

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ – МАГИСТРАТУРА

серия основана в 1996 г.



**Э.А. СОСНИН**  
**Б.Н. ПОЙЗНЕР**

# **МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**УДК 16(075.8)**

**ББК 72я73**

**С66**

**Авторы:**

*Соснин Э.А.* — доктор физико-математических наук, профессор Национального исследовательского Томского государственного университета, ведущий научный сотрудник Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (лекции 1—5);

*Пойзнер Б.Н.* — кандидат физико-математических наук, профессор, профессор кафедры квантовой электроники и фотоники Национального исследовательского Томского государственного университета (лекция 1, послесловие)

**Рецензент:**

*Аникин В.М.* — доктор физико-математических наук, профессор, декан физического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

**Соснин Э.А.**

**С66**      **Методология эксперимента : учебное пособие / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер.**

Авторы утверждают, что человек — существо сознательно экспериментирующее, и приглашают читателя освоить главные навыки экспериментатора.

В учебном пособии с позиций общей теории систем, теории целенаправленных систем и теории решения изобретательских задач представлены общие правила и законы, согласно которым мы познаём мир. Все они проиллюстрированы примерами из самых разных наук: от физики и биологии до криминалистики и социологии.

Как появляются на свет предмет и объект исследования? Можно ли алгоритмизировать процесс познания? Как появляются случайные открытия? Как повысить результативность экспериментов? Зачем применять различные шкалы для представления данных опытов? Ответы на эти вопросы позволяют нам стать авторами собственных открытий.

Соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования последнего поколения.

Предназначено для студентов, магистрантов, аспирантов, соискателей учёной степени и научных работников.

УДК 16(075.8)

ББК 72я73

## Список сокращений

ВЧС	— «вытеснение» человека из системы
ГПФ	— главная полезная функция системы
Д	— двигатель
ИЭ	— источник энергии
НИР	— научно-исследовательские работы
НЭ	— нежелательный эффект
ОВ	— объект внимания
ОИ	— объект исследования
ОКР	— опытно-конструкторские работы
ОУ	— орган управления
ПИ	— предмет исследования
РО	— рабочий орган
СО	— случайное открытие
Тр	— трансмиссия
ТРИЗ	— теория решения изобретательских задач
ЦСД	— целенаправленная система деятельности
$P(p)$	— вероятность целенаправленного (спонтанного) достижения цели
$Q$	— оператор информации
$R$	— ресурс
$S$	— стартовая ситуация
$W$	— побочный продукт
$Z$	— цель

## Введение

У нас очень часто пренебрегают описанием эксперимента... у нас эксперимент становится хуже, потому что мы не ценим и не понимаем его. Мы очень часто любим теорию, восхищаемся ею, а эксперименту не придаем значения. <...> В этом виноваты отчасти теоретики, потому что они не умеют ценить красоту эксперимента. Мы, экспериментаторы, умеем ценить красоту теории, а теоретики не умеют ценить красоту эксперимента<sup>1</sup>.

*Петр Леонидович Капица* (1894—1984) — советский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1978) за открытие феномена сверхтекучести гелия

Поставить эксперимент — это как срезать длинный обходной путь, в эксперименте природа объясняет тебе что-то напрямую. Двигаться на ощупь, опираясь на мысленные эксперименты, на структуру, концепции, теории, намного сложнее, и можно в итоге зайти не туда<sup>2</sup>.

*Дэвид Джонатан Гросс* (р. 1941) — американский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике (2004) за открытие асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий

Есть множество книг, посвященных теории эксперимента. Зачем предлагать ещё одну? Так рассуждали и авторы этих строк, когда им поручили прочитать лекции по теории эксперимента для студентов Национального исследовательского Томского государственного университета в 2014 г.

Однако анализ массива текстов по теории эксперимента показал, что взять готовое и шагать дальше не всегда получается. Почему же?

1. Множество прекрасных учебников и монографий (см., например, [0.3—0.12]) посвящены не столько эксперименту<sup>3</sup>, сколько математическим методам обработки данных, полученных при его осуществлении. Споры нет, знать это нужно, но ведь прежде чем получить какие-либо данные и начать их обрабатывать, нужно как минимум понять, *что, как и зачем* мы собираемся исследовать. То есть сама живая плоть эксперимента остаётся за скобками. Неясно,

<sup>1</sup> Цит. по: [0.1, с. 132].

<sup>2</sup> Цит. по: [0.2].

<sup>3</sup> От лат. *experīmentum* — проба, опыт, практика (*experiri* — пробовать, испытывать, *ex* — из, вне, *\*eghs* (праиндоевр.) — вне + *peritus* — изведать, испытать).

*зачем человек экспериментирует.* Не значит ли это, что нужно обратиться к философии?

2. Человек — существо экспериментирующее, которое ставит как мысленные<sup>1</sup>, так и натурные эксперименты. Философы, чувствуя это, предложили нам ряд романтических формулировок, таких как «человек играющий», «человек, находящийся в вечном становлении», «человек трудящийся» и т.д. [0.13—0.17]. Это другой, крайний подход к человеческому *опыту постановки опытов*, из которого *не следуют* практически полезные рекомендации для читателя, желающего использовать эксперименты в своей ежедневной целенаправленной деятельности. В частности, философы далеки от того, чтобы открыть нам тайну и рассказать о средствах верификации<sup>2</sup>, например, процесса становления человека.

3. В литературе по истории науки подчёркивается, что вопрос о том, что такое эксперимент, отнюдь не является тривиальным [0.18]. И действительно, история науки обогатила нас описаниями конкретных великих экспериментов, появившихся в определённом культурном контексте [0.18—0.27]. Но всё же огромное количество исследований в этой области посвящено знаменитым мысленным экспериментам теоретиков и полученным с их помощью умозрительным выводам [0.28—0.35], а совсем не тем опытам, что были поставлены *практически*. То есть тем самым опытам, без которых не появились бы ни самые знаменитые теории, ни целые научные

---

<sup>1</sup> Хотя даже такой видный методолог науки, как *П.В. Копнин*, справедливо указывал, «что иногда называется теоретическим, или мысленным, экспериментом, фактически не является экспериментом. Мысленный эксперимент — это обычное теоретическое рассуждение, принимающее внешнюю сторону эксперимента... Вывод в данном случае сделан не на основе чувственного, практического наблюдения действия, а в итоге умозрительного рассуждения. Исследователь мысленно представляет, что случится с интересующим его явлением в тех или иных условиях. Это помогает уяснить теоретическое положение, но не имеет той доказательной силы, которая присуща настоящему эксперименту. Здесь отсутствует одно из необходимых его качеств — непосредственная действительность. Однако, как и любое другое теоретическое рассуждение, мысленный эксперимент может приводить к достоверным заключениям, если исходные положения его доказаны практикой и не допускаются логических ошибок в ходе самого рассуждения» [0.12, с. 31].

<sup>2</sup> Верификация (от лат. *verus* — истинный и *facere* — делать): 1) в быту — проверка; 2) доказуемость какого-либо утверждения, осуществляемая с помощью фактического подтверждения и/или логических доказательств; 3) процедура подтверждения соответствия фиксированного состояния феномена заданным (эталонным) требованиям; 4) методика распознавания лжи (укрывательства, искажения).

направления, о чём в 1925 г. почтительно писал *Эрнест Резерфорд*<sup>1</sup>: «Общее направление физики за последние 25 лет шло под значительным влиянием трех фундаментальных открытий. <...> Я имею в виду открытие X-лучей в 1895 г., радиоактивности в 1896 г. и доказательство независимого существования отрицательного электрона малой массы в 1897 г. Открытие электрона и доказательство, что он — составная часть всех атомов, дали нам первое определенное направление для атаки проблемы строения атома...» (цит. по [0.36, с. 200]).

4. Следует подчеркнуть, что очень часто экспериментируют с объектами техники или их «полуфабрикатами», когда требуется:

- изменить характеристики существующего прибора, чтобы довести его до уровня серийного производства;
- спрогнозировать развитие технологии;
- повысить конкурентоспособность производства продукции;
- стандартизировать производство продукта;
- создать технологию массового производства продукта;
- провести доводку опытного образца [0.37].

В этом случае проведение экспериментов следует планировать сообразно математической теории эксперимента [0.3—0.9], а выбирать направления развития объекта техники надо в соответствии с теорией решения изобретательских задач [0.38—0.49]. Всё это касается инженерных экспериментов и *неприменимо в полном объёме по отношению к экспериментам научным*. Почему? Потому что учёные имеют дело прежде всего с феноменами<sup>2</sup>, которые ещё не стали опытными образцами, т.е. ещё не включены в какую-либо технологию как составляющие<sup>3</sup>. Более того, часто учёные могут сомневаться в том, что феномен существует, а также в том, что он когда-либо станет полезным элементом или ядром какой-либо технологии!

---

<sup>1</sup> *Эрнест Резерфорд* (1871—1937) — британский физик новозеландского происхождения, поставивший знаменитый опыт по рассеянию  $\alpha$ -частиц, что позволило создать первую планетарную модель атома, и получивший за это признание как «отец» ядерной физики; лауреат Нобелевской премии (1908).

