, расходится и заменяется своим главным значением по Коши [216. С. 130, 543–544].

⁵⁷¹ Диссипация энергии (от лат. dissipatio – рассеяние < dissipare – рассыпать, разбрасывать, расточать, тратить [2. С. 198]) – переход части энергии упорядоченного процесса (скажем, электрического тока) в энергию неупорядоченного процесса, в конечном счёте – в тепловую, например, в джоулеву теплоту [332. С. 654].

⁵⁷² Банальный (фр. banal – обыкновенный; общинный) – лишённый оригинальности, избитый.

⁵⁷³ Инсайт (англ. insight – проникательность; способность проникновения в суть; интуиция; понимание) – озарение, внезапное, ясное понимание; в психотерапии термин «инсайт» означает, что пациент осознаёт своё состояние (либо причины его).

подчёркивает, что инсайт – процесс катастрофический: это очень быстрое и внезапное нахождение решения проблемы, это этап, на котором происходят наиболее удивительные события в ходе творческой активности человека. Инсайту предшествует длительная стадия инкубации⁵⁷⁴, т.е. вызревания, вынашивания идеи. «Инсайт – это момент инновационной кристаллизации знания и прорыв в будущее». Он возможен из-за моментальной структурной сборки целостного образа, т.е. благодаря «установлению связей между тем, что доселе казалось несоединимым». Инсайт – «неожиданный скачок в понимании, внезапное обнаружение смысла, связанное с новым соединением образов, идей мыслей, элементов знания» [29. С. 28–33].

А.Д. Панов доказал расчётами (рис. 7), что закону $t_n = t_f - T/\alpha^n$ довлеют 19 фазовых переходов (революций, или бифуркаций) к повышению сложности на планете, включая 8 социокультурных, по Дьяконову.

Вернёмся к социуму. Гиперболический рост $N(t) = 1/\beta(t_f - t)$ населения N Земли, где $t_f \approx 2027$ год, открыли (1960) Х. фон Фёрстер с коллегами [199. С. 135]. Рост объясняет уравнение М. Кремера (1993) $dN/dt = \beta N^2$: чем больше население N , тем выше вероятность рождения детей (N). И – по гипотезе С. Кузнеця (1960) – тем больше «изобретателей», стимулирующих прогресс *жизнеобеспечивающих* технологий. По М. Кремеру, уровень T технонаучного развития растёт как $dT/dt = bNT$: чем больше населения N и чем шире научно-технологическая база T , тем вероятнее появление новаций (T) [199. С. 138; 426. С. 25–28].

Неразрывность самоусложнения и саморазвития. Модель А.В. Коротаева с коллегами для развития Мир-Системы учитывает нелинейную положительную обратную связь *второго* порядка между сложностью (отчасти определяемой $N+K$) и техноростом (измеряемым уровнем T). Технонаучный прогресс, расширяя экологическую нишу планеты, влечёт демографический рост N , тем

⁵⁷⁴ Инкубация (от лат. *incubare* – ложиться на что-либо, высидывать птенцов) – скрытое, без внешних проявлений развитие, например микробов, внедрившихся в организм.

самым – число изобретателей, объём их продукции и потому – рост T . А прогресс жизнеобеспечивающих технологий увеличивает популяцию N и т.д. по циклу *круговой причинности*: $N \leftrightarrow T$. Объём производства «избыточного» ВВП⁵⁷⁵ на душу населения S для данного уровня T пропорционален населению Земли: $S = kN$, где k – константа. И «мировой избыточный продукт» SN растёт стремительно: по квадратично-гиперболическому закону, т.е. обратно пропорционально квадрату разности ($t_f - t$):

$$SN = k/\beta^2(t_f - t)^2. \quad (10)$$

Та же динамика у роста *грамотности* населения (до 1980-х гг.).



Рис. 7. «Расписание поезда биосферно-социальной эволюции», по А.Д. Панову. Для 19 моментов t_n , т.е. для 11 биосферных и 8 исторических фазовых переходов (революций), выполняется закон геометрической прогрессии $t_n = t_f - T/\alpha^n$, где $T \approx 4$ млрд лет, $\alpha \approx 2,67$, точка сингулярности $t_f \approx 2004$ год ± 15 лет [230. С. 39]

⁵⁷⁵ Валовой внутренний продукт (ВВП) – обобщающий экономико-статистический показатель, который отражает совокупную стоимость конечных товаров и услуг (в рыночных ценах).

Законы (9) и (10), т.е. рост переменных $N(t) = 1/\beta(t_f - t)$ и $SN = k/\beta^2(t_f - t)^2$, есть два измерения развития Мир-Системы. Его механизм – *нелинейная положительная* взаимная связь $N \leftrightarrow T$ [426. С. 30, 35–36; 199. С. 148]. Согласно В.Г. Буданову, в современной ситуации на планете очень быстро возрастает значение взаимодействия двух и более (n) информационных потоков (несущих, как выше говорилось, содержание различных репликаторов). Поэтому, как сказал бы науковед, становится всё заметнее «перекрёстное опыление» людей идеями, т.е. репликаторами. По Буданову, для динамики потоков тоже справедливо уравнение Кремера $dJ/dt = \beta J^2$, где J – мощность информационного потока, измеренная в некоторых единицах. Буданов обобщает модель Кремера на случай, когда одновременно происходят взаимодействия двух, трёх, ... n информационных потоков:

$$dJ/dt = \beta_1 J + \beta J^2 + \gamma J^3 \dots + \delta J^n. \quad (11)$$

Что же тогда означает повышение вклада в скорость dJ/dt слагаемых, описывающих двойное (βJ^2), тройное (γJ^3) взаимодействие и т.д. – вплоть до (δJ^n)? Оно означает, что всё более эффективно начинает работать *коллективный* (глобальный, как иногда говорят) разум по сравнению с индивидуальным разумом одиночек, дающим вклад $\beta_1 J$. По мысли В.Г. Буданова, некоторые из коэффициентов β_1 , β , γ , δ могут быть отрицательными. Ведь существует не только самоускоряющееся производство знания, но и его гибель, диссипация: за счёт забывания, т.е. ухода из общественной памяти, из-за опровергающей критики (упоминавшихся выше «закрытий» [80. С. 212]), войн, истребляющих людей и библиотеки, природных катастроф и т.п. [26. С. 177]. Значит, подоплёка саморазвития мира – прогрессирующий рост сложности, ведущий к ускорению развития [199. С. 10].

За счёт каких ресурсов воспроизводится самоусложнение? А priori ясно: ресурс репликации (самовоспроизводства) любой структуры *ограничен*. Доказательствами служат прецеденты: во-первых, цепь эволюционных кризисов *биосферы* (рис. 7). Во-вторых, проявления ограниченности материально-энергетических ресурсов *человечества* на любом этапе его техноразвития (T), по

Дьяконову (рис. 6, 7). Например, ≈ 140 тыс. лет назад появился Ното сарпиенс – лидер эволюции, отец техники. Её рост (T) открывает новые ресурсы самовоспроизводства людей (N). Но технорост T повышает темп расходования ресурсов вплоть до *исчерпания* [230. С. 31–34]. По реконструкции В.В. Емельянова, истощены также интеллектуальные ресурсы, заимствуемые из культур мёртвых народов древности [179. С. 52–53].

Поэтому выход Мир-Системы из режима самоусложнения (режима с обострением) обеспечивают: α) *информационный кризис* по прогнозу Ст. Лема («Сумма технологии», 1963): экспоненциальный рост науки возможен не далее 1990–2030-х гг. Иначе каждый житель Земли должен стать учёным [230. С. 98–100]. Даже в экономически развитых странах скорость роста ассигнований на науку отстаёт от темпа инфляции⁵⁷⁶ [81. С. 185]. По оценкам, развитие Мир-Системы подчинялось гиперболическим моделям лишь до 1960–1970-х гг. Согласно им население планеты стало бы бесконечным уже в 2020-е гг., а мировой ВВП – ещё раньше: в 2005 г. Естественно, что задолго до этого рост Мир-Системы перестал быть гиперболическим [199. С. 149].

⁵⁷⁶ Самую щедрую поддержку фундаментальная наука в мире получила в 1966 г. К 1978 г. финансирование снизилось в 13 раз. Число учёных в России в 1996 г. уменьшилось по сравнению с 1989 г. в четыре раза [81. С. 185–186]. По данным прессы, сегодня на нужды науки в США ежегодно выделяют \approx \$370 млрд, в КНР – \approx \$180 млрд, в России – \approx \$5,5 млрд. Печален опыт Академии наук Венгрии: в начале 2010-х гг. ей перестали выделять средства. Академик РАН и РАН В. Черешнев (в интервью «Новой газете» 17.07.2013) сообщает, что финансирование всех 436 научных институтов РАН равно бюджету рядового американского университета. В 2013 г. РАН получила из госказны в 3–4 раза меньше, чем в 1990-м. Зато в столице, городах и всех РФ с энтузиазмом строят церкви, часовни, мечети... Анонимный законопроект о реорганизации РАН, внесённый от имени Правительства РФ в начале июля 2013 г. в ГД и мгновенно принятый ГД в сентябре, был воспринят академической корпорацией как начало конца. А рггос, по оценкам экономистов, в РФ за минувшие 20 лет число специалистов, занятых в НИОКР, упало вдвое и составляет \approx 445 тыс. человек (в США это 1,3 млн человек). Одна из причин – «утечка мозгов». По данным опроса исследовательской службы «Среда», осенью 2012 г. среди лиц с высшим образованием в РФ готовы были из неё эмигрировать \approx 17%.

С конца 1970-х гг. сказывается «эффект насыщения» роста доли грамотных l людей: $l \leq 100\%$ (повышение l взаимно связано с увеличением «избыточного» ВВП на душу населения $S = kN$: $S \leftrightarrow l$) [426. С. 62]. β) Рост *женской грамотности*: с 1970-х он снижает рождаемость. Вопреки прогрессу жизнеспасающих технологий (T) он перевешивает действие роста общей грамотности (l), снижающего смертность [426. С. 63]. Рост населения Земли N тормозится, когда её грамотное население более 50%, мужская грамотность $\approx 60\%$, женская – более $\approx 40\%$ [426. С. 56]. γ) С середины 1960-х снижаются относительные темпы *урбанизации* мира. По прогнозам, к XXII в. население мира достигнет ≈ 15 млрд человек [81. С. 187], а городское население установится на отметке ≈ 7 млрд чел. (рис. 8, *a*) [426. С. 65].

К чему ведёт рост сложности ($N+K$)? После 1970-х гг. он выводит Мир-Систему из режима самоусложнения (гиперболического роста N) в состояние стабилизации, когда $N \approx \text{const}$, превращая систему в *самоограничивающуюся* (рис. 8, *a*). Подобное самоускорение, влекущее за собой самоограничение из-за исчерпания ресурса, нам знакомо: оно имеет место в химической автокаталитической реакции. Строение её кинетической кривой $x(\tau)$ на рис. 8, *б* [371. С. 21] подобно форме графика для народонаселения Земли $N(t)$ на рис. 8, *a* [426. С. 66]. Автокаталитическая реакция – в отличие от людей и их организаций – *не* имеет цели.

Что роднит эти два сюжета? Во-первых, явление репликации в цепи обратной связи: в реакции продукт Z автокатализа обладает каталитическим действием, вновь порождая самого себя, т.е. Z . Мир-Системе же свойственно самовоспроизводимое влияние уровня технологической оснащённости T человечества на численность населения N , и наоборот – по схеме положительной обратной связи $N \leftrightarrow T$. Во-вторых, как количество исходного вещества A химической реакции, так и человеческие ресурсы N Земли ограничены. В-третьих, на графиках зависимости от времени (S -образной кривой) существует точка перегиба, после которой скорость процесса начинает уменьшаться. Это соответственно 1970-е гг. на рис. 8, *a* [426. С. 14] и точка c на рис. 8, *б* [371. С. 21].

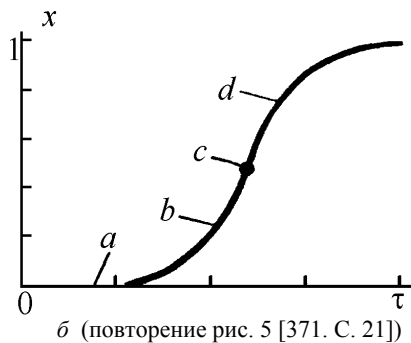
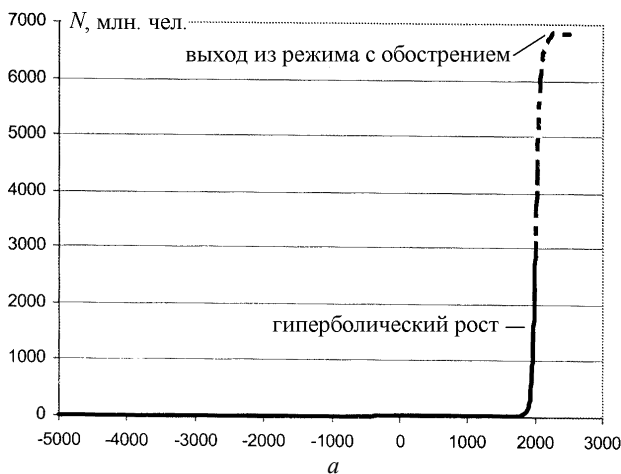


Рис. 8. Переход от закона гиперболического роста городского населения Земли N (режима с обострением) к стабилизации, когда население городов $N \approx 7$ млрд чел., в модели Мир-Системы А.В. Коротаева и др. [426. С. 66].

По горизонтальной оси – время, годы (a). Зависимость степени превращения x исходного вещества A в продукт Z с каталитическим действием от нормированного времени τ имеет четыре периода: a) реакция протекает очень медленно; b) увеличение скорости v реакции ($dv/dt > 0$); c) точка перегиба, когда скорость v максимальна; d) уменьшение скорости ($dv/dt < 0$) [371. С. 21] (б).

У всех целеустремлённых систем деятельности с ограниченным ресурсом уровень сложности изменяется по закону экспоненциально-логистической кривой (S -образной кривой) [60. С. 224; 405. С. 18]. Так, число публикаций по какой-либо проблеме растёт как $x(\tau)$

Несмотря на самоограничение, когда $N \approx \text{const}$, Мир-Система увеличивает свою функциональную сложность (за счёт повышения сложности деятельности значительной доли людей). Однако стабилизация N есть принципиально (и непредставимо пока) иной *modus vivendi et operandi*⁵⁷⁷ мира: ведь исключён *прирост* «изобретателей»! Темп техноразвития T тормозится (в силу обратной связи $N \leftrightarrow T$), усугубляя информационный кризис науки (по Лему). Выходом был бы *интенсивный* тип развития человечества, а не экстенсивный. Ведь всегда в истории Земли развитие человечества идёт именно за счёт роста N [231. С. 134].

Напрашивается естественный вопрос: имели ли место в далёком прошлом режимы гиперболического роста Мир-Системы и выходы из него? Анализ статистических данных, накопленных историческими науками, показывает: имели. Например, стремительное ускорение характерно для развития в течение нескольких тысяч лет после аграрной революции (начавшейся приблизительно в 9-м тысячелетии до н. э.). Бурный рост политической централизации произошёл также в 1-м тысячелетии до н. э. Тогда большинство обитателей Мир-Системы оказались под контролем всего четырёх «империй»: римской, парфянской (часть территории от Двуречья до реки Инд), кушанской (часть территории современной Средней Азии, Афганистана, Пакистана, Северной Индии) и ханьской (Китай). Одним из механизмов гиперболического роста послужило распространение металлургии железа. Оно обеспечило производство относительно дешёвого и эффективного вооружения, а тем самым – формирование многочисленных армий. Без них появление мировых империй вряд ли было возможным [199. С. 112, 168, 172].

Технологическая сингулярность спасительна? В 1950-е гг. Дж. фон Нейман и Ст. Улам, жившие в США, предсказывали появление *искусственного интеллекта* (ИИ). Улам вспоминал: «Один из разговоров крутился вокруг всё ускоряющегося технического прогресса и изменений в образе жизни людей, по которым

⁵⁷⁷ Образ жизни и действия (лат.).

похоже, что приближается некая важная сингулярность в истории человеческого рода, после которой дела человечества, какими мы их знаем, не смогут продолжаться» (цит. по: [431. С. 156–157]). Добавим к этому, что по прогнозу Е.Д. Гражданникова (1988), «кибернетический» этап развития материи (он сменит «общественный», длившийся 40 тыс. лет) наступит около 2095 г. [429. С. 121].

Американский математик и писатель-фантаст В. Виндж заявил (1993): когда появится техническая возможность создать сверхчеловеческий разум (≈ 2030), эра человека закончится [231. С. 30; 14]. Американский изобретатель и футуролог Р. Курцвейл в бестселлере «Сингулярность уже близка» (2005) предсказывает её после 2045 г., когда компьютеры смогут *самовоспроизводиться*, постоянно *самосовершенствуясь*. Причём исчезнут четкие границы между человеком и машиной. А к 2099 г. предсказывается интеграция людей Земли и искусственного интеллекта в единый сверхорганизм. Однако он будет поглощать ресурсы Земли, а затем и других космических объектов [431. С. 148, 157–158]. Прогресс NBICS-технологий придаёт техносингулярности и реалистическое звучание [85. С. 57–87; 431. С. 7–322, 539–561; 24], и тревожные ноты [85. С. 32–37; 231. С. 118–143; 125; 432].