<sup>2</sup> Феномен (от нем. *Phänomen* < др.-греч. φαίνωμενον — являющееся < φαίνω — являть(ся), показывать(ся), обнаруживать(ся)) — явление, в котором обнаруживается, *выдаёт себя* сущность чего-либо; редкое, необычное явление, исключительный факт.

<sup>3</sup> И зачастую не очевидно, станет ли какой-либо объект внимания учёных впоследствии хотя бы объектом исследований (об этом речь пойдёт в лекции 1).

Об этой (первой) стадии эксперимента<sup>1</sup> написано немного. Хотя именно с неё начинается любая научная работа.

С учётом сказанного остаётся немало поводов для того, чтобы рассказать об экспериментах иначе, не так, как это принято в процитированных источниках. И тогда цель курса — дать читателям сжатое представление о том, как осознанно строить практические исследования.

Для этого изложение построено следующим образом.

В лекции 1 показано, как появляется и развивается любая целенаправленная система наблюдений (измерений) и как её развитие связано с появлением объекта и предмета исследований. Знания об этом позволяют читателю осознанно формулировать цель, задачи, объект и предмет своих исследований.

В лекции 2 рассматриваются характерные черты и этапы решения *прямой задачи научного познания* как целенаправленной системы деятельности (ЦСД) человека. Одновременно даётся представление о сущности экспериментальной работы на разных этапах познания объекта исследования. Обсуждаются различные пути и причины появления случайных открытий. Все материалы иллюстрируются конкретными примерами экспериментальной работы учёных. Описаны этапы появления и свёртки элементов научной ЦСД.

Лекция 3 посвящена подробному изложению постановки и проведения экспериментов, выполненных Э.А. Сосниным с коллегами в 2016 г., или, как принято теперь говорить, рассмотрению конкретных «кейсов». Метод кейсов, или метод конкретных ситуаций, представляет собой способ обучения, основанный на изучении и анализе реальных ситуаций, возникающих во время практической деятельности человека. Сегодня он активно применяется для изучения экономических и социальных дисциплин. Мы же применили его для изучения структуры экспериментальной работы.

В четвёртой лекции рассказано о том, как записывать результаты экспериментальных исследований, и о том, как вести их протоколы. Знания об этом позволяют читателю осознанно анализировать данные экспериментов и повышать результативность при их повторении. Кроме того, на конкретных исторических примерах показано, как применяемое нами оборудование влияет на результаты исследований.

---

<sup>1</sup> О ней образно можно сказать как о превращении «странного объекта» в обыденный (см. [0.50]).

В последней лекции дано краткое представление о том, как и зачем экспериментальные данные представляют в разных шкалах, и собственно о методах квантификации<sup>1</sup> результатов измерений, их особенностях и ограничениях по использованию.

Все лекции сопровождаются практическими рекомендациями по подготовке и проведению экспериментов, а также вопросами для самостоятельной работы. Кроме того, помимо списков цитированной литературы, в конце книги дан список рекомендуемой литературы.

Послесловие изложено в свободном стиле общения соавторов с читателем.

Большая часть курса написана Э.А. Сосниным. Послесловие и части лекции 1 написаны Б.Н. Пойзнером.

Авторы благодарят Издательский центр РИОР за согласие на *эдиционный эксперимент* по публикации нашего учебного пособия.

Мы надеемся, что предлагаемый курс даст читателю почувствовать вкус к экспериментальной работе, позволит ему искать, ставить и решать задачи с удовольствием и азартом.

---

<sup>1</sup> От лат. *quantitas* — количество и *facere* — делать: 1) процедуры измерения и количественного выражения свойств и отношений объектов; 2) преобразование наблюдений в цифровые данные для анализа и сравнения [0.51, 0.52].



# Лекция 1

## ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОБЪЕКТАМИ

Чем сложнее явление — а что сложнее жизни? — тем неизбежнее опыт. Только опыт, ничем, кроме естественных размеров изобретательности ума человеческого, не ограниченный опыт завершит, увенчает дело медицины. Наблюдение видит в животном организме массу явлений, существующих рядом и связанных друг с другом то существенно, то косвенно, то случайно. Ум должен догадаться насчет действительного характера связи — и это при множестве возможных предположений. Опыт как бы берет явления в свои руки и пускает в ход то одно, то другое и, таким образом, в искусственных, упрощенных комбинациях определяет истинную связь между явлениями. Иначе сказать, наблюдение собирает то, что ему предлагает природа, опыт же берет у природы то, что он хочет<sup>1</sup>.

*Иван Петрович Павлов (1849—1936) — русский физиолог, первый русский нобелевский лауреат (1904)*

Авторы иногда спрашивают у студентов и школьников, с чем ассоциируется у них экспериментальная работа. Сумма ответов даёт такую картинку: в представлении респондентов устройство современной лаборатории мало отличается от устройства алхимической мастерской или даже лесной поляны, на которой шаман общается с духами. Как ни парадоксально, хотя такому представлению и не хватает точности, но кое-что юные разумники схватывают верно, а именно:

- и учёный, и алхимик заняты чем-то загадочным. Им-то понятно, что именно они делают, но нам, внешним наблюдателям, остаётся судить о происходящем в лаборатории, руководствуясь какими-то случайными впечатлениями, испытывать эмоции и ориентироваться на них. Ой, вспыхнуло! Эмоция. Вот что-то закипело и сменило цвет или вообще выпрыгнуло из пробирки. Ого! Тоже эмоция. Если же никаких «спецэффектов» нет, то мы просто пожимаем плечами и начинаем скучать уже через две минуты;

---

<sup>1</sup> [1.1, с. 274].

- как правило, всё происходит в некоем пространстве, которое неведомым нам образом приспособлено, организовано для загадочных манипуляций ученых, шаманов и алхимиков. Для этого ими используются некие специализированные инструменты  $Q$  (шаманские бубны, горелки, микроскопы) и особенные ресурсы  $R$  (порошок из высушенной травы, химические реактивы, электрические и магнитные поля и т.д.).

То есть деятельность в этом месте упорядочена и организована — мы это чувствуем. Но оценить и понять степень её упорядоченности и красоту организации нам не по силам. Для этого надо стать как минимум пользователями этой среды наравне с учёными, и как максимум — её активными создателями.

В данной лекции мы попытаемся разобраться в том, как появляются объект и предмет исследования и почему наблюдение является отправной точкой для развития научной деятельности.

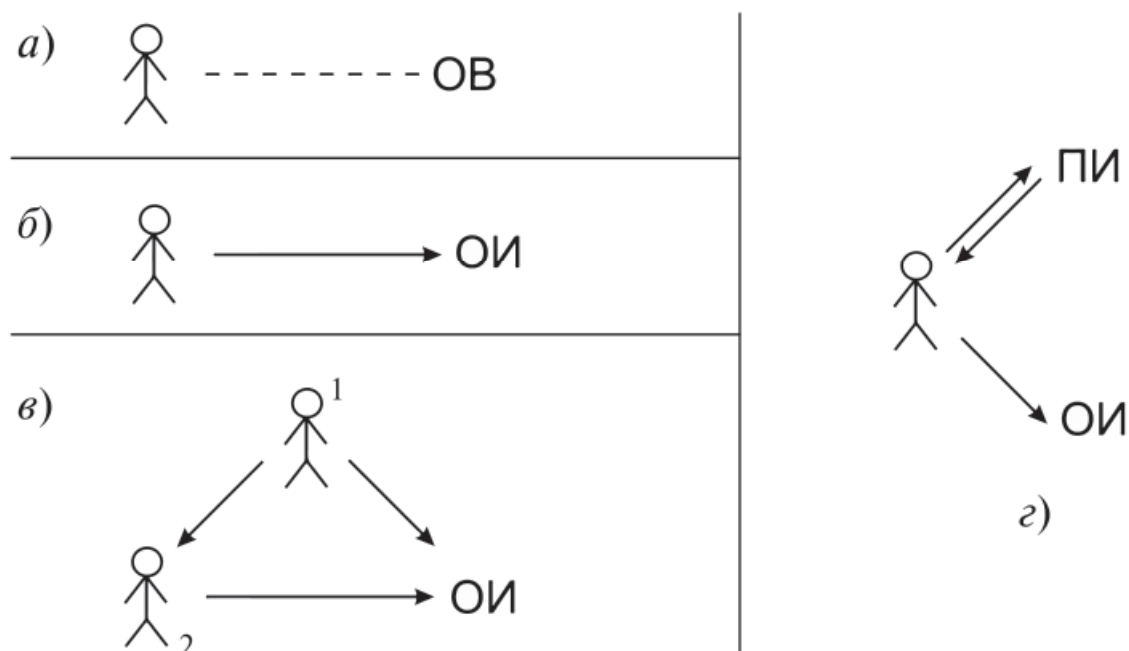
### 1.1. ПОЯВЛЕНИЕ ОБЪЕКТА И ПРЕДМЕТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Чтобы началось любое исследование, необходимо, чтобы у человека появился *объект внимания*, или, как принято говорить в научных кругах, *объект исследования* — явление и (или) процесс, вызывающие проблемную ситуацию и существующие независимо от человека. Но здесь не всё столь просто. Как говорится в известном шутовом афоризме, на миллионы людей сотни лет падали яблоки, но только Ньютон открыл закон всемирного тяготения.

Ежечасно вокруг нас много всего происходит, но лишь какие-то отдельные явления и (или) процессы привлекают наше внимание, т.е. становятся *объектами внимания* (ОВ). Между нами и ими устанавливается связь. Связь эта может быть кратковременной и неустойчивой. Вот упало яблоко на человека, набило ему шишку. Человек рассердился, почесал шишку, пнул дерево и пошёл дальше. Это связь неустойчивая, на рис. 1.1, *а* она обозначена пунктиром.

Если же «падение яблока» вызвало у человека пристальный интерес, т.е. буквально *приковало внимание* (рис. 1.1, *б*), то это становится предпосылкой будущей экспериментальной и (или) теоретической<sup>1)</sup> деятельности.

<sup>1</sup> Пускай мы и возмутим этим кого-то из теоретиков, но будем пока для простоты считать, что теоретическая работа — это тоже эксперименты, только объектами исследования являются *образы* реальных объектов (совокупности символов, знаков, обозначений, схемы) или *абстракции*, как в математике.



**Рис. 1.1.** Механизмы формирования объекта внимания (ОВ), объекта (ОИ) и предмета (ПИ) исследований.  
Пунктирная линия обозначает неустойчивую связь, сплошные стрелки — направленные и устойчивые связи

Станет ли нечто объектом исследования (ОИ), зависит как от характера человека, так и от условий, в которых он столкнулся с ОВ:

«Габриэль Гарсиа Маркес<sup>1</sup>, характеризуя опыт создания замечательной прозы, говорит: “Когда Вы пишете что-то, между Вами и темой устанавливается своего рода взаимное напряжение — Вы стимулируете тему, а она стимулирует Вас. Тогда наступает момент, когда все препятствия теряют силу, все конфликты исчезают, и с Вами происходит то, о чём Вы никогда не мечтали, и в этот момент нет ничего лучшего в мире, чем процесс написания произведения”.

В этом отрывке Маркес вслед за многими другими субъектами творчества указывает, что писателя, учёного, поэта, режиссёра, инженера, дизайнера, юриста, революционера и других субъектов творческой деятельности к ней побуждает напряжение.

<...>

Так или иначе, **напряжение — результат столкновения между нашим внутренним субъективным и внешним объективным мирами.** Интенсивность напряжения зависит от интенсивности внешнего воздействия, особенности психики субъекта и ситуации (времени и места), в которой происходит столкновение.

<sup>1</sup> *Габриэль Гарсиа Маркес* (1927—2014) — колумбийский писатель-прозаик, журналист и политический деятель. Нобелевский лауреат по литературе (1982). Видный представитель так называемого магического реализма в литературе.

Так, известно, что *Иван Антонович Ефремов*<sup>1</sup>, будучи шести лет от роду, был *ошеломлён* книгой *Жюль Верна* “Двенадцать тысяч лье под водой”, попавшейся ему в отцовской библиотеке. Книга в яркой и занимательной форме расширяла пределы известного ему мира (интенсивность воздействия). Произвела бы указанная книга на него столь же сильное впечатление, скажем, через десять-пятнадцать лет (своевременность)? Стал ли бы он научным фантастом?» [1.2, с. 91—92].

Согласно данным психологии и этологии<sup>2</sup> реакции людей на напряжение можно разделить на три группы: одни признают его<sup>3</sup> и преодолевают; другие стараются забыть, выбросить из головы и (или) убежать от внешнего источника, иницирующего напряжение; третьи предпочитают разрушить ту часть себя и (или) объективного мира, которая «повинна» в испытываемом ими страхе, раздражении и ненависти. Так или иначе, если этот «фильтр» пройден и теперь объект внимания стал объектом субъективной заинтересованности (а не избегания) человека, то тогда рождается объект будущего исследования (ОИ).

Какие психологические механизмы отвечают за установление надёжной связи между человеком и ОИ?<sup>4</sup> Вот они:

1) *Встреча с Чудом*. Работа любого Гения начинается с Удивления с большой буквы. В теории развития творческой личности [1.5] этот феномен именуют Встречей с Чудом. Феномен встречи образно описан в эссе «Творчество как встреча» экзистенциального<sup>5</sup> психолога и психотерапевта *Ролло Мэя* (1909—1994): «Творческий акт — это *встреча* (курсив наш. — *Прим. авт.*) двух проти-

<sup>1</sup> *Иван Антонович Ефремов* (1908—1972) — русский и советский учёный-палеонтолог, создатель тафономии; писатель-фантаст и философ-космист.

<sup>2</sup> Этология (от англ. *ethology* < др.-греч. *ἔθος* — привычка, обыкновение, обычай) — наука о поведении животных в естественной среде. Специально отметим, что основной метод этологии — это наблюдение.

<sup>3</sup> Как говорил римский философ-стоик *Луций Анней Сенека* (ок. 4—65): «Самый мужественный муж, берясь за оружие, бледнеет; у самого неустрашимого и яростного солдата при сигнале к бою немного дрожат коленки; у самого красноречивого оратора, когда он готовится произнести речь, холодеют руки и ноги».

<sup>4</sup> Здесь мы ограничимся их краткой характеристикой, подробнее см. [1.2—1.4].

<sup>5</sup> Экзистенция (от позднелат. *exsistentia* — существование) — человеческое существование как предмет философского направления (экзистенциализма), основными проявлениями которого являются страх, совесть, решимость, забота. Свою экзистенцию человек получает в пограничных ситуациях смерти, страдания, борьбы. В результате постижения себя как экзистенции человек обретает свободу как выбор себя, своей сущности, неотделимой от ответственности за происходящее в мире.

воположных полюсов. <...> Творчество художника или поэта — это связующее звено между субъективным (личностью) и объективным (миром, который ожидает, чтобы его открыли) полюсами. Объективный полюс останется небытием, пока усилиями поэта не обретёт своего значения» [1.6, с. 84—85]<sup>1</sup>.

Итак, многие из нас способны удивляться. Удивление есть реакция на несоответствие нашего опыта чему-то новому, что ещё не усвоено нашей психикой и культурой мышления. В зависимости от психического склада личности картина мира у человека может строиться с акцентом на логические построения, чувства, эмоции, телесные ощущения или их комбинации. Отсюда и разные реакции: один человек расстроится, обнаружив, что мир его фантазий не вписывается в происходящие вокруг него события. А другой удивится и постарается поделиться с окружающими своим мировосприятием, предлагая им своё видение.

Один, будучи весьма эмоциональным человеком, может недоумевать или даже испытывать ярость от того, что «все вокруг такие холодные, безыскусные и пресные». А другой удивится и постарается создать надёжные средства для повышения настроения.

Один обидится, что на уроке химии ему не дали попробовать какой-то химический реагент на вкус. И попробовать позже, демонстрируя упрямство. А другой удивится тому, что некоторые вещества обладают «смертельным вкусом» и, соответственно, озадачится тем, *как* определить состав химического соединения, если его нельзя попробовать на язык.

И так далее.

Поводов для напряжения между субъективным и объективным хоть отбавляй. **Мало у кого они вызывают удивление, и ещё меньше тех, у кого они вызывают удивление в квадрате!** Вот тогда-то и происходит встреча с Чудом. Оно вызывает *непреодолимое желание разобраться с выявившимися напряжениями между внутренним и внешним мирами*.

Изучая искусство как психологический феномен, психолог *В.Г. Грязева* подчёркивает ключевую особенность творческого человека. Он обладает «способностью к достижению катастрофических состояний, являющихся следствием предельного усиления *противоположных тенденций*» (курсив наш. — *Прим. авт.*). То есть активный творческий человек (Грязева это показала экспериментально [1.8]) не просто отмечает некое несоответствие, а «накручивает» себя, делает, по мнению окружающих, из мухи слона,

---

<sup>1</sup> По В. Далю: «Чудо — всякое явление, кое мы не умеем объяснить по известным нам законам природы» [1.7, с. 1370].

специально обращает внимание на разного рода несоответствия. Несоответствие вцепляется в его душу мёртвой хваткой, причем настолько, что он буквально одержим и «становится рабом своей задачи» (выражение *И.А. Акимова*<sup>1</sup>). Обнаруженные противоположности усиливаются, и человек не может выкинуть из головы своё наблюдение и (или) чувство.

Несоответствие рождает настолько сильное напряжение, что **человек вынужден искать способы упорядочения своего внутреннего мира с миром внешним, возникает (на психическом фоне) цель Z или хотя бы её подобие, рождается Гений.**

Однажды испытав Встречу с Чудом, человек на всю оставшуюся жизнь не теряет способности удивляться. Более того, это может стать его своеобразным «методом», складом характера. Многие выдающиеся личности до старости сохраняют способность, отметив несоответствие, удивляться чудесному и незнакомому.

Вот что писал своему брату, находясь в советской ссылке, русский учёный, философ, богослов и православный священник *Павел Александрович Флоренский*<sup>2</sup>: «Знаешь ли ты, что суточный обмен йодом, т.е. выделенный за сутки йод (водорослей) равен запасу йода в теле водоросли. Таким образом, обмен чрезвычайно интенсивный, а водоросли повышают концентрацию йода по сравнению с морской водою в несколько десятков тысяч раз, если не больше, до сотни или даже нескольких сотен. Эта экстропическая<sup>3</sup> деятельность *поразительна* (курсив наш. — *Прим. авт.*), и над нею стоит подумать. Только не знаю, удастся ли приблизиться к пониманию процесса опытно» [1.9].