В этом свете техносингулярность, связанная с искусственным интеллектом, – не просто прогноз. Отважмся увидеть в ней механизм *поддержания производства знания* (T) в ситуации падающего прироста «изобретателей», т.е. когда $N \approx \text{const}$. Тем самым мы касаемся сценариев будущего, скажем, концепции галактического культурного поля, где осуществляется программа SETI⁵⁷⁸ (поиска внеземного разума). И, «возможно, через неё Вселенная реализует свой потенциал к саморазвитию, используя разум как промежуточную ступень эволюции» [230. С. 127]. Отнюдь не фантастикой выглядит синтез человека с «носителем» искусственного интеллекта средствами NBICS-технологий [85. Ч. 78–80; 87; 88; 431]).

По нашему мнению, в этом проблемном пространстве есть новая тема для дискуссии и исследований: *технологическая сингу-*

⁵⁷⁸ Акроним составлен из букв: Search for ExtraTerrestrial Intelligence.

лярность в состязании со стабилизацией Мир-Системы. Поскольку стабилизация суммарной численности людей N исключает привычное экстенсивное развитие человечества, то её правомерно рассматривать как новый вызов эволюции, как угрозу. Пытаясь двигаться в угадываемом русле этой темы, приведём несколько соображений. Будем исходить из идеи «наблюдателя над наблюдателем» в процессах познания [195. С. 61–62, 79–82, 104–107] и трактовки S -образной кривой развития целеустремлённых систем деятельности [60. С. 222–228; 134. С. 55–73; 405. С. 18].

Согласно ей, каждая такая система, истощая ресурс саморазвития, встаёт перед выбором из двух сценариев будущего. Либо постепенно деградировать, с определённого момента теряя уровень своей сложности. Такое будущее на рис. 8, б предвещает стадия d уменьшения скорости v реакции ($dv/dt < 0$). Либо попытаться создать новую экологическую нишу. Тогда система получает шанс наращивать уровень своей сложности. Это будет означать, что система «попала» на новую S -кривую развития, соответствующую создаваемой экологической нише (рис. 9). Для новой S -кривой тоже характерна стадия a , когда развитие протекает очень медленно. Зато далее наступит стадия b , когда скорость v развития растёт ($dv/dt > 0$), т.е. сложность увеличивается, ускоряя свой рост (как это изображают рис. 8, б и 9).

На какую спасительную экологическую нишу можно рассчитывать? Где искать новый ресурс социокультурной эволюции? Очевидно, там же, где и прежде искал его (и почти всегда находил) человек. Со времён неолита или даже раньше он обретал выручавший его ресурс в ментальной сфере, т.е. в способностях собственного разума. Об этом часто пишет И.М. Дьяконов [102; 229]. И у других авторов, изучавших долгий путь человеческого общества, не раз находим ту же мысль. Скажем, у И.П. Смирнова, построившего психоисторический подход к искусству и культуре, читаем: «Операции ума – не что иное, как результат борьбы за самосохранение» [433. С. 9].

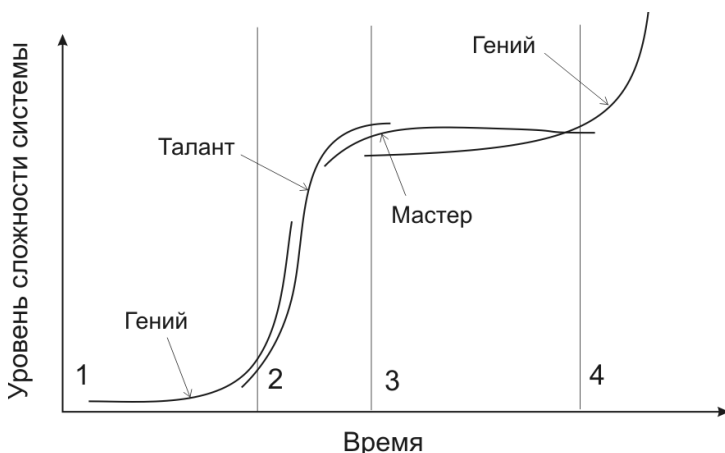


Рис. 9. Возможные сценарии развития (как повышения сложности) целеустремлённых систем деятельности, намеченные фрагментами S-кривой.

Стадии развития системы: 1 – зарождение системы; 2 – быстрый рост; 3 – стагнация; 4 – разрушение системы, но с целью повышения её уровня сложности. Для каждой стадии развёртывания целенаправленной системы деятельности существенно важна работа триады субъектов творчества (в терминах [60; 134]): Гения, Таланта, Мастера [134. С. 73]

Ergo, требуется как минимум радикальное укрепление ума в качестве источника операций, позволяющих решать необычные проблемы. Таким – но не единственным! – средством укрепления ума служат компьютерные системы: сами по себе, а тем паче – в составе NBICS-стратегии (и SCIBN-стратегии, отдающей приоритет развитию коллективного и персонального разума). В родстве с этой задачей – вопрос о том, как соотносятся возможности ума человека и возможности машины Тьюринга⁵⁷⁹ (рассматриваемой в плане восприятия доказательств математических и логических положений) [435. С. 17, 19].

⁵⁷⁹ А.М. Тьюринг (1912–1954) – английский математик и инженер, построивший теорию универсальных автоматов и первую в Англии универсальную вычислительную машину. Он ввёл понятие уточнённого абстрактного эквивалента алгоритма (вычислительной функции), а также дал описание (1936) «машины Тьюринга» – устройства, способного вывести все доказуемые узкого исчисления

Над этим вопросом (ещё до эры вычислительных машин) задумался К. Гёдель (1906–1978), австрийский математик, логик и философ математики, эмигрировавший (1940) в США. Он известен как автор «теорем Гёделя» (1930–1933), в частности утверждающих невозможность полной формализации всей существующей математики и доказательства её непротиворечивости. Часто теоремы Гёделя излагают в сокращённом виде: 1) если теория непротиворечива, а теоремы её есть аксиомы формализованной математики, то теория эта не полна; 2) истинность (непротиворечивость) теории, содержащей формализованную математику, нельзя доказать с помощью конечных (финитных) процессов в рассуждениях, какие незадолго до того предлагал Д. Гильберт [91. С. 267; 217. С. 681; 224. С. 124; 243. С. 143]. В контексте цитированных выше мнений об ожидаемой роли ИИ в будущем важна исследовательская позиция Гёделя. Он уверен: «Человеческий разум не является полностью иррациональным, задавая вопросы, на которые нет ответа, предполагая при этом, что только разум готов дать их». Гёдель рассчитывает на познавательный потенциал математики. Благодаря её силе, «с помощью законов и процедур, о которых даже не подозревали, обеспечивается не только решение всех соответствующих проблем, но также и решение их наиболее красивым и совершенным образом. Этот факт может быть назван “рационалистическим оптимизмом”» (цит. по: [435. С. 19–20]). И мы разделяем его.

Финал: шесть гипотез и два возражения. Тогда формулируются ряд предположений.

Гипотеза 1. Вблизи техносингулярности ($t \approx t_j$) искусственные «изобретатели» (т.е. искусственный интеллект) *менее ресурсоёмки*, чем «изобретатели»-люди. Тогда искусственный интеллект как источник новых идей, т.е. роста T (в ходе развития инженерии знаний – см., например: [24; 434. С. 11]), восполнит недобор «изобретателей»-людей. И кадровый кризис науки, по Ст. Лему, преодолим.

предикатов. Тьюринг разработал первый проект электронного мозга и поставил (1948) проблему обучения вычислительных машин [224. С. 473–474].

Гипотеза 2. Человек сначала передаст часть своих «изобретательских» функций искусственному интеллекту. Но человек сохранит ряд миссий: *a)* целеполагание Z_1 для альтернативных «элементарных» искусственных интеллектов; *b)* выбор стратегий решения проблем из спектра возможных, предлагаемых искусственному интеллекту; *c)* корректировка цели Z_1 либо целеполагание Z_2 и т.д. по циклу.

Гипотеза 3. Передача когнитивной эстафеты от человека к искусственному интеллекту есть завершение первого на Земле *мегацикла эволюции* (он начался ≈ 4 млрд лет назад при зарождении жизни). В идее первого мегацикла можно видеть *эвристический*⁵⁸⁰ сюжет при обсуждении концепции А.Д. Панова «Разум – промежуточное звено эволюции в Космосе / Мультиверсе» [230. С. 116–149].

Гипотеза 4. На втором мегацикле эволюции пошаговое делегирование всё большего числа функций человека самоусложняющемуся искусственному интеллекту обеспечит техноразвитие *T*. Первый «шаг» описан выше; второй предполагает передачу человеком части своих «супервизорских» полномочий ИИ-«наблюдателю» над множеством «элементарных» искусственных интеллектов etc.

Гипотеза 5. Второй мегацикл эволюции закончится, когда способность к целеполаганию у искусственного интеллекта приблизится к человеческой в итоге «шагов», совершенствующих человека и искусственный интеллект по кругу: сложность человека \leftrightarrow сложность искусственного интеллекта.

Гипотеза 6. «Запаздывание» техносингулярности (скажем, искусственный интеллект окажется непомерно ресурсоёмким) ведёт к самоускоряющемуся падению культурной сложности Мир-Системы. Его грубой моделью служит вызванный революциями (1917) переход от русского ренессанса рубежа XIX–XX вв. к обществу, где убыль интеллектуальной элиты [131] – саморазвивающийся с переменной скоростью процесс [436].

⁵⁸⁰ Эвристика (от др.-гр. εὐρίσκω – находить; открывать, изобретать, выдумывать; εὕρεσις – нахождение, открытие, изобретение; εὕρετης – изобретатель [4. Стб. 556]) – совокупность логических приёмов и методических правил исследования и отыскания истины. Аналогично, у римлян inventio – изобретение.

Вопрос скептика 1. Целеполагание немыслимо без интуиции (insight). Современный итальянский философ и логик Э. Агацци убеждён: «Эта интуиция как раз и есть то нечто, которое нельзя перевести в операции», выполняемые в компьютерах, имитирующих «некоторую схему человеческого способа рассуждения» [434. С. 14, 15]. Что же, второй мегацикл эволюции завершается появлением *III-интуиции*?

Вопрос скептика 2. Согласно Им. Канту, «приобретение... разумным существом способности ставить любые цели вообще... – это культура» (цит. по: [437. С. 220]). Что же, второй мегацикл завершается появлением *III-культуры*?

Но пусть над этим поразмышляет заинтересованный читатель. Пусть он задаст *себе* побольше вопросов о собственном будущем. М. Хайдеггер учил: «Вопрошание есть наше благочестие»⁵⁸¹ (цит. по: [438. С. 168]). У физиков оно тоже профессиональное благочестие⁵⁸².

⁵⁸¹ С точки зрения учёного-естественника и с учётом толкования этого старинного слова В.И. Далем [3. Стб. 233] наше благочестие есть уважительное признание высоких истин науки и исполнение их на деле.

⁵⁸² Один из свежих примеров его – принципиальный спор, какой ведут публично П.С. Ланда и профессор МГУ С.Э. Шноль о предполагаемых последним «флуктуациях времени и пространства». По мнению П.С. Ланды, открытые С.Э. Шнолем явления вполне объяснимы с позиций классической физики. П.С. Ланда подчёркивает универсальность колебательно-волновых явлений в природе, обществе, технике и формулирует необходимые свойства математических моделей, предлагая четыре типа моделей [439. С. 122–124].

Среди фундаментальных по своей значимости *вопрошаний* физиков едва ли не главное – объективен ли мир математических форм? [440. С. 199–215]. Объективное существование его А.Д. Панов соотносит с непротиворечивостью математики [440. С. 191]. Анализируя идеи о природе абстрактных форм (от Пифагора и Платона до К. Гёделя и Р. Пенроуза), А.Д. Панов выдвигает знаменательный тезис: ««объективно познаваемо» то, что приводит к воспроизводимому знанию, – к знанию, которое может быть получено с использованием воспроизводимых методов». Он имеет в виду воспроизводимость именно метода, но не результата [440. С. 194, 217]. Значит, в таком контексте мы встречаемся с репликацией, с сообществом, занятым познавательной деятельностью, с его идеалами научности и с другими аспектами науки, затронутыми в главах 1, 3. Показательно, что они актуальны также для «разработки методологических проблем космологии»

Контрольные вопросы

1. Как Вы понимаете термин «Мир-Система»?
2. Чем, по-Вашему, структурная сложность отличается от алгоритмической?
3. Какими критериями руководствовался И.М. Дьяконов, выделяя фазы исторического развития?
4. Как Вы толкуете смысл понятия «сингулярность» в математике, физике и истории («сингулярность Дьяконова»)?
5. Кто считается автором термина «биосфера»?
6. Как Вы понимаете неразрывность самоусложнения и саморазвития Мир-Системы?
7. За счёт каких ресурсов воспроизводится самоусложнение Мир-Системы?
8. Почему переход от режима с обострением к стабилизации похож на зависимость степени превращения исходного вещества в продукт с каталитическим действием?
9. Кто предсказал технологическую сингулярность на основе искусственного интеллекта?
10. Разделяете ли Вы технологический оптимизм В. Винджа и почему?
11. Близок ли Вам «рационалистический оптимизм» К. Гёделя и почему?
12. Какая из шести гипотез о возможном будущем вблизи техносингулярности ($t \approx t_f$) кажется Вам наименее правдоподобной и почему?
13. Какая из шести гипотез о возможном будущем вблизи техносингулярности ($t \approx t_f$) кажется Вам наиболее правдоподобной и почему?

[440. С. 191]. На наш взгляд, важную параллель к (методо)логическим аргументам А.Д. Панова составляют ряд ключевых соображений о роли моделей и о так называемых «нерешаемых» задачах, которые высказывает П.С. Ланда [439. С. 122–124], а также обобщения Д.И. Трубецкого касательно роли законов подобия в познании [441]. Дополнительную актуальность приведённым выше мыслям в XXI в. придаёт тенденция глобализации науки. Ей способствует прогресс эволюционных и нелинейно-динамических представлений, затронутых ранее. А принципы глобальных исследований заложил (1930-е) В.И. Вернадский [442. С. 112–113].

Postscriptum. Дочитавшему до сего места студенту авторы приносят свои поздравления: ведь он, несомненно, обладает из ряда вон выходящей любознательностью, упорством в преодолении академических трудностей и хорошим когнитивным аппетитом. Вот и В.В. Набоков (1899–1977), феноменальный русский писатель, знаток отечественной культуры, истинный интеллектуал, по сходному поводу говорит: «Ведь случайный читатель, наверное, так далеко и не заберётся» [443. С. 510].

Желая укрепить нашего студента, «неслучайного читателя», в столь высоких добродетелях и ободрить его в дальнейших трудах саморазвития, оставляем ему на будущее цитаты из наших любимых авторов.

Первая – выразительная запись из интеллектуального дневника (1888–1889) Вяч.И. Иванова (1866–1949). Он был поэтом-символистом, переводчиком, знатоком и толкователем античности, теоретиком искусства, философом культуры, критиком, энциклопедически образованным гуманитарием. С 1924 г. Вяч.И. Иванов жил и работал в Италии. «Чем далее иду я, – откровенно признаётся он себе 24 марта 1888 г. – тем более чувствую потребность и любовь учиться. Но учение само по себе никогда не было мне приятно. Я хотел видеть обогащённым мой боевой арсенал; но припасать и размещать оружие было для меня тяжёлою работою. Усвоение чужой мысли и вид её богатства стесняли мою свободу и самостоятельность; то, что я открывал в ней нового, как бы упрекало меня в том, что это для меня ещё ново, и убеждало в бессилии предугадать и предузнать её собственным умом. Меня неприятно поражало в деле усвоения и то, что новые мысли и новый материал для мысли искусственно вторгались в моё собственное органическое развитие» [444. С. 16–17].

Вторая цитата – из выступления (14 ноября 1926 г.) В.И. Вернадского, настоявшего на возобновлении деятельности Комиссии по истории знаний⁵⁸³. Он говорил: «Научное изучение про-

⁵⁸³ По инициативе В.И. Вернадского, Академия наук 14 мая 1921 г. учредила «комиссию по истории науки, философии и техники», позже названную комиссией по истории знаний (КИЗ). В неё вошли 93 человека, из них 69 – академики и члены-корреспонденты Академии [445, с. 103]. В это время политическое руководство страны и ВЧК разработало кампанию по устрашению петроградской интел-

шлого, в том числе научной мысли, всегда приводит к введению в человеческое сознание нового. Но в моменты перелома научного сознания человечества так, и только так, открываемое новое может являться огромной духовной ценностью в жизни человека» (цит. по: [445. С. 103]). И ещё тезис Вернадского: «Необходимо ... вновь критически уходить в прошлое, потому что, благодаря развитию современного знания, в прошлом получает значение одно и теряет другое» (цит. по: [445. С. 107]). Правоту его слов читатель может, вероятно, проверить, если обернётся на собственное прошлое.

Третья – стихотворение польской поэтессы В. Шимборской:

Три поразительных слова

Довольно сказать «грядущее»,
и первый слог неминуемо оказывается в прошлом.

Стоит вымолвить «тишина»,
и я её тотчас уничтожаю.

Молвлю «ничто»,
и получается нечто, не востимое ни в какое небытие
[447. С. 169].

Vale!

лигенции, вылившуюся позднее в расстрельное «дело Таганцева». 14–15 июля 1921 г. в квартире Вернадского произвели обыск, он был арестован и двое суток содержался в Доме предварительного заключения в Петрограде. Всё же, после обращения руководства Академии к правительству учёный был освобождён [446. С. 7, 69]. Но работу КИЗ официально приостановили 6 декабря 1924 г. В ситуации грубого насаждения коммунистической идеологии Вернадский был вынужден отказаться от руководства КИЗ. Её председателем стал (3 октября 1930 г.) новоиспечённый академик «большевистского призыва» Н.И. Бухарин (1888–1938). 28 февраля 1932 г. Бухарин предложил преобразовать КИЗ в Институт истории науки и техники (ИИИТ), став его директором. Он поставил характерную цель: «критически воспринять наследие старой науки и техники» с позиций «марксистско-ленинского учения». Из-за арестов и казней сотрудников ИИИТ закрыли 15 февраля 1938 г. [445. С. 103–105].