Другой Гений, выдающийся русский биолог *Николай Константинович Кольцов*<sup>4</sup>, не стесняется выражать своё удивление даже на страницах академического журнала: «Нас *поразило* (курсив наш. — *Прим. авт.*) слишком упрощённое сопоставление безуслов-

---

<sup>1</sup> *Игорь Алексеевич Акимов* (р. 1937) — советский писатель и журналист, со-автор трактата «О мальчике, который умел летать, или Путь к Свободе» (совместно с психологом Виктором Клименко), получивший всесоюзное признание в конце 1980-х — начале 1990-х гг.

<sup>2</sup> *Павел Александрович Флоренский* (1882—1937) — русский учёный, автор одной из первых полновесных монографий о диэлектриках (1924), богослов, религиозный философ и поэт.

<sup>3</sup> Экстропический (от др.-греч. εξ — приставка, означающая высокую степень чего-либо + τροπή — поворот, превращение, перемена) — совершающийся с очень высоким коэффициентом преобразования.

<sup>4</sup> *Николай Константинович Кольцов* (1872—1940) — основатель русской советской школы экспериментальной биологии, автор идеи матричного синтеза хромосом.

ного рефлекса цыплёнка, клюющего зерна и похожие на зёрна предметы немедленно после выхода из яйца» [1.10].

Заметьте, миллионы цыплят вылуплялись до этого и начинали клевать зёрна и похожие на них предметы. И всё это попадало в поле зрения многочисленных зевак. А Кольцов не просто отметил этот факт, он им поражён! И это формирует его цель  $Z$  — доказать существование наследственности благоприобретенных признаков, доказать, что это не случайность;

2) *Встреча с Учителем* [1.4, с. 429]. Не все являются Гениями и не все способны *продуктивно* удивляться. Но это совсем не значит, что они не могут воспринять объект исследования от другого человека — Учителя, который своими доводами сделает этот объект значимым для них. В этом случае Учитель (на рис. 1.1, в он обозначен цифрой 1) должен быть столь убедителен, чтобы какой-то феномен или процесс просто из объекта внимания Ученика (обозначен цифрой 2 на рис. 1.1, в) стал объектом его постоянного внимания. Нередко Встреча с Чудом происходит опосредованно, через знакомство человека с результатами работы предшественников, причем как современников, так и уже забытых лиц;

3) *Встреча с Фактом*. Ещё один мощный источник напряжения для человека коренится, вероятно, в его проницательности. Бывало ли с вами такое, что в ходе какой-то деятельности вдруг ощущаешь острое разочарование от того, как и что происходит, что результаты вашего труда никому не нужны или используются не по назначению? Так происходит Встреча с Фактом. И тогда объект исследования теряет значимость, а на смену ему может прийти другой объект...

...Или объект останется тем же, но изменится *предмет исследования*.

Здесь уместно развести два тесно связанных, но отнюдь не тождественных по смыслу понятия: «объект» и «предмет». Будем придерживаться того, как их толкуют отечественные методологи, например, А.М. Пятигорский<sup>1</sup>, Г.П. Щедровицкий<sup>2</sup>, В.М. Розин<sup>3</sup>, В.Г. Горохов<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Александр Моисеевич Пятигорский (1929—2009) — один из основателей Гаргуско-московской семиотической школы, философ, востоковед, филолог.

<sup>2</sup> Георгий Петрович Щедровицкий (1929—1994) — основатель системо-мыследеятельностной методологии и лидер Московского методологического кружка.

<sup>3</sup> Розин Вадим Маркович (р. 1937) — советский и российский философ, методолог и культуролог. Профессор института философии РАН, ученик Г.П. Щедровицкого, соруководитель (совместно с А.А. Пузырей и Л.М. Карнозовой) двух действующих методологических семинаров (тема докторской диссертации «Особенности формирования естественных, технических и гуманитарных наук» (1991)).

<sup>4</sup> Горохов Виталий Георгиевич (р. 1947) — зав. сектором междисциплинарных проблем научно-технического развития Института философии РАН семинаров (тема докторской диссертации «Методологический анализ развития теоретического знания в современных технических науках» (1986)).

В частности, В.М. Розин показывает, как изменяется в науке (от Античности до наших дней) содержание понятий «объект исследования» и «предмет исследования», а также толкование связи между ними [1.11, 1.12].

Всем ясно, что существует *объективная*<sup>1</sup> реальность<sup>2</sup> (от англ. *objective reality*), окружающая нас. Объективный (от лат. *objectivus* — предметный) традиционно понимается как существующий вне нас и независимо от нашего сознания в противоположность *субъективному*, т.е. свойственному лишь данному лицу, субъекту. Не забудем только, что **до** появления *объекта внимания* в сознании наблюдателя, а тем паче **до** постановки цели *Z* исследования данного кусочка объективной реальности для исследователя не было! Он этого кусочка просто **не** видел в качестве будущего ОВ.

Очевидно, что *объективная* реальность состоит из совокупности нескольких реальностей, явно различающихся по свойствам. Более или менее строго можно выделить: физическую (неорганический мир), биологическую (мир организмов), социальную (мир отношений между членами человеческого общества и его структурами), техническую (сфера искусственного, рукотворного, как некогда выражались), знаковую, или информационную (всё множество знаковых систем, созданных за время человеческой истории и дополняемых постоянно), реальность<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Этимология этого термина непростая: латинское существительное *objectus* означает «противопоставление, противоположение, противостояние»; так говорят о местности, лежащей перед наблюдателем. Слово *objectum* есть производное от глагола *objicio*, который имеет ряд значений: «бросать навстречу, ставить против; ставить перед, держать перед (например, для защиты); причинять, внушать, встречаться, наталкиваться»; в пассивном залоге «являться, представляться» [1.13, с. 422] (т.е. уже наблюдатель подразумевается?). Распространённый перевод буквального значения *objectum* — «брошенный во что-либо» [1.12, с. 47], а также «предлежащее, брошенное, кинутое перед, или предмет» [1.14, с. 134]. Последний вариант (предмет) уже чреват некоторой путаницей!

По поводу *objectus* в значении «лежащий (находящийся) впереди» В.М. Розин напоминает этимологию термина «проект». Он происходит от латинского существительного *proiectum* — «брошенный вперёд», перед (корнем служит глагол *proicio* — бросать вперёд; выставлять, протягивать [1.13, с. 506]). Розин сопоставляет смысл *objectus* «с процедурами конституирования явления в исследовании и инженерной деятельности. Чтобы нечто конституировать, необходимо замысел и его реализация, а результаты действительно ещё впереди» [1.12, с. 46—47].

<sup>2</sup> Реальностью (от позднелат. *realis* — вещественный) называют действительность, т.е. то, что *воздействует* на наши органы чувств.

<sup>3</sup> Разумеется, границы между этими типами объективных реальностей далеко не чёткие, а размытые, диффузные: например, мы все свидетели того, как в XXI в. объекты технической реальности всё глубже интегрируются с биологической основой человека, вживляются и вживаются в неё.



Любая часть (подсистема, феномен, процесс и т.п.), относящаяся к любой из перечисленных видов реальности, способна быть объектом исследования многих наук. И наоборот, некоторым наукам приходится порой иметь дело с несколькими реальностями.

Вообразим археолога, нашедшего неолитическую стоянку в Южной Сибири. Объектом исследований для него служат найденные здесь вещные останки — части технической реальности, созданной минувшей культурой. Пусть одновременно археолог обнаружил поблизости каменные писаницы, которые для него тоже важный объект исследований, но теперь это фрагмент знаковой реальности, сформированной некогда обитателями этих мест. Для оценки их технологической оснащённости полезно измерить степень твёрдости камня. И здесь археолог будет иметь дело уже с физической реальностью. А «чтение» некоторых из петроглифов потребует от него, предположим, ботанических и зоологических знаний. То есть налицо ещё один объект исследования — компоненты биологической реальности. Допустим, что опытный археолог верно угадал и раскопал погребения в районе стоянки. Они способны рассказать ему нечто о древней социальной организации или даже о верованиях аборигенов. В этом случае археологический объект исследования — какая-то сторона социальной реальности.

Теперь о *предмете (subject)* исследования. Любое исследование, эксперимент, проект выполняется (либо ещё только замышляется, планируется) непременно с какой-то конкретной *целью Z*. Она возникает: 1) в связи с той нуждой, каковая есть мать всех изобретений (по формуле Цицерона); 2) в процессах общения между людьми. Как формулируется цель *Z*? С помощью определённых терминов, понятий, чисел с размерными единицами, техницизмов, эскизов, формул, ключевых слов, жаргонных словечек и т.п. Для достижения цели *Z* (как мыслимого результата в будущем) экспериментатору, проектанту, теоретику обычно требуется решить должный объём стандартных и нестандартных *задач*. Их формулировка тоже предполагает привлечение специальной *лексики*. Ясно, что задачи решаются с помощью соответствующих *методов* (как минимум одного метода). И каждому методу соответствует свой *язык описания*.

Допустим, имеется профессиональный язык, на котором излагается технология синтеза новых твердотельных матриц на основе полиметилакрилата для получения лазерных активных сред (например, в форме плёнки). Или язык квантовой электроники, на котором описываются явления в этих средах. Или язык теории обыкновенных дифференциальных уравнений, с помощью которого описывают кинетику процессов в этих средах. Или язык прог-

раммирования, на котором составляется программа, позволяющая имитировать в компьютере указанные процессы. Или даже язык маркетолога, который сочиняет рекламу для продвижения новой лазерной среды на российский, а то и международный рынок.

Обратите внимание: каждый язык описания формирует *свою модель в сознании* соответствующего специалиста: химика-технолога, физика-лазерщика, математика, программиста, маркетолога. Но каждая из этих моделей особым манером, т.е. на своём «языке», раскрываящем свой *смысл*, представляет один и тот же материальный объект — лазерную активную среду. В этом примере среда является элементом современной технической реальности.

Методологи издревле сходятся в том, что реальность воспринимается каждым наблюдателем субъективно — несколько односторонне или даже предвзято. Полезно вспомнить этимологию термина «субъект». Известно, что латинский глагол *subiectere* (приставка *sub* — под + *iacto* (*jacto*) — «бросать, метать, полагать основание чему-либо» [1.13, с. 346]) означает «подчинять, ставить вместо чего-либо, научать». Прилагательное *subiectus* (или *subjectus*) среди прочего имеет значение «подлежащий, находящийся под, граничащий, подчинённый» [1.13, с. 616]. Здесь можно усмотреть намёк на нашу познавательную стратегию: *ставит* некий «субъект», *subiectus* β, т.е. модель, образ и т.п., *вместо чего-либо* — объекта α реальности.

Германский философ *Мартин Хайдеггер* (1889—1976) разъясняет, что латинское *subiectum* есть перевод древнегреческого существительного *ὑποκειμενον* — «средоточие вещи» (гипокейменон). Он указывает в этой связи на глагол *ὑποκειμαι* — «лежать или находиться под чем-либо, а также лежать в основании, служить основанием» [1.15, с. 94—95]. Древнегреческое слово *ὑποκειμαι* образуют приставка *ὑπο* — под и глагол *κειμαι* — «лежать, а также быть поставленным, назначенным, определённым, положенным» [1.16, стлб. 697, 1291].

Тогда можно, пожалуй, допустить: *subiectere* в значении «подчинять» содержит намёк на акт познания, т.е. на сферу, где действует исследователь. В значении же «ставить вместо чего-либо» глагол *subiectere* намекает и на источник модели, т.е. на сам объект. Столь же *двойственным* представляется «средоточие вещи» (*ὑποκειμενον*). Казалось бы, его можно понимать как смысл изучаемой вещи, т.е. то, что «служит основанием» субъекту деятельности для построения модели или проекта. Но В.М. Розин полагает иначе. Несмотря на то что наш «субъект» происходит от латинского слова *subjectus* (по-русски подлежащее), оно, как и древнегреческого

υπόκειμενον (лежащее под чем-либо, под-лежащее), по смыслу близко именно к объекту [1.11, с. 85].

Вдаваться в подробности многовековой дискуссии вокруг парной оппозиции «объект/предмет» в контексте познания мы не можем. Но приведём некоторые соображения В.М. Розина, которые помогают исследователю и инженеру развести эти два термина. Розин допускает, что «объект» и «предмет» в какой-то мере соотносятся как «существующее бытие, факт etc.» и «смысл, зависящий от цели *Z* деятельности и (или) познания». При этом предмет понимается как знание об объекте и (или) как способ (метод) его познания, в том числе, конечно, экспериментальный [1.12, с. 42, 48].

А это означает, что предмет исследования «находится» в *мышлении* человека. Предмет пребывает там в виде некоторого описания на специфическом «языке», то есть в виде *модели* в широком значении слова, построенной для достижения поставленной цели *Z*. Описание это обычно переносится на бумагу как текст с формулами, символами, изображениями, схемами, диаграммами *etc.* или без них. Обычно оно также переносится в память компьютера, текст моделирующей программы, строение экспериментальной установки вкупе с системой экспериментальных методик и т.п. Поэтому подавляющее большинство исследователей, включая экспериментаторов, и изобретателей имеют дело исключительно с *предметом* исследования.

А объект? Объект принадлежит, как уже говорилось, объективной реальности<sup>1</sup>. И в этом качестве он «ждёт» исследователя, изобретателя, проектанта. Таким образом, привычные нам сегодня объекты (и предметы) исследований наук когда-то таковыми **не** являлись. Классический пример — появление ботаники:

«В Европе XV–XVI вв. выходило довольно много работ с описанием растений, и в большинстве они подразделялись по алфавиту. Примерно так же поступали и в китайской и тибетской традиции. Обратим внимание: растения классифицировались, но выбиралась явно «искусственная» система — алфавитная, позволяющая перечислить все растения, но по внешнему по отношению к ним принципу<sup>2</sup>. С другой

<sup>1</sup> «Объектом исследования считается тот или иной феномен 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», — пишет В.Г. Горохов [1.17, с. 375].

<sup>2</sup> В лекции 5 будет показано, что для молодых наук объекты внимания, прежде чем стать объектами исследований, чаще всего классифицируются согласно так называемой шкале наименований, как было описано в данном сюжете.

стороны — “внутренняя” система существовала, но это была не система растений, а система лекарств.

<...>

Это глубоко закономерно. Если в центре мировоззрения находится человек, мировоззрение антропоцентрично, то мир организован совсем иначе, чем это принято сейчас в европейской науке. Одной из главных задач выступает здоровье человека, классифицируются его органы, его болезни и лекарства от этих болезней. А такая логически удалённая часть мироздания, как растения и животные, классифицируется в зависимости от функциональной роли их в лечении болезней человека, в целях удобства ориентации в списке создаётся алфавитное перечисление.

Список примеров можно было бы умножить — при рассмотрении самых разных традиций древней и средневековой медицины мы получили бы примерно одну картину, и она в общих чертах была бы похожа на то, что мы встречаем у Парацельса<sup>1</sup> и его последователей. Отсюда можно попытаться понять, почему парацельсианцы не создали своей классификации растений. У них не могло возникнуть такой задачи, поскольку не было такого объекта науки — растения» [1.18, с. 30—31].

Следовательно, во-первых, для особо проницательного наблюдателя объект появляется «вдруг». Точнее, в ходе того, как наблюдатель ставит (в форме творческой проблемы) и уточняет цель своих действий *Z*, он осознаёт объект внимания. И наоборот: пока нет принципиально нового целеполагания, потенциальный объект исследования остаётся «невидимым» (немыслимым) для наблюдателя и его коллег. Новая идея и вытекающая из неё цель *Z* словно снабжают их дополнительным «зрением». Недаром у античных греков глагол εἶδον — «увидеть, заметить» означал и «узнать, уразуметь» [1.16, стлб. 371].

В пионерских исследованиях, когда Гений выделяет из мира феноменов новый объект, предмет исследования (догадка, идея, озарение Гения) предшествует наблюдению объекта исследования. Примеры: успешные предсказания существования космических тел (включая невиданные, немыслимые, непредставимые), которые были обнаружены экспериментально *post factum*.

Во-вторых, используя на старте своей работы «старый» предмет исследования как предпосылку для того, чтобы найти новое знание, исследователь, а тем паче экспериментатор и инженер **воплощает** полученное знание двояко:

---

<sup>1</sup> Парацельс, он же *Филипп Авреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм* (1493—1541) — швейцарский естествоиспытатель, алхимик и оккультист, известный как реформатор медицинской практики, особенно он ратовал за внедрение методов лечения болезней химическими препаратами.

1) в «новом» *предмете* исследования, который отличается от прежнего тем, что он теперь методологически усовершенствован, дополнен, скорректирован и т.п.;

2) в новом *объекте* [1.11, с. 95]<sup>1</sup>. Объект может принадлежать к любому типу реальности, т.е. представлять собой материал, техническое устройство, технологическую установку, сорт растений, программный модуль, породу животных, генно-модифицированный организм, инженерное сооружение, лекарство и т.д.

Чтобы лучше понять отличие предмета от объекта исследования, в табл. 1.1 даны примеры различных объектов и нескольких предметов, соответствующих каждому из них.

Таблица 1.1

**Примеры нескольких предметов исследования  
для каждого из объектов исследования**

Объект исследования	Предметы исследования
1. Персонал предприятия (социальная реальность)	1.1. Описание персонала в аспекте мотивации, методы мотивации 1.2. Описание персонала в аспекте стимулирования труда и его методы 1.3. Персонал как субъект утечки кадров и способы её предотвращения
2. Магнитное поле Земли (физическая реальность)	2.1. Метрологический аспект магнитного поля Земли 2.2. Магнитное поле Земли как физико-биологический фактор урожайности зерновых культур в различных географических зонах: корреляционные модели и (гипотетические) механизмы 2.3. Модели долговременных флуктуаций магнитного поля
3. Рамановский лазер (техническая, физическая реальность)	3.1. Рамановский лазер как объект контроля параметров его излучения 3.2. Описание медико-биологических эффектов, вызванных излучением рамановского лазера 3.3. Модели физических процессов в рамановском лазере

<sup>1</sup> В.М. Розин называет такой финал деятельности опредмечиванием и объективацией [1.10, с. 95].