Литература

Предвидя правомерный вопрос некоторых читателей: *не слишком ли велик библиографический список?* – авторы считают нужным разъяснить свою позицию.

α) Учебное пособие по самой своей теме оказалось в какой-то степени – пусть лишь формально и даже поверхностно – полидисциплинарным.

β) Отдельные затронутые вопросы, скажем, относящиеся к природе науки, не имеют пока окончательного разрешения, и нужно отразить разброс мнений.

γ) Поэтому потребовалось привлечь относительно широкий спектр разнородных литературных источников.

δ) Этика цитирования обязывает указывать *все* материалы, использованные составителями, и этому правилу весьма желательно научить студентов.

ε) Любознательному студенту или аспиранту библиографический список может служить в качестве мини-навигатора в «океане» источников.

ζ) Гипотетический читатель, задумавший добросовестно написать реферат по одной из тем, затронутых в пособии, также найдёт некий минимум ссылок.

η) Не исключено, что какие-то из цитируемых работ будут полезны коллеге, уточняющему содержание своих лекций.

θ) По каждой из глав основные тексты, рекомендуемые обучаемым для глубокого знакомства с вопросом, отмечены в библиографическом списке звёздочкой (*) перед номером.

1. *Витгенштейн Л.* Замечания по основаниям математики. Раздел VI // Хинтиikka Я. О Витгенштейне. Витгенштейн Л. Из «Лекций» и «Заметок» / пер. В.В. Целищева ; сост. и ред. В.А. Суровцев. М. : «Канон⁺» РООИ «Реабилитация», 2013. С. 225–271.
2. *Петрученко О.* Латинско-русский словарь. М. ; Пг. ; Харьков : Т-во «В.В. Думнов, Наследники Бр. Салаевых», 1918. 810 с.

3. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка / под ред. И.А. Бодуэна де Куртенэ. Т. 1–4: Т. 1: А–З. М. : Прогресс-Универс, 1994. 912 + X с.
4. *Вейсман А.Д.* Греческо-русский словарь. Репринт 5-го издания 1899 г. М. : Греко-латинский кабинет Ю.А. Шичалина, 1991. 1370 стб.
5. *Виноградов В.В.* История слов / отв. ред. Н.Ю. Шведова. М. : ИРЯ РАН, 2000. 1138 с.
6. *Франкл В.* Человек в поисках смысла / общ. ред. Л.Я. Гозмана, Д.А. Леонтьева ; вступ. ст. Д.А. Леонтьева. М. : Прогресс, 1990. 368 с.
7. *Декарт Р.* Небольшие сочинения 1619–1621 гг. // Сочинения : в 2 т. Т. I / сост., вступ. ст. В.В. Соколова. М. : Мысль, 1989. С. 573–580.
8. *Чайковский Ю.В.* Диатропика, эволюция и систематика // К юбилею С.В. Мейена : сб. ст. с приложением полного списка трудов С.В. Мейена (составил И.А. Игнатъев). М. : Т-во научных изданий КМК, 2010. 407 с.
9. *Петрицкий В.А.* Академик С.И. Вавилов и книга // Невский библиофил : альманах. СПб. : Северная звезда, 2012. Вып. 17. С. 39–48.
10. *Новейший философский словарь* / сост. А.А. Грицанов. Минск : Изд. В.М. Скакун, 1998. 896 с.
11. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка / под ред. И.А. Бодуэна-де-Куртенэ: Т. 1–4: Т. 2: И–О. СПб. ; М. : Прогресс-Универс, 1994. 912 с.
12. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М. : КомКнига, 2007. 272 с.
13. *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности / под ред. В.О. Малышенко, А.Д. Панова. М. : ЛИБРОКОМ, 2011. 608 с.
14. *Визгин Вл.П.* Н.А. Умов и П.Н. Лебедев: социокультурный тип русского учёного-физика на рубеже XIX–XX веков (Часть II. П.Н. Лебедев) // Исследования по истории физики и механики. 2000 / отв. ред. Г.М. Идлис. М. : Наука, 2001. С. 35–50.
15. *Трубецков Д.И.* Колебания и волны для гуманитариев : учеб. пособие для вузов. Саратов : Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 1997. 392 с.
- *16. *Трубецков Д.И.* Наука о сложностях в лицах, датах и судьбах. Как закладывались основы синергетики: Пиршество духа и драма идей. М. : ЛИБРОКОМ, 2013. 312 с.

17. *Претор-Пинни Г.* Занимательное волноведение: Волнения и колебания вокруг нас. М. : Лайвбук, 2012. 416 с.
18. *Гачев Г.Д.* Европейские образы Пространства и Времени // Культура, человек и картина мира / отв. ред. А.И. Арнольдов, В.А. Кругликов. М. : Наука, 1987. С. 198–226.
19. *Гачев Г.Д.* Наука и национальные культуры (гуманитарный комментарий к естествознанию). Ростов н/Д : Изд-во Ростов. ун-та, 1992. 320 с.
- *20. *Гачев Г.Д.* Книга удивлений, или Естествознание глазами гуманитария, или Образы в науке. М. : Педагогика, 1991. 272 с.
21. *Гачев Г.Д.* Национальные образы мира. Космо-Психо-Логос. М. : ИД «Прогресс – Культура», 1995. 480 с.
22. *Гачев Г.Д.* Национальные образы мира. Эллада, Германия, Франция: опыт экзистенциальной культурологии. М. : Логос, 2008. 424 с.
23. *Фет А.И.* Инстинкт и социальное поведение. Новосибирск : ИД «Сова», 2005. 652 с.
24. *Малинецкий Г.Г.* Когнитивный вызов в контексте самоорганизации // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 87–113.
- *25. *Налимов В.В.* Облик науки. СПб. ; М. : Центр гуманит. инициатив ; Изд-во МБА, 2010. 368 с.
26. *Буданов В.Г.* Конструирование сложности в антропоной сфере // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 158–178.
27. *Майнцер Кл.* Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез / под ред. и с предисл. Г.Г. Малинецкого. М. : ЛИБРОКОМ, 2009. 464 с.
28. *Майнцер Кл.* Вызовы сложности в XXI веке. Междисциплинарное введение (пер. Е.Н. Князевой) // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 14–36.
29. *Князева Е.Н.* Природа креативности в зеркале креативности природы // Эпистемология креативности / отв. ред. Е.Н. Князева. М. : Канон⁺ РООИ «Реабилитация», 2013. С. 10–47.
30. *Аталай Б.* Математика и «Мона Лиза»: Искусство и наука в творчестве Леонардо да Винчи. М. : Техносфера, 2007. 304 с. + 16 с.

31. *Слово* о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее, в публичном собрании Императорской Академии наук Июля 1 дня 1756 года говоренное Михайло Ломоносовым // Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике / под ред. А.В. Топчиева; статья Н.А. Фигуровского, примеч. Г.А. Андреевой, О.А. Лежневой и Н.А. Фигуровского. М. : Изд-во АН СССР, 1961. С. 294–317.
32. *Родный Н.И., Соловьёв Ю.И.* Вильгельм Оствальд. 1853–1932. М. : Наука, 1969. 376 с.
- *33. *Филитов А.Т.* Многоликий солитон. М. : Наука, 1986. 224 с.
- *34. *Вернадский В.И.* О научном мировоззрении // Вернадский В.И. О науке. Т. I : Научное знание. Научное творчество. Научная мысль. Дубна : Феникс, 1997. С. 11–67.
35. *Хайдеггер М.* Наука и осмысление // Хайдеггер М. Время и бытие: Статьи и выступления / сост., пер., вступит. статья и коммент. В.В. Библихина. М. : Республика, 1993. С. 238–253.
36. *Зинченко В.П.* Алексей Алексеевич Ухтомский и психология // Стиль мышления: проблема исторического единства научного знания. К 80-летию В.П. Зинченко / под ред. Т.Г. Щедриной. М. : РОССПЭН, 2011. С. 230–271.
37. *Перуц М.* Мне бы рассердить вас раньше: Эссе о науке, учёных, гуманизме. М. : Научный мир, 2007. 432 с.
38. *Гиренок Ф.И.* Фигуры и складки. М. : Академический Проект, 2013. 244 с.
39. *Философия* техники: классическая, постклассическая, постнеклассическая : словарь / под ред. Б.И. Кудрина. Вып. 37 : Ценологические исследования. М. : Технетика, 2008. 180 с.
40. *Кудрин Б.И.* Гипотеза третьей научной картины мира // Ценологическое моделирование: теоретические основания и практические результаты : материалы XV конф. по философии техники и технетике и семинара по ценологии (19 ноября 2010 г., г. Москва). Вып. 47 : Ценологические исследования. М. : Технетика, 2011. С. 6–16.
41. *Фасмер М.* Этимологический словарь русского языка : в 4 т. Т. 1 / пер. с нем. и доп. О.Н. Трубачева. М. : Прогресс, 1986. 576 с.
42. *Арикава С., Харагути М.* Теория аналогий // Приобретение знаний / под ред. С. Осуги, Ю. Сэки. М. : Мир, 1990. С. 262–296.

43. Брюханов А.В., Пустовалов Г.Е., Рыдник В.И. Толковый физический словарь. Основные термины: около 3600 терминов. М. : Рус. яз., 1987. 232 с.
44. Системный подход в современной науке. К 100-летию Людвиг фон Бергаланфи. М. : Прогресс-Традиция, 2004. 560 с.
45. Малинецкий Г.Г. Высокие технологии – путь России в будущее. М. : ЛИБРОКОМ, 2013. 224 с.
46. Касавин И.Т. Междисциплинарное исследование: к понятию и типологии // Вопросы философии. 2010. № 4. С. 61–73.
- *47. Малинецкий Г.Г. Пространство синергетики: Взгляд с высоты. М. : ЛИБРОКОМ, 2013. 248 с.
48. В поисках нелинейно-оптического аналога микротрубочки цитоскелета / И.И. Колесникова, И.В. Измайлов, Б.Н. Пойзнер, Е.Е. Слядников // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55, № 8/3. С. 195–196.
49. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность // Вопросы философии. 2003. № 8. С. 5–17.
50. Кузнецов С.П. Динамический хаос (курс лекций). М. : Изд-во физ.-мат. лит., 2001. 296 с.
51. Трубецков Д.И. Введение в синергетику: Хаос и структуры / предисл. Г.Г. Малинецкого. М. : Едиториал УРСС, 2004. 240 с.
52. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику. М. : Наука, 1997. 255 с.
53. Аршинов В.И. Синергетика встречается со сложностью // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 47–65.
54. Коняев С.Н. Синергетика и сложность // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 313–329.
55. Малинецкий Г.Г. Синергетика, нелинейность и концепция Роджера Пенроуза // Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. М. : Едиториал УРСС, 2004. С. 4–25.
56. Огурцов А.П. Философия науки: двадцатый век: Концепции и проблемы : в 3 ч. Ч. 3 : Философия науки и историография. СПб. : Мирь, 2011. 336 с.
57. Назаров А.Г. Юбилей В.И. Вернадского // Вопросы истории естествознания и техники. 2013. № 1. С. 3–13.

58. *Хоружий С.С.* Философский символизм П.А. Флоренского и его жизненные истоки // П.А. Флоренский: pro et contra / сост., вступ. ст., прим. и библиогр. К.Г. Исупова. СПб. : РХГИ, 1996. С. 525–557.
59. *Глазунова О.И.* Синергетика творчества: Опыт анализа художественного текста / предисл. Г.Г. Малинецкого. М. : ЛИБРОКОМ, 2012. 344 с.
60. *Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н.* Из небытия в бытие: творчество как целенаправленная деятельность. Томск : STT, 2011. 520 с. URL: <http://window.edu.ru/window/library>
61. *Фасмер М.* Этимологический словарь русского языка : в 4 т. Т. 2 / пер. с нем. и доп. О.Н. Трубачева. М. : Прогресс, 1986. 672 с.
62. *Асоян Ю., Малафеев А.* Открытие идеи культуры (Опыт русской культурологии середины XIX – начала XX веков). М. : ОГИ, 2000. 344 с.
63. *Лекторский В.А.* Рациональность как ценность культуры // Вопросы философии. 2012. № 5. С. 26–34.
64. *Келле В.Ж.* Духовность и интеллектуальное начало культуры // Человек в интеллектуальном и духовном пространствах / отв. ред. М.С. Киселёва. М. : Прогресс-Традиция, 2010. С. 9–20.
65. *Подосинов А.В., Белов А.М.* Русско-латинский словарь. М. : Флинта : Наука, 2000. 376 с.
66. *Бак П.* Как работает природа: Теория самоорганизованной критичности / вступ. ст. Г.Г. Малинецкого. М. : УРСС: ЛИБРОКОМ, 2013. 276 с.
67. *Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности.* М. : Прогресс-Традиция, 2011. 496 с.
68. *Хорган Дж.* Конец науки: Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки. СПб. : Амфора, 2001. 479 с.
69. *Храмов Ю.А.* Физики : биограф. справочник. М. : Наука, 1983. 400 с.
70. *Эпштейн М.Н.* Интересное // Проективный философский словарь: Новые термины и понятия / под ред. Г.Л. Тульчинского, М.Н. Эпштейна. СПб. : Алетейя, 2003. С. 143–147.
71. *Чешско-русский словарь* / сост. Е. Мельников, З. Шрмова, М. Мартинкова. Прага : Гос. пед. изд-во, 1958. 1302 с.
72. *Бернатосян С.Н.* Воровство и обман в науке. СПб. : Эрудит, 1998. 384 с.

73. *Кругляков Э.П.* «Учёные» с большой дороги-3. М. : Наука, 2009. 357 с.
74. *Егоров Б.Ф.* Обман в русской культуре. СПб. : Росток, 2012. 192 с.
75. *Бхактиведанта Садху Свами.* Код абсолюта: Путь к совершенному разуму. М. : Философская Книга, 2012. 256 с.
76. *Пелипенко А.А.* Дуалистическая революция и смыслогенез в истории / предисл. А.С. Ахiezера. М. : ЛИБРОКОМ, 2011. 384 с.
- *77. *Грант Дж.* Отвергнутая наука: Самые невероятные теории, гипотезы, предположения. М. : Мартин, 2012. 352 с.
78. *Витковски Н.* Сентиментальная история науки. М. : КоЛибри, 2007. 448 с.
79. *Конюшая Ю.П.* Открытия советских учёных. Ч. 1 : Физико-технические науки / предисл. И.С. Наяшкова. М. : Изд-во МГУ, 1988. 478 с.
80. *Никитин Е.П.* Открытие и обоснование. М. : Мысль, 1988. 221 с.
81. *Архипов Д.Б.* Краткая всемирная история: наукометрический анализ. СПб. : Наука, 1999. 190 с.
82. *Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н.* Сложность социальных связей и сингулярность Дьяконова – Винджа // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2012. № 4 (20), вып. 1. С. 27–32.
83. *Горохов В.Г.* Технонаука Галилео Галилея. Размышления по поводу книги Матео Валериани «Галилео – инженер» // Вопросы философии. 2013. № 1. С. 105–116.
- *84. *Дзикики А.* Творчество в науке / отв. ред. Е.П. Велихов ; науч. ред. В.О. Малышенко. М. : Эдиториал УРСС, 2001. 240 с.
85. *Альтман Ю.* Военные нанотехнологии: Возможности применения и превентивного контроля вооружений. М. : Техносфера, 2009. 424 с.
86. *Горохов В.Г.* Сложные системы как объект исследования в макро- и наносистемотехнике // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 210–236.
87. *Конвергенция* биологических, информационных, нано- и когнитивных технологий: вызов философии (материалы «круглого стола») // Вопросы философии. 2012. № 12. С. 3–23.
88. *Маслова В.А.* Введение в когнитивную лингвистику : учеб. пособие. М. : Флинта ; Наука, 2006. 296 с.

89. *Князева Е.Н.* Кибернетические истоки конструктивистской эпистемологии // Когнитивный подход / отв. ред. В.А. Лекторский. М. : «Канон⁺» РООИ «Реабилитация», 2008. С. 227–271.
90. *Алексеева И.Ю., Аршинов В.И., Чеклецов В.В.* «Технолюди» против «постлюдей»: НБИКС-революция и будущее человека // Вопросы философии. 2013. № 3. С. 12–21.
91. *Фолта Я., Новы Л.* История естествознания в датах : хронол. обзор / предисл. и общ. ред. А.Н. Шамина. М. : Прогресс, 1987. 495 с.
92. *Соснин Э.А.* Закономерности и приёмы управления НИОКР : учеб. пособие. Томск : STT, 2012. 174 с.
93. *Петров М.К.* Социально-культурные основания развития современной науки. М. : Наука, 1992. 232 с.
94. Основы науковедения / под ред. Н. Стефанова и др. М. : Наука, 1995. 432 с.
95. *Неретина С.С., Огурцов А.П.* Реабилитация вещи. СПб. : Мирь, 2010. 800 с.
96. *Лебедев С.А., Ковылин Ю.А.* Философия научно-инновационной деятельности. М. : Академ. проект ; Парадигма, 2012. 182 с.
97. *Мотрошилова Н.В.* Научно-технические инновации и их цивилизационные предпосылки // Философия познания. К юбилею Л.А. Микешиной. М. : РОССПЭН, 2010. С. 66–95.
98. *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы. М. : Ин-т компьютерных исследований, 2002. 656 с.
99. *Советские физики шутят... Хотя бывало не до шуток / авт.-сост. Б.С. Горобец.* М. : ЛИБРОКОМ, 2010. 256 с.
100. *Дмитриев И.С.* Пьер Симон Лаплас – маленький император большой науки // Антропология революции / сост. и ред. И. Прохорова, А. Дмитриев, И. Куклин, М. Майофис. М. : Новое лит. обозрение, 2009. С. 67–100.
101. *Маркова Л.А.* Наука на грани с ненаукой. М. : «Канон⁺» РООИ «Реабилитация», 2013. 336 с.
102. *Дьяконов И.М.* Пути истории: От древнейшего человека до наших дней. М. : КомКнига, 2007. 384 с.
103. *Кантор Ю.З.* Заключая дружба: Секретное сотрудничество СССР и Германии в 1920–1930-е годы. СПб. : Питер, 2009. 336 с.