Объект исследования	Предметы исследования
4. Рынок оборудования по лесопереработке в Томской области (социальная реальность)	4.1. Рынок как системный объект мониторинга и его средства 4.2. Рынок как системный объект прогнозирования и его методы 4.3. Рынок как системный объект реформирования (слияния/сжатия/расширения) в целях хозяйствующего субъекта и стратегии этого
5. Река Обь (физическая, техническая, социальная реальность)	5.1. Физико-географические, гидрологические, транспортно-технические, экономические компоненты комплексной модели судоходства на Оби 5.2. Река Обь как источник несчастных случаев на воде: статистика, компаративное описание, принципы моделирования рисков
6. Кожа человека (биологическая реальность)	6.1. Кожа человека как предмет исследования в дерматологии и венерологии 6.2. Электропроводность кожи как функциональный показатель состояния человека: корреляционные и физиологические модели 6.3. Состав кожи человека как предмет исследования в биохимии 6.4. Свойства кожи человека как предмет исследования в оптике
7. Стартапы (социальная реальность)	7.1. Модель стартапов как участников экономических отношений с другими хозяйствующими субъектами Томской области 7.2. Модель стартапов, учитывающая ограничения на их появление и развитие в регионе
8. Налоговые льготы (социальная и знаковая реальность)	8.1. Модель функционирования налоговых льгот: границы практики применения и типовые сценарии 8.2. Модель функционирования налоговых льгот: несоответствия между практикой их назначения и существующей законодательной базой, регулирующей их применение

Объект исследования	Предметы исследования
9. Личность, переживающая кризис занятости (социальная реальность)	9.1. Параметры модели личности, переживающей индивидуальный кризис занятости 9.2. Модель личности, переживающей индивидуальный кризис занятости, раскрывающая психологические условия его проявления 9.3. Модель личности, переживающей индивидуальный кризис занятости, раскрывающая особенности его преодоления личностью

На практике чаще всего предмет исследования появляется после того, как об объекте накоплен некоторый критический объём знаний. Накоплен настолько, что знания эти «умножают нашу скорбь» (Книга Екклесиаста, 1:18), потому что не совпадают с другими нашими знаниями — житейскими или научными. Вот нам и встреча с Фактом! Графически это можно представить как появление обратной связи между человеком и предметом исследования — человек вновь и вновь ищет способы углубить свои познания о предмете. А может случиться и так, что произойдёт переключение на новый объект исследований (рис. 1.1, г).

## 1.2. ПРИНЦИП ПОЛНОТЫ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ

Пусть объект и (или) предмет будущего исследования определены. Следующий этап изучения предполагает *наблюдение* как за объектом исследования, так и за условиями  $S_0$ , в которых он обнаруживает себя. Для первичного наблюдения у человека естьличный набор собственных средств. Так, если объект исследования принадлежит к физической, технической либо биологической реальности, то человек может:

- брать ОИ в руки, грызть зубами, скоблить ногтями, испытывать его на прочность и изгиб, взвешивать, бросать и т.п.;
- оценивать его цвет, блеск, то, как эти и другие наблюдаемые глазом параметры меняются;
- визуально или по звуку определять, как перемещается ОИ, оценивать его скорость в сравнении со скоростью перемещения известных ему вещей;

- нюхать ОИ, определяя степень его пригодности в пищу и (или) предсказывая место происхождения объекта и т.п.

Всё это наблюдения, пассивные и активные, позволяющие увидеть различные стороны изучаемых ОИ, доступные восприятию наблюдателя. Почему, не имея на руках никаких приборов, человек уже способен активно изучать ОИ? Ответ очевиден: потому что в самом человеке *как в системе* уже содержатся самые разные элементы, которые ему это позволяют. Самое время напомнить, что *система*<sup>1</sup> — совокупность взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей  $Z$  [1.19]. Чтобы цели достигались системой, она должна обладать таким свойством, как полнота. Полноту хорошо иллюстрирует *принцип полноты технической системы* в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), который гласит: для того чтобы любая техническая система была работоспособной, т.е. могла выполнять главную полезную функцию, ради которой она была создана, необходимо наличие в ней как минимум четырех частей — *органа управления* (ОУ), *трансмиссии* (Тр), *рабочего органа* (РО) и *двигателя* (Д):

- рабочий орган — элемент, передающий энергию внешней среде (изделию, надсистеме), завершающий выполнение полезной функции системы, позволяющий достичь цели, ради которой ТС была спроектирована;
- орган управления — элемент, обеспечивающий регуляцию прохождения энергии и реализацию полезной функции;
- трансмиссия — элемент, передающий энергию от двигателя к рабочему органу с необходимым преобразованием её вида и параметров;
- двигатель — элемент, вырабатывающий энергию либо аккумулирующий её из внешней среды.

Кроме того, необходимы *источник энергии* (ИЭ) и *изделие* (И), на которое воздействует техническая система, выполняя свои функции. Изделие выявляет то, как выполняется главная полезная функция. Совокупность перечисленных элементов делает систему работоспособной. Это и есть принцип полноты частей системы. Будучи принципом, он может быть распространён на целенаправленные системы деятельности любой природы [1.20].

Приложим указанный принцип к системе целенаправленного наблюдения человеком за объектом (или предметом — в тех случаях, когда выполняется эксперимент: физический, технологический, химический, биологический, этологический, педагогиче-

<sup>1</sup> От др.-греч. σύνθεσις — целое, составленное из частей; соединение.



ский, психологический, социологический и т.д.) исследования. Тогда для пассивного наблюдения:

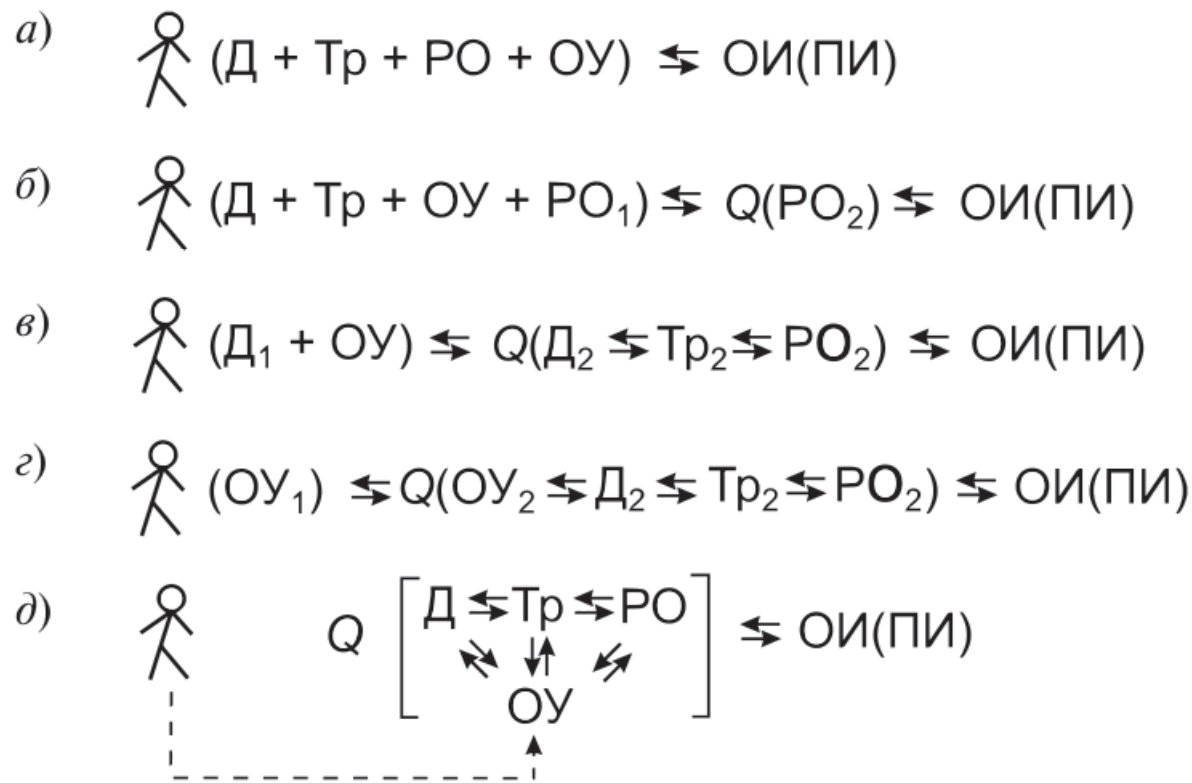
- главная полезная функция системы (ГПФ) — получение данных об ОИ (ПИ);
- изделие — объект или предмет наблюдения;
- рабочий орган (РО) — биологический аналог измерительного прибора, фиксирующий данные об ОИ (ПИ) — уши, рецепторы кожи, вкусовые сосочки на языке, глаза, вестибулярный аппарат и т.д.;
- орган управления (ОУ) и трансмиссия (Тр) — мозг, спинной мозг и нервная ткань, с помощью которых мозг передаёт управляющие команды «рабочим органам»;
- двигатель (Д) — подсистема кровоснабжения, пищеварительной подсистемы и других служебных подсистем тела.

То, что все они составляют единое целое и располагаются в наблюдателе, обозначено на рис. 1.2, а.

Представим себе ситуацию. Человек наблюдает за птицей, а она возьми и упорхни. Можно, конечно, подключить ноги, но не во всех случаях наблюдения (например, при изучении животных дикой природы) допустимы шум и движение с привлечением к себе внимания. Тогда человек вынужден придумать какое-то средство (устройство, механизм)  $Q$ , которое позволило бы ему, оставаясь на месте, продолжать держать птичку «на мушке». Это типичное **противоречие**: «нечто должно обладать свойством А и одновременно не-А». Разрешить его можно разными способами (об этом см. в [1.20]).

Пусть в нашем сюжете для разрешения противоречия в ход идёт подзорная труба. Что это означает в терминах принципа полноты частей системы? Видимо, что часть функций рабочего органа (глаза) человек «делегирует» подзорной трубе. Появляется ещё один рабочий орган  $РО_2$ , дополняющий возможности глаза ( $РО_1$ ) и одновременно обеспечивающий выполнение главной полезной функции системы — наблюдения за объектом (рис. 1.2, б). Но теперь системой наблюдения, отвечающей критерию полноты, является не человек, а связка «человек + объект техники», или, другими словами, **антропотехническая система**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Здесь показательна следующая рекомендация, данная экспериментатором Дж. Сквайрсом: «Проводя измерения, вы должны рассматривать себя как некий элемент аппаратуры, который тоже может вносить погрешность. Постарайтесь выяснить, какие ошибки свойственны лично вам» [1.21, с. 154]. Зачем? Чтобы повысить вероятность достижения цели целенаправленной системы наблюдения (измерения).



**Рис. 1.2.** Этапы развития целенаправленной системы наблюдения:

*a* — пассивное наблюдение без инструментов; *б* — выделение рабочего органа в качестве инструмента; *в* — оснащение инструмента собственным двигателем, связанным через трансмиссию с РО; *г* — появление «полуавтоматического» измерительного прибора; *д* — создание автономной системы наблюдения

А что если объектом наблюдения является не пичуга, а отдельные атомы? Здесь, как бы ни старался наш глаз и ни «скрипела» наша трансмиссия, ничего разглядеть не получится, даже если использовать микроскоп. При работе с ним двигателем является рука человека, которая настраивает резкость и помещает объект наблюдения в поле зрения наблюдателя. Но попробуйте сделать это, отыскивая отдельные атомы! Никакая рука не совладет, дрогнет.

То есть в этой задаче наблюдения функции глаза как рабочего органа целиком передаются объектам техники антропотехнической системы наблюдения. Более того, чтобы управлять положением элементов электронного микроскопа, нужен отдельный двигатель Д<sub>2</sub>, да и в качестве источника энергии выступает совсем не то, что движет человеком. Это схематично показано на рис. 1.2, *в*. Драматизма ситуации могут добавить некие интересующие нас атомы, положение которых на изучаемой подложке нам неизвестно. И тогда поиск их на подложке размером 1 × 1 см по старинке и получение должного разрешения могут занять месяцы. То есть старый добрый орган управления — мозг, потеряв право на использование трансмиссии, в рамках новой, трудной задачи тоже почти «лишается прав» на управление наблюдением. Как «управленец» мозг

может только дать команду «запустить поиск», а уж техника станет сама управлять поиском нужных атомов и фиксировать их своим рабочим органом. В итоге получаем новый вариант работоспособной антропотехнической системы (рис. 1.2, *з*). Чему учит этот пример?

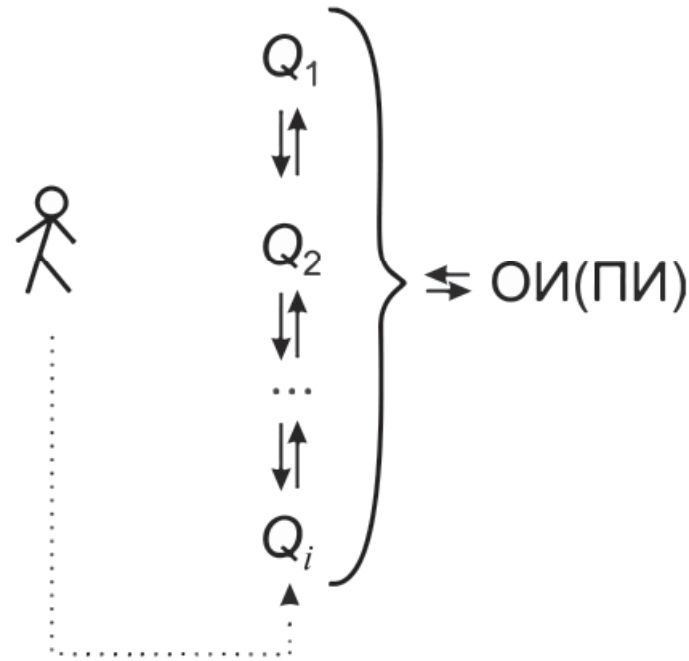
При переходе от пассивного наблюдения к инструментальному и одновременно от объекта исследования к предмету роль наблюдателя (экспериментатора) снижается по мере углубления знаний о предмете исследований. Сначала объекту техники, являющемуся вспомогательным средством наблюдения, от человека передаются функции рабочего органа. Далее передаётся трансмиссия, создаются специализированный двигатель и источник энергии. При передаче измерительной технике функций управления вспомогательным элементом системы наблюдения становится сам человек.

Но обратим внимание: не только наблюдатель действует на объект, но и объект может действовать на наблюдателя, что на рис. 1.2 обозначено встречными стрелками от ПИ или ОИ к средству измерения  $Q$ , а также между  $Q$  и человеком. То есть, хотя человек по-прежнему осуществляет наблюдение за ПИ, он находится на уровне управления процессом наблюдения, не более. В ТРИЗ о том, что человек перестаёт выполнять все функции системы наблюдения и передаёт часть их объектам техники, *образно* говорят как о процессе «вытеснения человека из системы» (ВЧС). Чем сложнее задача наблюдения, тем меньше в ней остаётся функций для человека.

Пусть мы изучаем поверхность Сатурна с помощью спутника или спускаемого аппарата. Может ли один человек согласованно управлять сотнями тысяч объектов техники (операторов  $Q$ ), входящих в состав спутника и служебных систем его доставки к той или иной планете? Конечно, нет! Даже сотня человек (сидящая в центре управления полётом) с этим не справится. Задача осложняется и тем, что управляющий сигнал от Сатурна до Земли доходит не мгновенно, а спутнику нужно решать различные задачи быстро и на месте.

Это значит, что спутник должен обладать высочайшей степенью *автономности* по отношению к центру управления, что упрощённо представлено на рис. 1.3.

Более того, современные условия  $S$ , в которых ведётся научная работа, всё чаще представляют собой среду общения между людьми и сотнями тысяч объектов техники. А поскольку объектов техники гораздо больше, чем людей, количество трансмиссий и управляющих каналов между объектами техники на порядки превышает



**Рис. 1.3.** Совокупность автономных систем наблюдения как предпосылка появления технонауки

количество контактов между людьми и операторов  $Q$ . Такое состояние научной среды сегодня принято называть *технонаукой* [1.22, 1.23]. Это уже не наука отдельных личностей, наблюдения которых ценны и верифицируются другими личностями. Это конгломерат людей и операторов, помогающих им наблюдать и верифицировать получаемые данные в объёмах и с такой степенью точности, которая не снилась экспериментаторам-одиночкам:

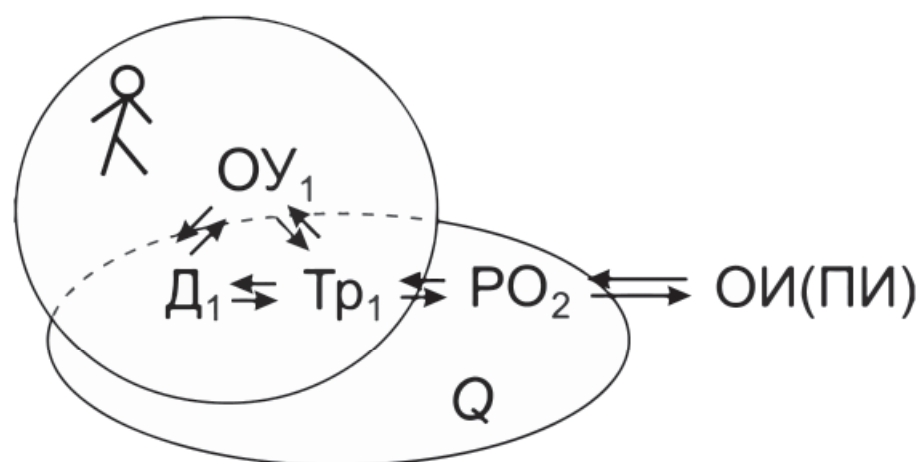
«Объектов техники стало так много, что, вероятно, если сосчитать число устройств и число людей, которые их применяют, то из десятилетия в десятилетие “популяция” объектов техники экспоненциальными темпами обгоняет людскую. То есть на планете сложилась такая система отношений, как антропотехноценозы, которая направлена скорее на производство объектов техники, а не на воспроизводство человека», — это отмечает и *Кудрин*<sup>1</sup>, указывая на *ценозообразующий* характер новых техноценозов [1.23]. «В технические системы внедряются элементы биосистем. Причём — как стандартные элементы. Например, изготавливаются сенсоры, содержащие в себе биомолекулярные комплексы, ответственные за зрение у простейших организмов. Операторов искусственного происхождения (в том числе нано- и биотехнологических) всё больше и больше. <...> Появляются интерфейсы для интеллектуальной связи между операторами  $Q$ . И на первом плане — отношения оператор ↔ оператор, а не человек ↔ оператор. Человек же, не поспевающий за “диалогом операторов”, должен быть усовер-

<sup>1</sup> *Борис Иванович Кудрин* (р. 1934) — доктор технических наук, профессор, автор обоснованной концепции по применению понятий биологии для описания и прогнозирования больших систем, формирующихся технологически, которое было названо *технетикой* [1.24].