104. *Горохов В.Г.* Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества в России и Германии в конце XIX – начале XX столетия. М. : Логос, 2010. 376 с.
105. *Владимирский Б.М., Кисловский Л.Д.* Путиами русского космизма. М. : ЛИБРОКОМ, 2011. 144 с.
106. *Петрицкий В.А.* Завещано потомкам. К 80-летию выхода в свет «Альманаха библиофила» 1929 года // Невский библиофил : альманах. СПб. : Северная звезда, 2010. Вып. 14. С. 16–34.
107. *Иванов С.Г.* Реакционная культура: От авангарда к Большому стилю. СПб. : Изд-во Политех. ун-та, 2011. 434 с.
108. *Там, внутри.* Практики внутренней колонизации в культурной истории России : сб. статей / под ред. А. Эткинда, Д. Уффельманна, И. Кукулина. М. : Новое лит. обозрение, 2012. 960 с.
109. *Сойфер В.Н.* Сталин и мошенники в науке. М. : Добросвет ; КДУ, 2012. 504 с.
110. *Николайдис Э.* Астрономия и политика в России в период раннего сталинизма (1928–1932 гг.) // Метафизика и идеология в истории естествознания / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 153–157.
111. *Кожевников А.Б.* О науке пролетарской, партийной, марксистской // Метафизика и идеология в истории естествознания / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 219–238.
112. *Горелик Г.Е.* Физика университетская и академическая // Метафизика и идеология в истории естествознания / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 168–183.
113. *Александров Д.А.* Почему советские учёные перестали печататься за рубежом: становление самодостаточности и изолированности отечественной науки, 1914–1940 // Вопросы истории естествознания и техники. 1996. № 3. С. 3–24.
114. *Огурцов А.П.* Философия науки: двадцатый век: Концепции и проблемы : в 3 ч. Ч. 2 : Философия науки: Наука в социокультурной системе. СПб. : Мирь, 2011. 495 с.
115. *Михаил Львович Левин.* Жизнь, воспоминания, творчество / сост. Н.М. Леонтович, М.А. Миллер. Нижний Новгород : ИПФ РАН, 1998. 592 с.
116. *Сойфер В.Н.* Красная биология: Псевдонаука в СССР. М. : Моск. психол.-социал. ин-т ; Флинта, 1998. 264 с.

117. *Кессених А.В.* Отделение строения вещества на физическом факультете МГУ. 1948–1954 (По воспоминаниям бывших студентов и аспирантов физического факультета МГУ) // Исследования по истории физики и механики. 2000 / отв. ред. Г.М. Идлис. М. : Наука, 2001. С. 114–128.
118. *Подвластная наука?* Наука и советская власть / ред. С.С. Неретина, А.П. Огурцов. М. : Голос, 2010. 815 с.
119. *A.G. Stromberg – first class scientist, second class citizen: Letters from GULAG and a history of electroanalysis in the USSR* / R.G. Compton, A.S. Kabakaev, M.T. Stawpert, Gr.G. Wildgoose, E.A. Zakharova. Lnd. : Imperial College Press, 2011. 363 p.
120. *Росси Ж.* Справочник по ГУЛАГу / текст проверен Н. Горбаневской. М. : Просвет, 1991. Ч. 2. С. 261–548.
121. *Чернуха В.В.* Мы и миры Мироздания: Новая физическая картина мира. М. : ЛЕНАНД, 2013. 400 с.
122. *Эпштейн М.Н.* Двойное небытие и мужество быть. К философии неустойчивого вакуума // Вопросы философии. 2013. № 4. С. 28–43.
123. *Вернадский В.И.* Труды по истории науки в России. М. : Наука, 1988. 464 с.
124. *Лоренц К.* Обратная сторона зеркала / под ред. А.В. Гладкого ; сост. А.В. Гладкий и А.И. Фёдоров ; послесл. А.И. Фёдорова. М. : Республика, 1998. 393 с.
125. *Делокаров К.Х.* Вызовы сложности глобализирующегося мира в контексте постнеклассической науки // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 250–268.
126. *Кордонский С.Г.* Сословная структура постсоветской России. М. : Ин-т Фонда «Общественное мнение», 2008. 216 с.
127. *Эпштейн М.Н.* Слово и молчание: Метафизика русской литературы : учеб. пособие для вузов. М. : Высшая школа, 2006. 559 с.
128. *Хренов Н.А.* Русский Протей. СПб. : Алетейя, 2007. 400 с.
129. *Соловьёв Э.Ю.* Трагедия красоты в книге «Красота и польза» // Вопросы философии. 2012. № 12. С. 58–65.
130. *Мотрошилова Н.В.* Цивилизация и варварство в современную эпоху. М. : ИФ РАН, 2007. 268 с.

131. *Акопян К.З.* Интеллектуальная элита: размышление о терминах // Интеллектуальная элита в контексте русской истории XIX – XX вв. М. : РОССПЭН, 2012. С. 7–27.
132. *Янов А.* Распад «путинской» триады // Новая газета от 20.02.2013 (№ 19). С. 9.
133. *Ронен О.* Тезисы против Достоевского в словесности русского модернизма // Ф.М. Достоевский и культура Серебряного века: традиции, трактовки, трансформации: К 190-летию со дня рождения и к 130-летию со дня смерти Ф.М. Достоевского / отв. ред. А.А. Тахо-Годи, Е.А. Тахо-Годи ; сост. Е.А. Тахо-Годи. М. : Водолей, 2013. С. 304–313.
134. *Соснин Э.А., Шувалов А.В., Поизнер Б.Н.* Лидер и управление жизненным циклом системы: шкала творчества, примеры, патографии / под ред. А.Н. Солдатова. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2013. 252 с.
135. *Бескова И.А.* Личность творца в зеркале творческого прозрения // Творчество: эпистемологический анализ / отв. ред. Е.Н. Князева. М. : ИФ РАН, 2011. С. 68–90.
136. *Успенский В.А.* Труды по нематематике : в 5 кн. Кн. 4 : Филология (с приложением «Семиотических посланий» А.Н. Колмогорова). М. : ОГИ ; Фонд «Математические этюды», 2012. 591 с.
137. *Луман Н.* Мировое время и история систем // Логос: журнал по философии и прагматике культуры. 2004. № 5 (44). С. 131–168.
138. *Маяцкий М.* «Помойная наука» на службе невежества. URL: postnauka.ru/video/12146
139. *Налимов В.В.* Вероятностная модель языка. Томск ; Москва : Водолей Publishers, 2003. 368 с.
140. *Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики* / сост. Д.Г. Лахути, В.Н. Садовский и В.К. Финн; Пер. Д.Г. Лахути ; вступ. статья и общая редакция В.Н. Садовского ; послесл. В.К. Финна. М. : Эдиториал УРСС, 2000. 464 с.
141. *Лахути Д.Г.* Милль, Пирс и Поппер о логике научного открытия // Вопросы философии. 2012. № 3. С. 101–109.
142. *Покровский М.П.* Классификация как система // Вопросы философии. 2006. № 7. С. 108–117.

143. *Печёнкин А.А.* От автоколебаний к самоорганизации: формирование синергетических идей в теории нелинейных колебаний // Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 104–124.
144. *Хайтун С.Д.* Трактовка энтропии как меры беспорядка и её негативное воздействие на современную научную картину мира // Вопросы философии. 2013. № 2. С. 62–74.
145. *Манолов К.* Великие химики : в 2 т. М. : Мир, 1977. Т. 2. 410 с.
146. *Кураев В.И., Лазарев Ф.В.* Точность, истина и рост знания. М. : Наука, 1988. 240 с.
147. *Антоновский А.Ю.* Никлас Луман: Эпистемологическое введение в теорию социальных систем. М. : ИФ РАН, 2007. 135 с.
148. *Лебедев С.А., Коськов С.Н.* Конвенционалистская философия науки // Вопросы философии. 2013. № 5. С. 57–69.
- *149. *Томилин К.А.* Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 368 с.
150. *Фрагменты ранних греческих философов. Ч. 1 : От этических теокосмогоний до возникновения атомистики / подгот. А.В. Лебедев.* М. : Наука, 1989. 575 с.
151. *Философский энциклопедический словарь.* М. : Сов. энцикл., 1989. 815 с.
152. *Прохоров А.М.* Физика // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 1998. Т. 5. С. 310–321.
153. *Зубарев Д.Н.* Термодинамика // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 1998. Т. 5. С. 83–89.
154. *Питаевский Л.П.* Статистическая физика // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 1994. Т. 4. С. 665–673.
155. *Гражданников Е.Д.* Метод построения системной классификации наук / отв. ред. О.С. Разумовский. Новосибирск : Наука, 1987. 120 с.
156. *Ивлиев А.Д.* Физика : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2008. 672 с.
- *157. *Дубнищев Ю.Н.* Колебания и волны : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2011. 384 с.
158. *Тарг С.М.* Механика // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 1992. Т. 3. С. 126–128.

159. *Столяров С.Н.* Электродинамика // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 1998. Т. 5. С. 519–533.
160. *Менишуткин Б.Н.* Жизнеописание Михаила Васильевича Ломоносова. С дополнениями П.Н. Беркова, С.И. Вавилова и Л.Б. Модзалевского / под ред. С.И. Вавилова, Л.Б. Модзалевского. М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1947. 296 с.
161. *Физическая энциклопедия* / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энцикл., 1992. Т. 3. 672 с.
162. *Солоненко М.А.* Проблема восприятия времени и креативность: история и современные подходы // Эпистемология креативности / отв. ред. Е.Н. Князева. М. : Канон⁺ РООИ «Реабилитация», 2013. С. 289–314.
163. *Пойзнер Б.Н.* Хаос, порядок, время в древних картинах мира // Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности / сост. и отв. ред. О.Н. Астафьева. М. : Прогресс-Традиция, 2003. С. 507–518.
164. *Лупандин И.В.* История воззрений на самоорганизацию от Античности до конца XVI в. // Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 7–35.
165. *Авени Э.* Империи времени: Календари, часы и культуры. Киев : София, 1998. 384 с.
166. *Лукашевич П.А.* Чаромутие, или Священный язык магов, волхвов и жрецов. М. : Белые альвы, 2008. 144 с.
167. *Дьяченко Г.* Полный церковнославянский словарь. М. : Изд. отдел Моск. патриархата, 1993. 1120 с.
168. *Жельвис В.И.* Наблюдая за русскими. М. : РИПОЛ классик, 2011. 352 с.
169. *Григорьян Н.Г.* Противостояние системе. К оценке социально-политической позиции И.П. Павлова // Подвластная наука? Наука и советская власть / ред. С.С. Неретина, А.П. Огурцов. М. : Голос, 2010. С. 654–683.
170. *Павлов И.П.* О русском уме. URL: [http:// newcontinent.ru/pavlov](http://newcontinent.ru/pavlov)
171. *Гамкрелидзе Т.В., Иванов Вяч.Вс.* Индоевропейский язык и индоевропейцы: Реконструкция и историко-типологический анализ

- праязыка и протокультуры. Тбилиси : Изд-во Тбилис. ун-та, 1984. Кн. 2. С. 432–1330.
172. *Топоров В.Н.* Пиндар и Ригведа: Гимны Пиндара и ведийские гимны как основа реконструкции индоевропейской гимновой традиции. М. : РГГУ, 2012. 216 с.
173. *Библейская энциклопедия* [Рус. пер. издания «Encyclopedia of the Bible» by Lion Publ., Oxford, England, 1989]. б.м.: Рос. библ. об-во, 1995. 352 с.
174. *Деррида Ж.* Различае <Différance> // Деррида Ж. Поля философии / пер. Д.Ю. Кралечкина. М. : Академический Проект, 2012. С. 24–51.
175. *Трубников Н.Н.* Время человеческого бытия. М. : Наука, 1987. 256 с.
176. *Мифологический словарь* / гл. ред. Е.М. Мелетинский. М. : Сов. энцикл., 1990. 672 с.
177. *Щедрин Т.Г.* Владимир Ивановский и Густав Шпет: методологический проект «истории понятий» // Вопросы философии. 2012. № 11. С. 10–18.
178. *Бибихин В.В.* Дневники Льва Толстого / вступит. статья О.А. Седаковой. СПб. : Изд-во Ивана Лимбаха, 2012. 480 с.
179. *Емельянов В.В.* Исторический прогресс и культурная память (о парадоксах идеи прогресса) // Вопросы философии. 2011. № 8. С. 46–57.
180. *Красухин К.Г.* Откуда есть пошло слово: заметки по этимологии и семантике. М. : Наука, 2008. 187 с.
181. *Лейбниц Г.-В.* Соч. : в 4 т. М. : Мысль, 1982. Т. 1 / ред. и сост., авт. вступит. статьи и прим. В.В. Соколов ; пер. Я.М. Боровского и др. 636 с.
182. *Гачев Г.Г.* Миры Европы. Взгляд из России. Италия. М. : Воскресенье, 2007. 416 с.
183. *Хайдеггер М.* Исток художественного творения. М. : Академический Проект, 2008. 528 с.
- *184. *Лауэ М.* История физики. М. : Гостехиздат, 1956. 230 с.
- *185. *Льоци М.* История физики. М. : Мир, 1970. 465 с.
186. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка / под ред. И.А. Бодуэна де Куртенэ: Т. 1–4: Т. 4: С–V. М. : Прогресс-Универс, 1994. 1620+XVII+XII с.

187. *Князева Е.* Проблема восприятия: А. Бергсон и современная когнитивная наука // Логос: философско-литературный журнал. 2009. № 3 (71). С. 173–184.
188. *Франсуа А.* Понятие истины у Бергсона. Замечания о бергсоновском «прагматизме» // Логос: философско-литературный журнал. 2009. № 3 (71). С. 144–154.
189. *Хунд Фр.* История квантовой теории / под общ. ред. М.А. Ельяшевича. Киев : Наукова думка, 1980. 244 с.
190. *Бергсон А.* Творческая эволюция / предисл. и ком. И.И. Блауберг ; сверка пер. И.И. Блауберг, И.С. Вдовиной. М. : КАНОН-пресс ; Кучково поле, 1997. 384 с.
191. *Корогодин В.И.* Информация и феномен жизни. Пущино : Пушкин. науч. центр АН СССР, 1991. 202 с.
192. *Современная западная философия: Словарь* / сост. В.С. Малахов, В.П. Филатов. М. : Политиздат, 1991. 414 с.
193. *Князева Е.Н.* Темпоральная архитектура сложности // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 66–86.
194. *Алюшин А.Л., Князева Е.Н.* Темпомиры: Скорость восприятия и шкалы времени. М. : ЛКИ, 2012. 240 с.
195. *Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н.* Аксиоматическая схема исследования динамических систем: от критериев их растождествления к самоизменению. Томск : STT, 2011. 570 с. URL: books.google.ru
196. *Блауберг И.* Субстанциальность времени и «позитивная метафизика»: из истории рецепции философии Бергсона в России // Логос: философско-литературный журнал. 2009. № 3 (71). С. 107–114.
197. *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант: К решению парадокса времени / пер. Ю.А. Данилов ; ред. В.И. Аршинов. М. : Прогресс, 1994. 272 с.
198. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / под ред. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Сачкова. М. : Прогресс, 1986. 432 с.
199. *Гринин Л.Е., Коротаев А.В.* Социальная макроэволюция: Генезис и трансформация Мир-Системы / отв. ред. Д.М. Бондаренко. М. : ЛИБРОКОМ, 2013. 568 с.

200. *Любинская Л.Н., Лепилин С.В.* Философские проблемы времени в контексте междисциплинарных исследований / послесл. А.И. Уёмова. М. : Прогресс-Традиция, 2002. 304 с.
201. *Хасанов И.А.* Время как объективно-субъективный феномен: Словарь. М. : Прогресс-Традиция, 2011. 328 с.
201. *Поизнер Б.Н.* Измерение времени в биологии, истории культуры и физике: проблема целостности восприятия // Язык и культура : материалы III Междунар. науч.-практ. семинара «Система управления и процесс педагогического взаимодействия в условиях гуманитарно-эстетической гимназии». Томск : Пиллад, 2000. С. 43–48.
203. *Аполлодор.* Мифологическая Библиотека / изд. подгот. В.Г. Борухович ; отв. ред. Я.М. Боровский. Л. : Наука, 1972. 216 с.
204. *Мифологический словарь* : кн. для учителя / М.Н. Ботвинник и др. М. : Просвещение, 1985. 176 с.
205. *S. Four-Dimensional Space* // *Nature*. 1885. Vol. 31, is. 804. P. 481.
206. *Аксёновъ М.С.* Трансцендентально-кинетическая теория времени / сост., вступит. ст., ком. С.А. Жигалкина. М. : Языки славян. культур, 2011. 208 с.
207. *Физический энциклопедический словарь* / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энцикл., 1983. 928 с.
208. *Большой энциклопедический словарь* / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 2000. 1456 с.
- *209. *Ланда П.С.* Нелинейные колебания и волны. М. : Наука. Физматлит, 1997. 496 с.
210. *Фасмер М.* Этимологический словарь русского языка : в 4 т. Т. 3 / пер. с нем. и доп. О.Н. Трубачева. М. : Прогресс, 1987. 832 с.
211. *Ляшевская О.Н.* Семантика русского числа. М. : Языки славян. культуры, 2004. 400 с.
212. *Пиндар. Вакхилид.* Оды. Фрагменты / изд. подготовил М.Л. Гаспаров ; отв. ред. Ф.А. Петровский. М. : Наука, 1980. 504 с.
213. *Степанов Ю.С.* Константы: Словарь русской культуры. М. : Академический Проект, 2004. 992 с.
214. *Воркачев С.Г.* Счастье как лингвокультурный концепт. М. : ИТДГК «Гнозис», 2006. 236 с.
215. *Лихачёв Д.С.* Концептосфера русского языка // Лихачёв Д.С. Очерки по философии художественного творчества. СПб. : Рус.-Балт. информ. центр БЛИЦ, 1996. С. 139–156.

216. Библихин В.В. Другое начало. СПб. : Наука, 2003. 430 с.
217. Математический энциклопедический словарь / под ред. Ю.В. Прохорова. М. : Сов. энцикл., 1988. 847 с.
218. Неймарк Ю.И. А.А. Андронов и теория колебаний [Препринт доклада на междунар. конф. Progress in Nonlinear Science (Nizhniy Novgorod, Russia, July 2–6, 2001)]. Н. Новгород : ННГУ, 2001. 20 с.
219. Максвелл Дж.К. Из «Трактата об электричестве и магнетизме» // Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М. : ГИТТЛ, 1954. С. 345–632.
220. Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах: Физика XIX в. / В.П. Визгин, О.В. Кузнецова, О.А. Лежнева и др. М. : Наука, 1995. 280 с.
221. Трубецков Д.И. Нелинейная наука в датах и лицах. Саратов : ООО ИЦ «Наука», 2009. Ч. 1. 136 с.
- *222. Глейк Д. Хаос: Создание новой науки / пер. с англ. М. Нахмансона, Е. Барашковой. СПб. : Амфора, 2001. 398 с.
223. Li T.-Y., Yorke J.A. Period three implies chaos // Amer. Math. Monthly. 1975. Vol. 82. P. 985–992.
224. Боголюбов А.Н. Математики. Механики : биографический справочник. Киев : Наукова думка, 1983. 639 с.
225. Заславский Г.М., Кириченко Н.А. Хаос динамический // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Большая Рос. энцикл., 1998. Т. 5. С. 397–402.
226. Мухин Р.Р. Возникновение турбулентности, динамические системы и хаос // Исследования по истории физики и механики. 2000 / отв. ред. Г.М. Идлис. М. : Наука, 2001. С. 340–366.
227. Неймарк Ю.И. Стохастичность динамических систем // Теория колебаний, прикладная математика и кибернетика : межвуз. сб. Горький : Изд-во ГГУ, 1973. Вып. 1. С. 3–11.
228. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания. М. : Наука, 1987. 424 с.
229. Дьяконов И.М. Исторический процесс и прогресс // Культура Востока. Проблемы и памятники : краткое изложение докладов, посв. пам. В.Г. Лукониной (21–25 января 1992 г., г. Санкт-Петербург). СПб., 1992. С. 5–12.

230. *Панов А.Д.* Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI) / послесл. Л.М. Гиндилиса. М. : ЛКИ, 2008. 208 с.
231. *Турчин А.В.* Структура глобальной катастрофы: Риски вымирания человечества в XXI в. / предисл. Г.Г. Малинецкого. М. : ЛКИ, 2011. 432 с.
232. *Фасмер М.* Этимологический словарь русского языка : в 4 т. / пер. с нем. и доп. О.Н. Трубачева. М. : Прогресс, 1987. Т. 4. 864 с.
233. *Ортега-и-Гассет Х.* Миссия университета. М. : ИД Высш. шк. экономики, 2010. 144 с.
234. *Ортоли С., Витковски Н.* Ванна Архимеда: Краткая мифология науки. М. : Колибри, 2007. 240 с.
235. *Бикертон Д.* Язык Адама: Как люди создали язык, как язык создал людей. М. : Языки славян. культуры, 2012. 336 с.
236. *Флоренский П.А.* Органопроекция // Соч. : в 4 т. Т. 3(1) / сост. А.С. Трубачёв, П.В. Флоренский, М.С. Трубачёва ; ред. А.С. Трубачёв. М. : Мысль, 1999. С. 402–421.
237. *Кондаков Н.И.* Логический словарь-справочник. М. : Наука, 1975. 720 с.
238. *Ильин В.В.* Теория познания. Символика. Теория символических форм. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2013. 484 с.
- *239. *Стройк Д.Я.* Краткий очерк истории математики / пер. и доп. И.Б. Погребысского. М. : Наука, 1984. 284 с.
240. *Бурбаки Н.* История математики. М. : Изд-во иностр. лит., 1963. 292 с.
241. *Бурлак С.* Происхождение языка: Факты, исследования, гипотезы. М. : Астрель: CORPUS, 2011. 464 с.
244. *Степанов А.И.* Число и культура: Рациональное бессознательное в языке, культуре, науке, современной политике, философии, истории. М. : Языки славян. культуры, 2004. 832 с.
243. *Бородин А.И., Бугай А.С.* Выдающиеся математики: биографический словарь-справочник. Киев : Рад. шк., 1987. 656 с.
244. *Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж.* Пути и лабиринты: Очерки по истории математики. М. : Мир, 1986. 432 с.
245. *Чайковский Ю.В.* О первых философах – для всех. Пояснения к сборнику фрагментов // Вопросы философии. 2012. № 5. С. 59–62.
246. *Фалесовы* фрагменты // Вопросы философии. 2012. № 5. С. 62–76.

247. *Капра Ф.* Наука Леонардо: Мир глазами великого гения. М. : София, 2009. 384 с.
- *248. *Зубов В.П.* Леонардо да Винчи. 1452–1519 / отв. ред. М.В. Зубова. М. : Наука, 2008. 350 с.
249. *Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н.* От простых аксиом до управления сложностью: эмерджентная нелинейность как механизм самообновления // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. С. 398–407.
250. *Гачев Г.Д.* Образы в картине вселенной Декарта // Метафизика и идеология в истории естествознания / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 32–61.
251. *Емельянов В.В.* Ассирия и Вавилон в поэзии старших символистов // Античность и культура Серебряного века: К 85-летию А.А. Тахо-Годи / отв. ред., сост. Е.А. Тахо-Годи. М. : Наука, 2010. С. 80–92.
252. *Гесиод.* Труды и дни // Эллинские поэты в переводах В.В. Вересаева. М. : Гос. изд-во худож. лит, 1963. С. 141–168.
253. *Поньон Э.* Повседневная жизнь Европы в тысячном году. М. : Мол. гвардия ; Палимпсест, 1999. 382 с.
254. *Злыднева Н.В.* Мерцающая мифология: мотив *часов* в живописном нарративе // Текст и подтекст: Поэтика эксплицитного и имплицитного : матер. междунар. научной конф. (20–22 мая 2010 г., г. Москва). М. : Азбуковник, 2011. С. 477–487.
255. *Дубнищева Т.Н.* Концепции современного естествознания: Основной курс в вопросах и ответах : учеб. пособие. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2003. 407 с.
256. *Афраймович В.С., Рабинович М.И.* Синхронизация колебаний // Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энцикл., 1994. Т. 4. С. 526–528.
257. *Блехман И.И.* Синхронизация в природе и технике. М. : Наука, 1981. 352 с.
258. *Реале Дж., Антисери Д.* Западная философия от истоков до наших дней. Т. 3: Новое время (От Леонардо до Канта). СПб. : ТОО ТК «Петрополис», 1996. 736 с.
259. *Флоренский П.* Дружба // Богословский Вестник. 1911. № 1. С. 151–182.

260. *Манолов К., Тютюнник В.* Биография атома. Атом – от Кембриджа до Хиросимы. М. : Мир, 1984. 246 с.
261. *Иванов Вяч.Вс.* Авангард и наука // Избранные труды по семиотике и истории культуры. Т. 7, кн. 2. М. : Знак, 2010. С. 353–364.
262. *Жмудь Л.Я.* Наука, философия и религия в раннем пифагореизме. СПб. : Изд-во ВГК ; Алетейя, 1994. 376 с.
263. *Дмитриев И.С.* Неизвестный Ньютон: Силуэт на фоне эпохи. СПб. : Алетейя, 1999. 784 с.
264. *Григоров Г.Х.* Неопределённая множественность в числах. Сакральные числа и основания их выбора // Числа в системе культуры : сб. ст. / сост. М.В. Ахметова. М. : РГГУ, 2012. С. 94–118.
265. *Бертран П.-М.* Зеркальные люди: История левшей. М. : Новое лит. обозрение, 304 с.
266. *Краймер Э.А.* Арабские цифры // Знак, символ, архетип : сборник ст. СПб. : Нестор, 2004. С. 406–424.
267. *Бубнов Н.М.* Происхождение и история наших цифр: Палеографическая попытка. М. : ЛИБРОКОМ, 2011. 200 с.
268. *Энциклопедия мистицизма.* СПб. : Литера, 1996. 480 с.
269. *Степанов А.М.* Толковый словарь по эзотерике, оккультизму и парапсихологии. М. : Истоки, 1997. 336 с.
- *270. *Хофштадтер Д.* Гёдель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда. Самара : ИД «Бахрах-М», 2001. 718 с.
271. *Дирингер Д.* Алфавит / общ. ред., предисл. и прим. И.М. Дьяконова. М. : Едиториал УРСС, 2009. 656 с.
272. *Некрасова Е.А.* Неосуществлённый замысел 1920-х годов создания «*Symbolarium*’а» (Словаря символов) и его первый выпуск «Точка» // Памятники культуры. Новые открытия. 1982. Л. : Наука, 1984. С. 99–115.
273. *Монтер У.* Ритуал, миф и магия в Европе раннего Нового времени. М. : ИД «Искусство», 2003. 288 с.
274. *Йейтс Фр.А.* Джордано Бруно и герметическая традиция. М. : Новое лит. обозрение, 2000. 528 с.
275. *Катасонов В.Н.* Метафизическая математика XVII века. М. : Наука, 1993. 141 с.
276. *Пойзнер Б.Н., Ситникова Д.Л.* Big bifurcation: рождение математического моделирования // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2000. Т. 8, № 5. С. 82–96.

277. *Гинзбург К.* Мифы – эмблемы – приметы: Морфология и история : сб. ст. / послесл. С.Л. Козлова. М. : Новое изд-во, 2003. 348 с.
278. *Хронологический указатель* // Юрий Исаакович Неймарк: Библиографический указатель. К 45-летию первого в России факультета вычислительной математики и кибернетики / сост. Н.Г. Панкрашкина, Л.И. Фомина, Л.П. Корнюшина. Н. Новгород : Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2008. 95 с.
279. *Зиновьева О.А.* Концепция рая в архитектуре сталинской Москвы: мечта или пропаганда // *Грц* : сб. статей по искусствознанию, филологии, истории. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012. С. 417–441.
280. *Кирсанов В.С.* Научная революция XVII века / отв. ред. П.П. Гайденко. М. : Наука, 1987. 342 с.
281. *Акройд П.* Исаак Ньютон. Биография. М. : Колibri ; Азбука-Аттикус, 2011. 256 с.
282. *Jacob Fr.* Imagination in Art and in Science // *The Kenyon & Stand Review*. 2001. Vol. XXIII, № 2. P. 113–121.
283. *Кедров Б.М.* Три аспекта атомистики. Парадокс Гиббса. Логический аспект. М. : Наука, 1969. 294 с.
284. *Розин В.М.* Понятия «предмет» и «объект» (методологический анализ) // *Вопросы философии*. 2012. № 11. С. 85–96.
285. *Данилов Ю.А.* Вольфганг Паули, Иоганн Кеплер и Карл-Густав Юнг // *Исследования по истории физики и механики*. 2000. М. : Наука, 2001. С. 24–32.
- *286. *Данилов Ю.А.* Прекрасный мир науки : сб. / сост. А.Г. Шадтина ; под общ. ред. В.И. Санюка, Д.И. Трубецкова. М. : Прогресс-Традиция, 2008. 384 с.
287. *Кеплер И.* О более достоверных основаниях астрологии // *Герметизм, магия, натурфилософия в европейской культуре XIII–XIX вв.* М. : Канон⁺; РООИ «Реабилитация», 1999. С. 218–259.
288. *Эккартсгаузен К.* Ключ к тайнствам природы. СПб. : Азбука ; Петербургское Востоковедение, 2001. 512 с.
289. *Дмитриева Е.Е.* Н.В. Гоголь в западноевропейском контексте: между языками и культурами. М. : ИМЛИ РАН, 2011. 392 с.
290. *Трубецков Д.И.* Синхронизация: учёный и время: Лекции на школах «Нелинейные дни в Саратове для молодых». Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2006. Вып. 2. 112 с.

291. *Развитие* естествознания в России (XVIII – начало XX века) / под ред. С.Р. Микулинского, А.П. Юшкевича. М. : Наука, 1977. 534 с.
292. *Клейн Ф.* Лекции о развитии математики в XIX столетии. Т. I / под ред. М.М. Постникова. М. : Наука, 1989. 456 с.
- *293. *Трубецков Д.И.* «След вдохновений и трудов упорных...» : лекции. Саратов : ГосУНЦ «Колледж», 2001. 104 с.
294. *Уилсон М.* Американские учёные и изобретатели. М. : Знание, 1975. 136 с.
295. *Физическая энциклопедия* / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энцикл., 1990. Т. 2. 703 с.
296. *Тредер Г.Ю.* Эволюция основных физических идей. Киев : Наукова думка, 1989. 368 с.
297. *Родионов В.М.* Зарождение радиотехники. М. : Наука, 1985. 240 с.
298. *Кляцкин И.Г.* Генрих Герц и современная радиотехника // 50 лет волн Герца / отв. ред. В.К. Аркадьев. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1938. С. 31–44.
- *299. *Штыков В.В.* Букварь молодого радиста, или Введение в радиоэлектронику. Киев : Освита Украины, 2012. 286 с.
300. *Профессора* Томского университета. Биографический словарь. Вып. I : 1888–1917 / отв. ред. С.Ф. Фоминых. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1996. 288 с.
301. *Формирование* радиоэлектроники (Середина 20-х – середина 50-х годов) / отв. ред. В.М. Родионов. М. : Наука, 1988. 380 с.
302. *МакКинни Дж.Б.* РАДАР: История изобретения. Эволюция инновации / пер. С.М. Смольского. Киев : Освита Украины, 2010. 352 с.
303. *Дмитриев Б.С., Лёвин Ю.И.* Юбилей электрона // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1997. Т. 5, № 5. С. 107–116.
- *304. *Шноль С.Э.* Герои и злодеи российской науки. М. : КРОН-ПРЕСС, 1997. 464 с.
305. *Эрлих Г.* Золото, пуля, спасительный яд: 250 лет нанотехнологий. М. : КоЛибри ; Азбука-Аттикус, 2012. 400 с.
- *306. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики: Развитие идей от первоначальных понятий до теории относительности и квант. М. ; Л. : Гостехиздат, 1948. 268 с.

307. *Глебов Л.А.* Максвелловская формула дисперсии и релятивистская физика // Максвелл и развитие физики XIX–XX веков : сб. ст. / отв. ред. Л.С. Полак. М. : Наука, 1985. С. 232–237.
308. *Предисловие* // 50 лет волн Герца / отв. ред. В.К. Аркадьев. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1938. С. 7–8.
309. *Иванов Вяч.Вс.* Огонь, Солнце и Свет в языках и культурах древней и средневековой Евразии // Огонь и Свет в сакральном пространстве: материалы междунар. симпозиума / ред.-сост. А.М. Лидов. М. : Индрик, 2011. С. 18–28.
310. *Рак И.В.* Мифы среднего и раннесредневекового Ирана (зороастризм). СПб. ; М. : Журнал «Нева» ; Летний сад, 1998. 560 с.
311. *Соколов М.Н.* «Из искры пламя»: Эстетика и идеология света в новоевропейском искусстве // Огонь и Свет в сакральном пространстве: материалы междунар. симпозиума / ред.-сост. А.М. Лидов. М. : Индрик, 2011. С. 160–165.
312. *Головня И.А.* С чего начиналась фотография. М. : Знание, 1991. 176 с.
- *313. *Стафеев С.К., Томилин М.Г.* Пять тысячелетий оптики: предыстория. СПб. : Политехника, 2006. 304 с.
314. *Бескова И.А., Князева Е.Н., Бескова Д.А.* Природа и образы телесности. М. : Прогресс-Традиция, 2011. 456 с.
315. *Мандельштам Л.И.* Оптические работы Ньютона // Академик Мандельштам: к 100-летию со дня рождения. М. : Наука, 1979. С. 255–282.
- *316. *Гуриков В.А.* Становление прикладной оптики. XV–XIX вв. М. : Наука, 1983. 188 с.
317. *Аристофан.* Комедии : в 2 т. Т. 1 / пер. Ф. Петровского ; ком. Б. Ярхо. М. : Искусство, 1983. 440 с.
318. *Тит Лукреций Кар.* О природе вещей / пер. Ф. Петровского ; вступ. ст. Т. Васильевой. М. : Худ. лит., 1983. 383 с.
319. *Иваницкий Г.Р.* Вирази закономерностей: Правило БИО – стержень науки. М. : Наука, 2011. 327 с.
- *320. *Мангуэль А.* История чтения. Екатеринбург : У-Фактория, 2008. 381 с.
321. *Turner G.L'E.* Spectacles over Seven Hundred Years // A Spectacle of Spectacles: Exhibition Catalogue (Carl-Ceiss-Stiftung Jena). Leipzig : Ed. Leipzig, 1988. 178 p.

322. *Лидин Р.А., Лененко Т.В.* Мастера западноевропейского изобразительного искусства и архитектуры : энцикл. словарь. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 463 с.
- *323. *Жоаким К., Плеввер Л.* Нанонауки: Невидимая революция. М. : КоЛибри, 2009. 240 с.
324. *Медников Б.М.* Избранные труды: Организм, геном, язык. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2005. 452 с.
325. *Капица С.П.* Жизнь науки. М. : ИД ТОНЧУ, 2008. 592 с.
326. *Эта беспокойная СГУшная жизнь* / сост. Ю.И. Лёвин. Саратов, 2008. 104 с.
327. *Кафедре* электроники, колебаний и волн Саратовского университета – 60 лет / Ю.Д. Жарков, А.А. Короновский, Ю.И. Лёвин, А.Е. Храмов // Известия Саратовского университета. 2012. Сер. Физика. Т. 12, вып. 1. С. 77–90.
328. *Семёнов В.Н.* Три ректора – одна кафедра // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т. 20, № 4. С. 11–46.
- *329. *Борн М., Вольф Э.* Основы оптики. М. : Наука, 1970. 856 с.
330. *Любимов Ю.А.* Электродинамика Гельмгольца // Исследования по истории физики и механики 2006. М. : Наука, 2007. С. 311–324.
331. *Физическая энциклопедия* / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энцикл., 1998. Т. 5. 760 с.
332. *Физическая энциклопедия* / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энцикл., 1988. Т. 1. 704 с.
333. *Кеплер И.* О шестиугольных снежинках / пер. и ком. Ю.А. Данилова. М. : Наука, 1982. 192 с.
334. *Психологический словарь* / под ред. В.В. Давыдова, А.В. Запорожца, Б.Ф. Ломова и др. М. : Педагогика, 1983. 448 с.
335. *Фомин Д.В.* Гёте и авангардистская культура 1910–1920-х гг. // Гёте: личность и культура / отв. ред. И.Н. Лагутина. М. : Индрик, 2004. С. 105–172.
336. *Елисеев А.Б.* К вопросу об истории создания Государственной Академии художественных наук // *İrıc* : сб. статей по искусствоведению, филологии, истории. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012. С. 119–126.
337. *Фойгт В., Зуккер У.* Й.В. Гёте – естествоиспытатель. Киев : Вища школа, 1983. 94 с.
338. *Манолов К.* Великие химики : в 2 т. М. : Мир, 1977. Т. 1. 452 с.

339. *Фигуровский Н.А.* Труды М.В. Ломоносова по химии и физике // Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике / под ред. А.В. Топчиева ; статья Н.А. Фигуровского, прим. Г.А. Андреевой, О.А. Лежневой, Н.А. Фигуровского. М. : Изд-во АН СССР, 1961. С. 361–476.
340. *Ломоносов М.В.* Избранные произведения : в 2 т. Т. 1 : Естественные науки и философия. М. : Наука, 1986. 536 с.
341. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка / под ред. И.А. Бодуэна де Куртенэ: Т. 1–4: Т. 3: П–Р. М. : Прогресс-Универс, 1994. 912 + XIII с.
342. *Серов Н.В.* Античный хроматизм. СПб. : Лисс, 1995. 475 с.
- *343. *Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX вв.). М. : Наука, 1979. 317 с.
344. *Бабичев Н.Т., Боровский Я.М.* Словарь латинских крылатых слов: 255 единиц / под ред. Я.М. Боровского. М. : Рус. яз., 1982. 959 с.
345. *Визгин В.П.* «Французская революция» в физике, «математическое рождение» классической физики и С. Карно // Исследования по истории физики и механики. 1995–1997. М. : Наука, 1999. С. 15–37.
346. *Воронина М.М.* Габриэль Ламе. 1795–1870. Л. : Наука, 1987. 196 с.
347. *Буринский В.Ф.* Луи Дагер и Жозеф Ньепс. Их жизнь и открытия в связи с историей развития фотографии: Биографические очерки // Гутенберг. Уатт. Стефенсон и Фултон. Дагер и Ньепс. Эдисон и Морзе: Биографические повествования / сост., общ. ред. и послесл. Н.Ф. Болдырева. Челябинск : Урал, 1995. С. 267–345.
348. *Мороз О.П.* Прекрасна ли истина? М. : Знание, 1989. 208 с.
349. *Ансельм А.И.* Очерки развития физической теории в первой трети XX века. М. : Наука, 1986. 248 с.
350. *Сонин А.С., Ковнер М.А.* История основной формулы рентгеновской кристаллографии // Исследования по истории физики и механики. 2000 / отв. ред. Г.М. Идлис. М. : Наука, 2001. С. 92–106.
351. *Кудрявцев П.С.* История физики. Т. III : От открытия квант до квантовой механики. М. : Просвещение, 1971. 423 с.
352. *Дунская И.М.* Возникновение квантовой электроники. М. : Наука, 1974. 158 с.
353. *Пойзнер Б.Н.* Физические основы лазерной техники : учеб. пособие. Томск : ТГУ, 2006. 208 с.

354. *Погребысская Е.И.* Сергей Иванович Вавилов и его «Научные записи. 1935–1943 гг.» // Исследования по истории физики и механики. 2006 / отв. ред. Г.М. Идлис. М. : Наука, 2007. С. 78–85.
355. *Агравал Г.П.* Применение нелинейной волоконной оптики : учеб. пособие / пер. В.И. Кузина ; под ред. И.Ю. Денисюка. СПб. : Лань, 2011. 592 с.
356. *Розеншер Э., Винтер Б.* Оптоэлектроника. М. : Техносфера, 2004. 592 с.
357. *Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Рухеда Ф.* Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М. : Техносфера, 2009. 368 с.
358. *Киселёв Г.Л.* Квантовая и оптическая электроника. СПб. : Лань, 2011. 320 с.
359. *Вернадский В.И.* [Научное творчество и моральные ценности] // Вернадский В.И. О науке. Т. II : Научная деятельность. Научное образование. СПб. : Изд-во РХГИ, 2002. С. 70–80.
- *360. *Пуанкаре А.* Наука и гипотеза // Пуанкаре А. О науке / под ред. Л.С. Понтрягина. М. : Наука, 1983. С. 5–152.
361. *Горяченко В.Д.* Андронов Александр Александрович. Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2001. 80 с.
362. *Измайлов И.В., Лячин А.В., Пойзнер Б.Н.* Детерминированный хаос в моделях нелинейного кольцевого интерферометра. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2007. 256 с.
363. *Фабрикант В.А.* Леонид Исаакович Мандельштам // Замечательные учёные / под ред. С.П. Капицы. М. : Наука, 1980. С. 171–182.
364. *Храмов Ю.А.* Научные школы в физике / под ред. В.Г. Барьяхтара. Киев : Наукова думка, 1987. 400 с.
- *365. *Неймарк Ю.И.* Сухой остаток: К истории в лицах научной школы А.А. Андропова. Н. Новгород : Нижегород. гуманитар. центр, 2000. 143 с.
366. *Юрий Львович Климонтович:* Воспоминания коллег и его личные заметки о людях науки / сост. и ред. В.С. Анищенко, В. Эбелинг, Ю.М. Романовский. Саратов : Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2005. 118 с.
367. *Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И.* Выдающиеся химики мира : биограф. справ. / под ред. В.И. Кузнецова. М. : Высш. шк., 1991. 656 с.

- *368. *Хайтун С.Д.* От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: Рождение и осмысление новой парадигмы. М. : КомКнига, 2007. 256 с.
369. *Пустильник С.Н.* Идеи развития в тектологии А. Богданова // Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 189–197.
370. *Круг Г.Й., Польшман Л.* Вильгельм Оствальд на подходе к созданию синергетической школы // Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 36–54.
371. *Химическая энциклопедия* : в 5 т. / ред. кол.: И.Л. Кнунянц (гл. ред.) и др. М. : Сов. энцикл., 1988. Т. 1. 623 с.
372. *Печёнкин А.А.* Как и при каких обстоятельствах появилась реакция Белоусова–Жаботинского? // Исследования по истории физики и механики 2006. М. : Наука, 2007. С. 249–263.
373. *Кузнецов В.И.* Концепция самоорганизации в химии катализа (на материале отечественных исследований) // Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе / отв. ред. А.А. Печёнкин. М. : Наука, 1994. С. 55–85.
374. *Аршинов В.И.* Материалы 7-го летнего симпозиума Международного общества по философии химии [Рец.] // Вопросы философии. 2005. № 7. С. 174–176.
375. *Полищук В.* На общих основаниях // Пути в незнаемое: Писатели рассказывают о науке: Сб. 18. М. : Сов. писатель, 1985. С. 196–244.
376. *Воронов В.К., Подоплелов А.В.* Физика на переломе тысячелетий: Физика самоорганизующихся и упорядоченных систем. Новые объекты атомной и ядерной физики. Квантовая информация. Происхождение жизни и мышления с точки зрения современной физики : учеб. пособие. М. : КомКнига, 2013. 513 с.
377. *Савельев В.П.* Выдающийся учёный-кибернетик // Юрий Исаакович Неймарк : библиограф. указатель. К 45-летию первого в России факультета вычислительной математики и кибернетики / сост. Н.Г. Панкрашкина, Л.И. Фомина, Л.П. Корнюшина. Н. Новгород : Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2008. 95 с.
378. *Ланда П.С.* Памяти моего большого друга, выдающегося учёного и замечательного человека Юрия Исааковича Неймарка // Известия вузов Прикладная нелинейная динамика. 2011. Т. 19, № 4. С. 129–133.

379. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. М. : Физматлит, 2003. 496 с.
380. Лоренц Э. Детерминированное неперiodическое течение // Странные аттракторы. М. : Мир, 1981. С. 88–116.
381. Ораевский А.Н. Сверхсветовая волна в усиливающей среде. Оптические тахионы // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 10. С. 75–80.
382. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М. : Наука, 1999. 368 с.
383. Мухин Р.Р. Хаос и неинтегрируемость в гамильтоновых системах // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2006. Т. 14, № 1. С. 3–24.
384. Мухин Р.Р. Колмогоров и теория КАМ: заметки к истории её создания // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2003. Т. 11, № 1. С. 3–11.
385. Мухин Р.Р. Из истории гамильтонова хаоса: бильярды // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2008. Т. 16, № 6. С. 86–98.
386. Борис Валерианович Чириков // Успехи физических наук. 1998. Т. 168, № 7. С. 813–815.
387. Маркова Л.А. Философия из хаоса: Ж. Делёз и постмодернизм в философии, науке, религии. М. : Канон⁺, 2004. 384 с.
388. Besicovitch A.S. On the sum of digits of real numbers represented in the dyadic system (On sets of fractional dimensions II) // *Mathematische Annalen*. 1935. В. 110. S. 321–330.
389. Галимов Э.М. Феномен жизни: Между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М. : ЛИБРОКОМ, 2013. 256 с.
390. Исаева В.В. Синергетика для биологов: вводный курс : учеб. пособие. М. : Наука, 2005. 158 с.
391. Тарасенко В.В. Фрактальная логика / предисл. С.П. Капицы. М. : Прогресс-Традиция, 2002. 160 с.
392. Потанов А.А. Фрактальный метод и фрактальная парадигма в современном естествознании : монография. Воронеж : Научная книга, 2012. 108 с.
393. Тарасенко В.В. Фрактальная семиотика: «слепые пятна», перипетии и узнавания / закл. ст. Ю.С. Степанова. М. : ЛИБРОКОМ, 2009. 232 с.

394. *Карманная еврейская энциклопедия* / под ред. М. Членова ; сост. М. Кравец, М. Малтынский. Ростов н/Д. : Феникс, 2001. 288 с.
395. *Генерация хаоса* / А.С. Дмитриев, Е.В. Ефремова, Н.А. Максимов, А.И. Панас. М. : Техносфера, 2012. 424 с. + 8 с. цв. вклейки.
396. *Трубецков Д.И.* Ж.В. Буссинеск, Д.И. Кортевег, Г. де Вриз и уравнение КдВ // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1995. Т. 3, № 2. С. 111–113.
397. *Кудряшов Н.А.* Нелинейные волны и солитоны // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 2. С. 85–91.
398. *Хайтун С.Д.* Место синергетики в структуре физического знания // Исследования по истории физики и механики. 1995–1997. М. : Наука, 1999. С. 236–267.
399. *Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р.* Физика процессов эволюции / пер. Ю.А. Данилова . М. : Эдиториал УРСС, 2001. 328 с.
400. *Эйген М., Шустер Г.* Гиперцикл: Принципы самоорганизации макромолекул / под ред. М.В. Волькенштейна, Д.С. Чернавского. М. : Мир, 1982. 270 с.
401. *Дюринг Э.* Критика Бергсоном релятивистской метафизики: её наследие и актуальность // Логос: философско-литературный журнал. 2009. № 3 (71). С. 163–172.
402. *Пойзнер Б.Н.* О «субъекте» самоорганизации // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1996. Т. 4, № 4, 5. С. 149–158.
403. *Нейман Дж. фон.* Общая и логическая теория автоматов // Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960. С. 59–101.
404. *Drexler К.Е.* Nanosystems. URL: <http://e-drexler.com/d/06/00/Nanosystems/ch1/chapter1.2.html>
405. *Бир С.* Мозг фирмы. М. : ЛИБРОКОМ, 2009. 416 с.
406. *Пойзнер Б.Н.* Репликация – латентный трансдисциплинарный концепт? // Новые идеи в аксиологии и анализе ценностного сознания : колл. монография. Екатеринбург : УРО РАН, 2007. Вып. 4. С. 220–258.
407. *Химическая энциклопедия* : в 5 т. Т. 5 / ред. кол.: Н.С. Зефирова (гл. ред.) и др. М. : Большая рос. энцикл., 1999. 783 с.
408. *Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н.* Лазерная модель творчества (от теории доминанты – к синергетике культуры) : учеб. пособие. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1997. 150 с.

409. *Химическая энциклопедия* : в 5 т. Т. 2 / ред. кол.: И.Л. Кнунянц (гл. ред.) и др. М. : Сов. энцикл., 1990. 671 с.
410. *Мелик-Гайказян И.В.* Информационные процессы и реальность. М. : Наука, 1998. 192 с.
411. *Луман Н.* Общество как социальная система. М. : Логос, 2004. 232 с.
412. *Шер Я.А., Вишняцкий Л.Б., Бледнова Н.С.* Происхождение знакового поведения. М. : Науч. мир, 2004. 280 с.
413. *Ассман Я.* Культурная память: Письмо, память о прошлом и политическая идентичность в высоких культурах древности. М. : Языки славян. культуры, 2004. 368 с.
414. *Сепир Эд.* Коммуникация // Сепир Эд. Избранные труды по языкознанию и культурологии / общ. ред. и вступ. ст. А.Е. Кибрика. М. : Прогресс-Универс, 1993. С. 210–215.
415. *Хренов Н.А.* Культура в эпоху социального хаоса. М. : Едиториал УРСС, 2002. 448 с.
416. *Мириманов В.Б.* Императив стиля. М. : РГГУ, 2004. 195 с.
417. *Розов С.М.* Дарвинизм и эпистемология: генетика и меметика // На теневой стороне : матер. к истории семинара М.А. Розова по эпистемологии и философии науки в Новосибирском Академгородке. Новосибирск : НГУ, 1996. С. 311–338.
418. *Дойч Д.* Структура реальности. Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 400 с.
419. *Крёбер А.Л.* Конфигурации развития культуры // Антология исследований культуры. Т. 1 : Интерпретация культуры. СПб. : Универ. книга, 1997. С. 465–496.
420. *Розов Н.С.* Структура цивилизации и тенденции мирового развития. Новосибирск : Изд-во НГУ, 1992. 213 с.
421. *Дингес М.* Историческая антропология и социальная история: через теорию «стиля жизни» к «культурной истории повседневности» // Одиссей. Человек в истории. 2000. М. : Наука, 2000. С. 96–124.
422. *Розов М.А.* Теория социальных эстафет и проблемы эпистемологии. М. : Новый хронограф, 2008. 352 с.
423. *Григорьева С.А., Григорьев Н.В., Крейдлин Г.Е.* Словарь языка русских жестов. Москва ; Вена : Языки русской культуры ; Wiener Slawistischer Almanach, 2001. 256 с.

424. *Марков А.В.* Жизнь могла зародиться в небольшом тёплом пруду. URL: <http://www.postnauka.ru/video/10757>
425. *Пойзнер Б.Н.* Незаметное присутствие: репликация в социокультурных процессах и в их схемах // Синергетическая парадигма: Социальная синергетика. М. : Прогресс-Традиция, 2009. С. 85–94.
426. *Марков А.В., Кортаев А.В.* Гиперболический рост в живой природе и обществе. М. : Либроком, 2009. 200 с.
427. *Валлерстайн Им.* Анализ мировых систем и ситуация в современном мире / ред. Б.Ю. Кагарлицкий. СПб. : Универ. книга, 2001. 416 с.
428. *Николис Гр., Пригожин И.* Познание сложного. Введение. М. : Мир, 1990. 340 с.
429. *Гражданников Е.Д.* Экстраполяционная прогностика: Классификационное и математическое моделирование в исторических и прогностических исследованиях. Новосибирск : Наука, 1988. 144 с.
430. *Рубинштейн Л.* Соловьёво-музейная ночь // Рубинштейн Л. Знаки внимания. М. : Астрель: CORPUS, 2012. С. 137–141.
- *431. *Каку М.* Физика будущего. М. : Альпина нон-фикшн, 2012. 544 с.
432. *Черникова Д.В., Черникова И.В.* Проблема природы человека в свете NBIC-технологий // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316, № 6. С. 88–93.
433. *Смирнов И.П.* Психодиахронологика: Психоистория русской литературы от романтизма до наших дней. М. : Новое лит. обозрение, 1994. 352 с.
434. *Агацци Э.* Идея общества, основанного на знаниях // Вопросы философии. 2012. № 10. С. 3–19.
435. *Целищев В.В.* Рационалистический оптимизм и философия Курта Гёделя // Вопросы философии. 2013. № 8. С. 12–23.
436. *Пойзнер Б.Н., Соснин Э.А.* Классический университет, «натиск ширпотреба» и гигиена сознания // Высшее образование в России. 2008. № 2. С. 117–122.
437. *Шубин В.И.* Кант и Вернадский // Кант и философия в России. М. : Наука, 1994. С. 212–226.
438. *Бибихин В.В.* Дело Хайдеггера // Философия Мартина Хайдеггера и современность. М. : Наука, 1991. С. 166–171.
439. *Ланда П.С.* Ещё раз об универсальности колебательных и волновых процессов. Основания для построения математических моде-

- лей // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2013. Т. 21, № 3. С. 119–126.
440. *Панов А.Д.* Природа математики, космология и структура реальности: объективность мира математических форм // Космология, физика, культура / отв. ред. В.В. Казютинский. М. : ИФ РАН, 2011. С. 191–219.
441. *Трубецков Д.И.* Две лекции о двух путях истории симметрии // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2013. Т. 21, № 4. С. 9–42.
442. *Урсул А.Д.* Глобальные исследования и глобализация науки // Вопросы философии. 2013. № 11. С. 112–122.
443. *Набоков В.В.* Николай Гоголь // Собрание сочинений американского периода : в 5 т. Т. 1 / сост. С. Ильин, А. Кононов ; предисл. и ком. А. Люксембурга. СПб. : Симпозиум, 1997. С. 400–524.
444. *Иванов Вяч.* <Интеллектуальный дневник. 1888–1889 гг.> / подгот. текста Н.В. Котрелева и И.Н. Фридмана ; прим. Н.В. Котрелева // Вячеслав Иванов. Архивные материалы и исследования / отв. ред. Л.А. Гоготишвили, А.Т. Казарян. М. : Рус. словари, 1999. С. 10–61.
445. *Кузнецова Н.И.* В.И. Вернадский как историк науки: методологические находки и парадоксы // Вопросы философии. 2013. № 11. С. 99–111.
446. *Морачевский А.Г.* Академик Владимир Иванович Вернадский (К 150-летию со дня рождения) / под ред. С.Ю. Васильева. СПб. : Изд-во Политех. ун-та, 2013. 106 с.
447. *Шимборская В.* Избранное / пер. и послесл. А. Эппеля. М. : Текст, 2007. 303 с.

Указатель имён

L

Loria G. 135

S

S. (аноним) 105, 353

A

Аббе Э.К. 242

Абней В. 231

Августин А. 82, 84, 89,
93, 119, 156, 160

Авени Э. 140, 142, 350

Агацци Э. 334, 368

Аксёнов М.С. 105, 213,
214, 353

Акчурин А.К. 281

Альхазен (Альгазен)
198, 199, 200, 203, 208,
209, 256

Ампер А.М. 114, 234,
238, 258

Анаксагор 206

Анаксимандр 113, 132,
141

Анаксимен 132

Андрийко А.А. 58

Андронов А.А. 116,
263, 267, 268, 273, 313,
354, 363

Антифонт 83

Анучин Д.Н. 24

Аполлоний Пергский
133

Аполлоний Родосский
205

Араго Д.Ф. 230, 232,
233, 234, 235, 242, 258

Арган Ж.Р. 172

Аристотель 70, 77, 83,
89, 97, 118, 148, 210,
279

Аристофан 193, 360

Армати С. де 201

Арнольд В.И. 276

Архимед 34, 55, 130,
133, 197, 198, 274, 355

Аскольдов-

Алексеев С.А. 112

Ассман Я. 301, 367

Ашшурбанипал 149

Б

Бальзак О. де 241

Баркгаузен Г.Г. 263

Бартолин Э. 212, 218

Басов Н.Г. 251

Безикович А.С. 278,
282, 365

Бейнбридж В. 36

Белоусов Б.П. 268, 270,
271, 272, 300, 313, 364

Бенар А. 273, 274

Бенвенист Э. 87

Беневиц П. 157

Бенедетти Дж.Б. 137

Бер А. 226, 258

Бергсон А. 93, 94, 95,
96, 97, 98, 99, 101, 102,
119, 352, 366

Бердяев Н.А. 77, 222

Берия Л.П. 41

Беркли Дж. 90

Бернал Дж. 126

Бернулли Д. 169

Бернштейн Ю. 289

Берталанфи Л. фон 270,
342

Бецольд В. фон 221, 257

Бибихин В.В. 22, 86,

112, 113, 126, 127, 129,

163, 302, 341, 351, 354,

368

Био Ж.Б. 230, 242, 258

Биркгоф Дж.Д. 261, 262

Блаватская Е.П. 31

Блехман И.И. 144, 145,
356

Блох Э. 104

Богданов А.А. (Ма-
линовский) 270, 364

Боголюбов Н.Н. 268

Боденштейн М. 300

Бойль Р. 211, 222, 268

Больцано Б. 283

Бон Фр. 127, 128, 129,
163

Бонфис И.Я. 136

Бор Н. 9, 184, 246, 282

Боратынский Е.А. 158

Браге Т. 154

Бранли Э.Е.Д. 176, 179,
188

Браун К.Ф. 178, 265,
313

Брауэр Э. 269

Бригс Г. 156, 157

Бриджмен П.У. 63

Бриллоэн Л. 253, 266

Бройль Л. де 172, 242,
246, 250

Бруншвиц Л. 148

Брэгг У.Г. 247

Брэгг У.Л. 247, 248, 259

Брэдбери Р. 275

Брэдди Дж. 212
Брюкке Э.-В. 181, 221, 257
Брюсов В.Я. 140
Брюстер Д. 229, 230
Бубнов Н.М. 152, 153, 154, 357
Бугер П. 226, 258
Буданов В.Г. 324, 340
Були Е.Р. 275
Бунзен Р. 243
Бурбаки Н. 131, 163, 355
Буссинеск Ж.В. 288, 366
Бутаева Ф.А. 251
Бутлеров А.М. 271
Бухарин Н.И. 337
Быков В.И. 272
Бэкон Р. 199, 212, 215
Бэкон Фр. 135, 157, 232
Бюрги И. 136, 157

В

Вавилов Н.И. 252, 307
Вавилов С.И. 10, 202, 206, 251, 252, 339, 350, 363
Вазари Дж. 84
Валлерстайн Им. 316, 368
Варела Фр. 196
Вебер В.Э. 170, 238
Вебер Э. 170
Вебер Эд. 170
Вейерштрасс К.Т.В. 283
Вейсман А. 293
Верде М. 235
Вернадский В.И. 14, 23, 24, 26, 32, 38, 46, 49, 50, 52, 57, 59, 60, 61, 66, 74, 75, 97, 115, 134, 135,

136, 138, 149, 157, 163, 202, 216, 260, 261, 285, 288, 313, 335, 336, 341, 342, 347, 363, 368, 369
Вивиани В. 167
Виет(а) (Вьета) Фр. 155
Визгин Вл.П. 9, 10, 339, 362
Виндж В. 118, 329, 335, 344
Винер Н. 270
Виппер Б.Р. 222
Витгенштейн Л. 3, 122, 127, 338
Вителлий 200
Витковски Н. 166, 344, 355
Витт А.А. 267, 268
Вихерт Э. 180
Волластон У.Х. 236, 237, 258
Вольтерра В. 265, 290
Вриз (Фрис) Г. де 288, 366
Вудынский М.М. 251
Вульф Ю.В. 247, 248, 259

Г

Габер Ф. (Хабер) 42, 43
Габор Д. 248
Габричевский А.Г. 222
Гадолин Ю. 253
Галилей Г. 34, 35, 75, 123, 134, 135, 137, 138, 139, 141, 142, 157, 158, 160, 163, 165, 167, 174, 178, 187, 205, 206, 207, 211, 212, 215, 216, 256, 281, 344
Галимов Э.М. 280, 292, 308, 311, 365

Галлей Э. 168
Гальвакс В.Л.Ф. 245
Гамильтон У.Р. 171, 172, 185, 187, 239, 240, 259, 276, 365
Гамкрелидзе Т.В. 151, 350
Гапонов-Грехов А.В. 273
Гардинер У. 156
Гаспаров М.Л. 108, 353
Гассенди П. 182
Гаузе Г.Ф. 265
Гаусс К.Фр. 235, 238, 239, 240, 258
Гачев Г.Д. 12, 26, 44, 78, 79, 84, 88, 90, 96, 101, 108, 120, 138, 139, 145, 158, 167, 191, 192, 195, 196, 216, 256, 281, 320, 340, 351, 356
Гваттари Ф. 286
Гегель Г.В.Ф. 92, 93, 101, 102, 167
Гёдель К. 332, 334, 335, 357, 368
Гейзенберг В.К. 246, 294
Гейлинкс А. 143, 144, 145, 147, 164
Гекк И. 205
Гельмгольц Г.Л.Ф. 173, 174, 175, 179, 180, 181, 188, 361
Генри Дж. 55
Гераклит 69
Герон
Александрийский 198, 210
Герстнер Фр.Й. 170
Герц Г.Р. 175, 176, 177, 179, 186, 187, 244, 245, 262, 359, 360

Герцен А.И. 53
Гершель Дж. 231
Гершель У. . 225, 231, 236
Гесиод 132, 140, 356
Гёте И.В. 7, 13, 158, 196, 200, 221, 227, 228, 258, 361
Гиббс Дж.У. 262, 358
Гиерон II 130
Гильберт Д. 282, 332
Гинзбург К. 157, 358
Гиппократ 13
Гиренок Ф.И. 17, 341
Гитлер А. 43, 46, 307
Глебов Л.А. 182
Глейк Дж. 116, 354
Гоббс Т. 136
Гоголь Н.В. 79, 107, 166, 358, 369
Голицын Б.Б. 10
Гомер 132
Горелик Г.С. 266
Горохов В.Г. 165, 344, 346
Гофман Э.Т.А. 228
Гражданников Е.Д. 319, 320, 329, 349, 368
Гранин Д.А. 294
Грант Дж. 65, 344
Грасюк А.З. 275
Гримальди Фр.М. 216, 217, 233, 237, 257
Грин Б. 9, 15, 19, 20, 339
Грин Дж. 235, 258
Гринин Л.Е. 100, 121, 316, 352
Гротендик А. 280, 281
Гук Р. 207, 216, 217, 222, 223, 239, 257
Гуотми А. 271
Гуревич А.Я. 102
Гуриков В.А. 209, 360

Гуртовник А.С. 275
Гуссерль Эд. 96, 97, 102, 119
Гюйгенс Х. 144, 145, 146, 167, 168, 198, 209, 210, 211, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 229, 233, 243, 257

Д

Д'Аламбер Ж.Л. 168, 180, 187, 188
Даан-Дальмедико А. 155, 275, 355
Дагерр Л.Ж.М. 241, 362
Дайсон Ф.Дж. 27
Даль В.И. . 8, 93, 107, 108, 110, 200, 225, 334, 339, 351, 362
Дальтон Дж. 182
Дана Дж. 23
Данилов Ю.А. 166, 291, 352, 358, 361, 366
Данте А. 211
Дарвин Ч.Р. 31, 64, 113, 294, 295
Дебай П.Й.В. 246
Декарт Р. 60, 79, 84, 87, 88, 89, 133, 138, 139, 144, 145, 159, 160, 165, 167, 198, 208, 209, 210, 212, 256, 281, 339, 356
Делёз Ж. 286, 365
Дёмин В.В. 8
Демокрит 194, 221
Деннетт Д. 113
Деррида Ж. 83, 351
Дешаль Кл. 237
Джевонс У.С. 160
Джеймс У. 101, 119
Дженкин Ф. 213
Джермер Л. 246
Джимбинов С. 39

Дзикаки А. 34, 67, 123, 281, 344
Дидро Д. 168
Дикке Р.Г. 70, 251, 252
Дингес М. 303, 367
Диомед 83
Дирак П.А.М. 104, 172, 294
Дирингер Д. 152, 357
Дитрих (Теодорик) из Фрейбурга 200
Дмитриев А.С. 286, 366
Дмитриев И.С. 169, 345, 357
Дойч Д. 303, 367
Докинз (Джукинс) Р. 303, 309
Доллонд Дж. 220
Домесиани 206
Доминик 135
Доп(п)лер Х. 55, 173, 179, 188
Достоевский Ф.М. 54
Дреббель К.Я. 143, 206
Дрекслер К.Е. 298, 314, 366
Дубнищев Ю.Н. 73, 349
Дьюар Дж. 55
Дьяконов И.М. 53, 118, 318, 319, 320, 322, 325, 330, 335, 344, 345, 354, 357
Дэвиссон К. 246

Е

Евклид 34, 55, 105, 133, 155, 163, 164, 171, 199, 256
Екатерина II 225
Емельянов В.В. 325, 351, 356

Ж

Жаботинский А.М. 272,
300, 313, 364
Жамен Ж.С. 183
Жигалкин С.А. 214, 353

З

Заболоцкий Н.А. 206
Забуски Н. 287, 289
Заславский Г.М. 277,
354
Зееман П. 245
Зейдель А. 242
Зельманов А.Л. 70
Зельмейер В. 183
Зенон из Китиона 21
Зенон из Элеи 95
Зомбарт В. 50
Зоммерфельд А. 246
Зюсс Э. 316

И

Иваницкий Г.Р. 296,
311, 360
Иванов Вяч.Вс. 151,
189, 190, 350, 357, 360
Иванов Вяч.И. 336, 369
Ивлиев А.Д. 73, 349
Идлис Г.М. 70
Израйлев. Ф.М. 277,
289
Инфельд Л. 182, 223,
359
Иордан Саксонский 135
Иоффе А.И. 10
Исаева В.В. 280, 365

Й

Йорке Дж.А. 116, 354

К

Кавальери Фр.Б. 156
Камерарий И. 205
Каммингс Ф.В. 275
Кандинский В.В. 221,
222
Каннигхем Р. 271
Кант Им. 8, 32, 79, 90,
91, 92, 101, 169, 214,
266, 334, 368
Кантор К.М. 51, 52
Капица П.Л. 10
Капица С.П. 319, 361,
365
Капп Э. 124
Капустин Ф.Я. 179
Кардано Дж. 155, 165,
201
Карно Н.Л.С. 294
Картер Б.Д. 70
Кассини Ж.Д. 212
Кастелли Б. 215
Кац В.Г. 285
Келле В.Ж. 25, 343
Кениг С. 221
Кеплер И. 136, 154, 156,
159, 160, 166, 187, 200,
207, 208, 209, 212, 220,
223, 256, 358, 361
Кернер Б.С. 290
Кирхгоф Г.Р. 212, 213,
243
Клапейрон Б.П.Э. 72,
235
Клаузиус Р.Ю.Э. 174,
294
Клее П. 222
Клейн Ф. 172, 260, 359
Климонтгович Ю.Л. 271,
272, 363
Книппинг П. 247
Кноблаух К.Г. 238

Князева Е.Н. 36, 196,
321, 339, 340, 345, 352,
360
Колли Р.А. 213
Колмогоров А.Н. 276,
348, 365
Колумб Х. 55
Кольбер Ж.-Б. 211
Кольцов Н.К. 293, 294,
306, 307, 308, 309, 315
Комптон А. 246, 250
Коперник Н. 159, 165,
207
Коробкин В.В. 275
Корогодин В.И. 96, 292,
298, 305, 352
Коротаев А.В. 100, 316,
322, 327, 352, 368
Кортевег Д.И. 288, 366
Коши О.Л. 170, 181,
187, 220, 235, 321
Краймер Э.А. 152, 357
Крёбер А.Л. 303, 367
Кребс Х.А. 270
Креман Р.К. 269
Кремер М. 322, 324
Крик Ф.Х.К. 293, 297,
310
Кришнан К.С. 266
Кронекер Л. 150
Крукс У. 176, 244
Крускал М. 287, 289
Крылов Н.М. 268, 276
Кудрин Б.И. 16, 125,
163, 341
Кузнецов С.П. 275, 342
Кулибин И.П. 225
Кун Т.С. 304
Кундт А.Э. 245
Курц К. 263
Курцвейл Р. 329
Кэмпбелл Д. 304

Л

Лаврентьев М.А. 288
Лагранж Ж.Л. 105, 168,
171, 187, 261
Лазарев П.П. 10, 269
Лакатос (Лакатош) И. 8
Ламарк Ж.-Б. 64, 316
Ламберт И. 226, 258
Ламе Г. 235, 362
Ламсен К. Дж. 303
Ланда П.С. 106, 168,
265, 290, 291, 314, 334,
335, 353, 354, 364, 368
Ландау Гр. Ад. 54
Ландау Л. Д. 277, 314
Ландсберг Г.С. 266
Лаплас П.С. 168, 169,
171, 187, 230, 233, 345
Лармор Дж. 245
Латур Бр. 11, 34
Лауэ М. фон 91, 92,
119, 229, 247, 351
Лахути Д.Г. 62, 348
Лебедев П.Н. 9, 10, 11,
179, 186, 188
Левенгук А. ван 206,
207, 228
Левин М.Л. 284, 346
Левкипп 194, 221
Лейбниц Г.В. 38, 89,
119, 144, 159, 174, 197,
209, 218, 279, 280, 314,
351
Ле-Конт Д. 23
Лем Ст. 325
Ленард Ф. 245
Ленгмюр И. 255
Ленин В.И. 39, 43, 161,
162, 337
Леонардо да Винчи 13,
71, 113, 134, 136, 137,
138, 159, 164, 178, 202,
203, 206, 340, 356

Леотэ А.Ш.В. 267
Леруа Э. 24
Лесков Н.С. 267
Лесли Дж. 227
Лизеганг Р.Э. 269
Лифшиц Е.М. 277, 314
Лихачёв Д.С. 112, 353
Лихтенберг Г.К. 172
Ллойд Х. 240
Ловиц Т.Е. 254
Лодж О. Дж. 176, 177
Ломоносов М.В. 10, 13,
74, 175, 182, 222, 224,
225, 258, 341, 350, 362
Лопатин Л.М. 98
Лопиталь Г.Ф.А. де 38
Лоран П.А. 284
Лорентц Х.А. 214, 244,
245, 260
Лоренц К. 47, 347
Лоренц Э.Н. 273, 274,
275, 277, 285, 314, 365
Лоренцо Великолепный
204
Лосев А.Ф. 222
Лосский Н.О. 24
Лотка А. Дж. 264, 269,
290
Лукашевич П.А. 107,
350
Лукреций 194, 221, 360
Луман Н. 57, 348, 349,
367
Лысенко Т.Д. 308
Льоши М. 138, 155,
165, 201, 220, 351
Льюис Г.Н. 249
Лэмб У.Ю. 285
Людовик XIV 211
Лютер М. 156
Ляпунов А.М. 117, 170,
261, 267

М

Мавролик Фр. 203, 206
Майер Ю.Р. 174
Майерс Дж. 269
Майкельсон А.А. 213
Майрановский В.Г. 37
Маклорен К. 284
Максвелл Дж.К. 114,
182, 183, 185, 186, 187,
188, 213, 243, 244, 354,
360
Максим Горький 306
Малинецкий Г.Г. 22,
272, 340, 342, 343, 355
Малюс Э.Л. 229, 230,
231, 233, 258
Мандельброт Б. 278,
279, 280, 282, 314, 345
Мандельштам Л.И. 10,
63, 106, 193, 223, 251,
253, 265, 266, 267, 268,
313, 360, 363
Мандельштам О.Э. 14
Мариотт Э. 224
Марк М. Ван дер 263
Марков А.В. 311, 320,
368
Маркова Л.А. 46, 59,
345, 365
Маркони Г. 177, 178,
188
Маркс К. 337
Марци (Марчи) из
Кронланда Я.М. 215
Маттеуччи К. 238
Махов А.Е. 205
Маяцкий М. 58, 348
Мёбиус А.Ф. 172
Медичи II К. 205, 210
Медичи III К. 210
Медичи К. 204
Медичи Л. 210

Медици Ф. 210
Медников Б.М. 207, 294,
304, 305, 315, 361
Мейман Т.Г. 251
Мелик-Гайказян И.В.
305, 367
Меллер Г.Дж. 298
Меллони М. 238, 242
Мельникова А.А. 80
Менголи П. 156
Менделеев Д.И. 10, 55,
72, 179
Меркатор Н. 156
Мерсенн М. 137
Меценат 204
Минковский Г. 147, 214
Митропольский Ю.А.
268
Михалёв П.Ф. 269, 272
Мицраи Э.А. 136
Модена (Баризини) Т.
да 202
Мозер Ю.К. 276
Моисеев Н.Н. 268
Мопертюи П.Л.М. де
221
Морен Э. 17
Морзе С.Ф.Б. 177, 238,
362
Моссотти О.Ф. 237
Мотрошилова Н.В. 52,
345, 347
Моцарт В.А. 55
Муавр А. 262
Муди Р.В. 285
Мухин Р.Р. 275, 276,
278, 282, 285, 354, 365
Мюллер Г. 238

Н

Набоков В.В. 336, 369
Навье К.Л.М.А. 273,
277, 290

Нагарджуна 152
Налимов В.В. 15, 29,
60, 340, 348
Нейман Дж. фон 293,
296, 297, 298, 314, 328,
366
Неймарк Ю.И. 113, 115,
116, 118, 120, 158, 273,
354, 358, 363, 364
Неморарий И. 135, 155
Немыцкий В.В. 275
Непер (Нейпир) Дж.
156, 157
Нерон 194
Нётер А.Э. 174
Никифоров Е.А. 319
Николь У. 231
Нуньес П. 157
Ньепс Ж.Н. 241, 362
Ньютон Ис. 31, 60, 88,
89, 90, 92, 114, 119, 138,
139, 159, 160, 166, 167,
168, 171, 184, 215, 216,
219, 220, 221, 222, 223,
224, 227, 229, 230, 231,
232, 233, 243, 257, 268,
284, 357, 358, 360

О

Огурцов А.П. 304, 342,
345, 346
Оже П.В. 10
Опарин А.И. 308, 309,
315
Ораевский А.Н. 275, 365
Орем (Оресм) 133
Ортега-и-Гассет Х. 122,
355
Осипов В.В. 290
Оствальд В. 13, 64, 269,
270, 271, 341, 364
Остроградский М.В.
170, 187, 235

Откупщиков Ю.В. 190

П

Павлов А.П. 23
Павлов И.П. 80, 81, 118,
128, 129, 350
Панов А.Д. 322, 323,
333, 334, 335, 355, 369
Папалекси Н.Д. 263,
265, 266
Паскаль Б. 137, 159
Паста Дж. 289
Пастухов В. 39
Пател К. 251
Пеано Дж. 282
Пейффер Ж. 155, 355
Пенроуз Р. 334, 342
Перрен Фр. 284
Перри Дж. 213
Перуцц М.Ф. 15, 42, 43,
341
Пётр I 27, 49, 52, 53, 89,
225
Пётр III 225
Петрарка Фр. 205
Петрицкий В.А. 40,
339, 346
Петров М.К. 157, 304,
345
Петцваль Й.М. 241, 242
Пиндар 108, 109, 120,
351, 353
Пифагор 55, 148, 149,
164, 198, 256
Планк М. 69, 242, 245,
246, 250, 259, 281
Платон 86, 97, 148, 194,
195, 198, 204, 256, 279,
334
Плиний Старший 254
Плутарх 205
Пойнтинг Дж. 185, 188

Покровский М.П. 267, 348
Поль Б. Ван дер 263, 264, 290, 313
Попов А.С. 175, 176, 177, 178, 179, 188
Попова-Капустина А.С. 179
Поппер К.Р. 62, 304, 348
Порта Дж.Б. де ла 203, 204, 205, 206, 212, 256
Поршнев Б.Ф. 319
Потапов А.А. 283, 365
Преображенский А.Г. 78
Претор-Пинни Г. 12, 340
Пригожин И.Р. 92, 93, 98, 99, 100, 119, 269, 271, 272, 352, 368
Прокл 130
Протагор 69
Прохоров А.М. 71, 76, 251, 349
Псевдо-Плутарх 113
Птолемей К. 165
Пуанкаре А. 147, 170, 214, 260, 261, 267, 277, 313, 363
Пуассон С.Д. 170, 187, 235
Пугачёв Ю.Н. 32
Пушкин А.С. 41, 224, 284

Р

Рабинович М.И. 273, 356
Раман Ч.В. 266, 313
Рассел Дж.С. 287, 289
Ратнер В.А. 293
Реди Фр. 201

Рембрандт Х. ван Р. 192
Рёмер О. 212, 213
Рентген В.К. 42, 72, 246, 247, 248, 259, 362
Реомюр Р.М. 221
Ривальто Дж. ди 201
Риги А. 176, 177, 179, 245
Ридберг И.Р. 184
Риттенгауз 237
Ритгер И.В. 170, 236, 258
Ритц В. 184
Ричардсон О.У. 284
Рождественский Д.С. 10, 183
Розен Эд. 201
Розов М.А. 304, 367
Розов Н.С. 303, 367
Роко М. 36
Роулэнд (Роуланд) Г. 237
Ру Ф. ле 181
Рубинштейн Л. 320, 368
Руденко А.П. 271
Рудольф II 154
Рузвельт Фр.Д. 48
Рунге Ф.Ф. 269
Рыгов С.М. 266
Рэлей (Стретт Дж.) 145, 183, 184, 185, 255, 265, 273, 274, 288
Рюэль Д. 277, 286, 314

С

Сагдеев Р.З. 277
Саккас И. 198
Сальери А. 55
Сальников И.Е. 269
Сваммердамм Я. 207, 228
Свифт Дж. 278, 282, 314

Северцов А.Н. 23
Семёнов Н.Н. 300
Сенека 206
Сепир Эд. 301, 367
Сёрль Дж.Р. 97
Синай Я.Г. 276
Смейл Ст. 117, 277, 285
Смирнов И.П. 330, 368
Смолуховский М. 14
Снеллиус В. 209
Сойфер В.Н. 40, 41, 346
Сократ 83
Солженицын А.И. 41
Солон 132
Соснин Э.А. 38, 343, 345, 366
Сото Д. 165
Спасский М.Ф. 231
Спина А. де 201
Сталин И.В. 41, 306
Стафеев С.К. 193, 360
Стеллуги Ф. 205
Стенгерс И. 98, 99, 100, 352
Степанов В.В. 275
Стокс Дж.Г. 185, 273, 277, 290
Столетов А.Г. 10, 213, 245
Стоней (Стони) Дж.Дж. 179, 180
Стрелков С.П. 266
Стройк Д.Я. 131, 132, 133, 148, 355
Суриак Р. 204

Т

Таганцев Н.С. 337
Такенс Ф. 277, 314
Тальбот (Талбот, Толбот) У.Г.Ф. 241, 243
Танигучи Н. 255

Тарлыков В.А. 8
Таргалья Н. 142, 155
Таунс Ч.Х. 251
Тейяр де Шарден П. 24
Тесла Н. 175, 179, 262
Тимофеев-Ресовский Н.В. 294, 295
Тимур 154
Тинберген Н. 47
Тиндаль Дж. 174
Толстой Л.Н. 4
Томилини К.А. 68, 349
Томилини М.Г. 193, 360
Томпсон Б. (Румфорд) 226, 227
Томсон (Кельвин) У. 181, 186, 188, 213, 294
Томсон Дж.Дж. 180, 186
Топоров В.Н. 109, 110, 111, 351
Торричелли Эв. 215
Тревиранус Г.Р. 64
Трейглейн И.П. 135
Трубецков Д.И. 12, 15, 137, 144, 145, 180, 217, 223, 255, 263, 335, 339, 342, 354, 358, 359, 366, 369
Трубников Н.Н. 85, 351
Туrolьд 123
Тьюринг А.М. 331, 366
Тютчев Ф.И. 108

У

Убальдо дель Монте Гв. 138
Уилер Дж.А. 70
Уилсон Е.О. 303
Улам Ст. 289, 328
Улугбек М.Т. 154
Умов Н.А. 9, 10, 11, 185, 188
Уотсон Дж.Д. 293, 297

Успенский А.В. 275
Успенский В.А. 57
Ухтомский А.А. 14, 341
Уэллс Г. 105

Ф

Фабрикант В.А. 251, 363
Файн В.М. 275
Фалес 132, 133, 355
Фарадей М. 114, 115, 186, 244, 245
Фаренгейт Д.Г. 65
Фацио де Дюийе Н. 32
Фёдоров Е.С. 254
Фейгенбаум М. 285, 286
Фейнман Р. 15, 255
Ферма П. 159, 198, 209, 210, 212, 218, 240, 256
Ферми Э. 289
Феррари Л. 155
Феррарис Г. 175
Ферсман А.Е. 24
Фёрстер Х. фон 65, 66, 100, 322
Фег А.И. (Фёдоров А.И.) 47, 48, 53, 54, 340, 347
Фехнер Г.Т. 268
Физо А.И.Л. 173, 188, 212, 213
Филиис А. де 205
Филипп IV Красивый 142
Филиппов А.Т. 170, 183, 185, 288, 314, 341
Фичино М. 204, 205
Флоренский П.А. 23, 124, 125, 152, 343, 355, 356
Форбс Дж.Д. 238

Форест Л. де 262
Франк А.Г. 316
Франк С.Л. 222
Франк-Каменецкий Д.А. 269
Франкл В. 6, 339
Франклин Б. 172, 173, 254, 255
Франциск Ассизский 199
Фраунгофер Й. 236, 237, 243
Фрейзер Д.Т. 102, 103
Френель О. 224, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 242, 243, 244, 258
Френкель Я.И. 14, 290
Фридрих II 46
Фридрих В. 247
Фридрихс К. 288
Фриш К. 47
Фуко Л. 212
Фурье Ж.Б.Ж. 223

Х

Хайдеггер М. 14, 85, 86, 87, 88, 91, 102, 119, 334, 341, 351, 368
Хайкин С.Э. 268
Хайтун С.Д. 63, 64, 269, 291, 292, 349, 364, 366
Хакен Г. 275, 285, 291
Халдре Х.Ю. 275
Харитон Ю.Б. 41
Хаусдорф Ф. 278, 281
Хвольсон О.Д. 10
Хевсайид О. 172
Хеджес Э.С. 269
Хейлес К. 276
Хенон (Энон), Хено) М. 276
Хинтон Ч. 105
Хладни Э.Ф.Ф. 169, 187

Хокинг С.В. 70
Хофф Э. 267, 313
Хофштадтер Д. 152, 357
Хохлов Р.В. 180, 275
Хренов Н.А. 302, 347, 367
Хэйл М. 113

Ц

Цельсий А. 65
Цирель С.В. 103
Цицерон 13
Цузе К.Э.О. (Zuse) 37

Ч

Чайковский Ю.В. 7, 8, 132, 280, 281, 314, 339, 355
Чапек К. 29
Чези Ф. 205, 206
Черенков П.А. 252
Черешнев В. 325
Чириков Б.В. 276, 289, 365

Ш

Шавлов А.Л. 251
Шамбр К. де ла 209, 210

Шанин В.В. 293
Шапиро Р. 309, 311
Шапп Кл. 238
Шарковский А.Н. 116
Шейнер Х. 208
Шемякин Ф.М. 269, 272
Шёнфлис А.М. 254
Шехонин А.А. 8
Шиллинг П.Л. 239
Шильников Л.П. 273
Шимборская В. 337, 369
Шлиман Г. 192
Шноль С.Э. 180, 268, 271, 272, 334, 359
Шопенгауэр 197
Шпенглер О. 102, 142
Шпет Г.Г. 222, 351
Шрёдингер Э. 172, 246, 250
Штейнер Р. 31
Штифель М. 156
Штыков В.В. 178, 359
Шульце И.Г. 236

Э

Эддингтон А.С. 98
Эйлер Л. 156, 169, 181, 188, 220, 225, 227

Эйнштейн А. 20, 63, 102, 123, 147, 168, 182, 187, 208, 221, 223, 246, 250, 251, 256, 257, 259, 260, 281, 359
Эйри (Эри) Дж.Б. 240, 241
Эйртон У.Э. 213
Эйхенвальд А.А. 10
Эккартсгаузен К. фон 166, 358
Эмпедокл 194
Эпикур 194, 221
Эпштейн М.Н. 28, 29, 343, 347
Эрлих Г. 254, 359
Эрстед Х.К. 236

Ю

Юнг К.Г. 160, 358
Юнг Т. 224, 231, 232, 233, 234, 242, 243, 258

Я

Якоби К.Г. 240
Ямвлих 148
Янссен З. 205, 206
Янссен Х. 206

Оглавление

Предисловие, в котором авторы пытаются оправдать свою инициативу	3
Глава 1. О науке вообще и сегодня, а также о некоторых признаках научности	13
Глава 2. Время, пространство, колебания, волны	77
Глава 3. Техника и наука: несколько сопоставлений	121
Глава 4. Становление физики колебаний	165
Глава 5. Беглый обзор изучения света от Античности до конца XX в.	189
Глава 6. Союз теории нелинейных колебаний и волн с оптикой	260
Заключение. Вблизи точки сингулярности истории	316
Литература	338
Указатель имён	370

Учебное издание

**Игорь Валерьевич Измайлов
Борис Николаевич Пойзнер**

**О НАУКЕ, СОБЫТИЯХ В ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ
СВЕТА, КОЛЕБАНИЙ, ВОЛН, ОБ ИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЯХ,
А ТАКЖЕ ГЛОССЫ И ЭТИМОНЫ**

Редактор К.В. Полькина
Корректор А.В. Воробьева
Оригинал-макет А.И. Лелююр
Дизайнер обложки Л.Д. Кривцова

Подписано к печати 06.06.2014 г. Формат 60×84¹/₁₆.

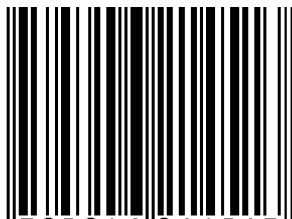
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.

Усл. печ. л. 22,08.

Тираж 40 экз. (1-й завод). Заказ № 263.

Отпечатано на оборудовании
Издательского Дома
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2)–53-15-28

ISBN 978-5-9462-1451-3



9 785946 121451 3