шенствован, чтобы не стать лишним в этом “новом дивном мире”». То есть человек, который не знает языков общения с операторами, становится непригодным для управления ими. Социальный аналог этого процесса — требования к мигрантам у сложившихся сообществ: им надлежит учить язык и азы отношений в новой для них культуре, чтобы не стать в ней маргиналами или даже изгоями. Аналогично и человек всё менее нужен техноценозу, если не может повысить его эффективность» [1.25, с. 17—19; 1.26—1.28].

Тем не менее при современном развитии нейронаук и наноэлектроники вполне допустимо проявление в ближайшем будущем обратной тенденции, противоположной «вытеснению человека из системы», — своего рода анти-ВЧС. За примерами далеко ходить не надо, взять хотя бы механические протезы конечностей (так называемая биомехатроника), подчиняющиеся «воле» хозяина [1.29], или экзоскелеты, механические конструкции, облегчающие движение и переноску тяжестей [1.30]. Кроме того, идёт большая работа по биосовместимости электронных компонентов.

Сегодня трансмиссия искусственных конечностей и экзоскелетов слабо связана с нервами человека. Но если будет создан интерфейс, позволяющий надёжно и точно переводить сигналы непосредственно из нервной системы человека рабочему органу, то это станет частичным возвратом к ситуации, показанной на рис. 1.2, б, а точнее, к ситуации, показанной на рис. 1.4. Здесь у механического протеза свой только рабочий орган ( $PO_2$ ), а трансмиссия и двигатель общие с человеком.



**Рис. 1.4.** Частично свёрнутая антропотехническая система: у человека и инструмента два общих элемента

В этом смысле процесс, приведенный на рис. 1.2, а—д, можно называть развёртыванием системы измерения, а обратный переход к ситуации, показанной на рис. 1.4, — частичной свёрткой антропотехнической системы.

Аналогично, используя нейроинтерфейсы, общие для человека и  $Q$ , мы получим возможность непосредственно наблюдать за объектами микромира, макромира или объектами, находящимися в условиях, несовместимых с жизнью человека (космос, радиация, морские и земные глубины и т.д.), и манипулировать ими.

На множестве примеров из самых разных практик человека, а не только из практики наблюдения за ОИ и ПИ, мы можем видеть, что по мере развития этих практик и (или) смены их на более совершенные (по отношению к целям этих практик) человек становится стандартным элементом системы, выполняющим всё меньшее число функций. Но при этом сохраняется принцип полноты частей системы, созданной для наблюдения.

### *Выводы по лекции 1*

1.1. Процесс познания какого-либо явления или процесса начинается с его выделения из общего потока происходящего с человеком события. Так появляется объект внимания и далее — объект наблюдения. Только после этого человек становится наблюдателем, а наблюдаемое или осознаваемое явление — объектом исследования.

1.2. Объекты научных исследований появляются благодаря трём базовым механизмам, называемым: 1) Встреча с Чудом; 2) Встреча с Учителем; 3) Встреча с Фактом. Второй и третий механизмы также приводят к построению для этого объекта исследований одного или нескольких предметов исследования (в зависимости от числа целей  $Z$  и набора задач исследования). Освещена взаимосвязь между объектом и предметом исследования (по *В.М. Розину*), а для её иллюстрации составлена табл. 1.1.

1.3. Показано, как принцип полноты частей системы (взятый из ТРИЗ) регулирует переход от пассивного наблюдения к наблюдению в антропотехнических системах, которое в науковедении принято называть инструментальным. Дан закономерный порядок передачи измерительной технике функций, которые выполнял человек. Этот процесс образно называется в ТРИЗ «вытеснением человека из системы» (ВЧС).

1.4. Рассмотрены процессы, которые приводят к углублению ВЧС в системе целенаправленного наблюдения за объектами и управления ими, а также предпосылки обратной тенденции, своего рода *анти-ВЧС*.

### *Рекомендации и задания по лекции 1*

1.1. Начиная научное исследование, определите, что является или будет его объектом и, если необходимо, предметом. Для этого опирайтесь либо на ваши внутренние психологические потребности, либо на информацию, полученную от Учителя. В ряде случаев Учителем может быть коллектив, а не отдельное лицо, в том числе он может быть человеком (людьми), которого вы никогда воочию не видели, а лишь общались с ним через Сеть или посредством чтения его статей.

1.2. Пользуясь принципом полноты частей системы, определите, на каком уровне развития находится ваша система наблюдения. Очевидно, что если объект исследования совершенно новый, то использовать для наблюдения за ним инструментальные методы сложно. А их, эти методы, ещё нужно создавать! В такой ситуации не следует стесняться результатов, полученных в ходе пассивного наблюдения. Если объект (предмет) исследования уже не нов, то, установив уровень развития средств наблюдения, вы сумеете понять, какой следующий шаг следует сделать, чтобы углубить знания о нём.

1.3. Следует помнить, что чаще всего имеется взаимовлияние наблюдателя и предмета исследования. Специфику этого взаимовлияния мы рассмотрим в следующих лекциях. Тем не менее рекомендуется всегда критически осмысливать полученные в ходе наблюдений данные, задавая себе одни и те же вопросы: удалось ли нам выявить естественное поведение объекта (предмета) наблюдения или наше присутствие как наблюдателя (пассивного или инструментального) исказило результаты; как выявить и скорректировать искажения?

1.4. В науковедении принято разделять наблюдаемые ситуации на естественные и искусственные; управляемые и не управляемые субъектом наблюдения; спонтанные и организованные; стандартные и нестандартные; нормальные и экстремальные и т.д.<sup>1</sup> [1.31]. Самостоятельно примените эти оценки для каждого этапа развития системы наблюдения (рис. 1.2—1.4). Обоснуйте свои оценки.

1.5. В классическом науковедении считается, что «для получения объективных результатов наблюдения необходимо соблюдать требование *интерсубъективности*, т.е. данные наблюдения должны (и/или могут) быть получены и зафиксированы по возможности другими наблюдателями. Замена прямого наблюдения приборами значительно расширяет возможности наблюдения, но также не исключает субъективности; оценка и интерпретация подобного косвенного наблюдения осуществляется субъектом, и поэтому субъективное влияние исследователя все равно может иметь место» [1.31, с. 40]. А что происходит с требованием интерсубъективности в условиях технoнауки? В качестве подсказки используйте материал второй главы книги [1.32].

1.6. Проработайте рекомендации (1.4—1.5) на собственном опыте.

---

<sup>1</sup> «Кроме того, в зависимости от организации наблюдения оно может быть открытым и скрытым, полевым и лабораторным, а в зависимости от характера фиксации — констатирующим, оценивающим и смешанным. По способу получения информации наблюдения подразделяются на непосредственные и инструментальные. По объёму охвата изучаемых объектов различают сплошные и выборочные наблюдения; по частоте — постоянные, периодические и однократные. Частным случаем наблюдения является *самонаблюдение*, достаточно широко используемое, например, в психологии» [1.30, с. 90].

## Лекция 2

# СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Никаким количеством экспериментов нельзя доказать теорию; но достаточно одного эксперимента, чтобы её опровергнуть<sup>1</sup>.

*Альберт Эйнштейн* (1879—1955) — лауреат Нобелевской премии по физике (1921) за теорию фотоэффекта

Итак, пусть мы определились с объектом и (или) предметом исследований. Если это что-то новое, то как понять, с чем мы имеем дело? Рассмотрим познавательный акт как систему целенаправленной деятельности человека, используя методологический аппарат теории целенаправленных систем [2.2—2.4]. В упрощённой форме образ познавательного акта может быть представлен так:

$$[R, S] \stackrel{Q}{\underset{P}{\rightarrow}} [Z], \quad (2.1)$$

где  $S$  — наличная ситуация;  $Z$  — цель;  $Q$  — операторы достижения цели (методы, схемы, механизмы, машины и т.д.);  $R$  — необходимые для достижения цели ресурсы;  $p$  — вероятность спонтанного достижения цели  $Z$ ,  $P$  — вероятность целенаправленного достижения  $Z$ .

Связку  $(R, S) \rightarrow (Z)$  будем далее называть *целевым звеном*.

В такой записи смысл познавательного акта состоит в том, чтобы выявить информацию, которая определяет:

- как достичь цели  $Z$ , используя имеющиеся у субъекта  $R, S, Q$ ;
- каким должен быть оператор  $Q$  достижения цели  $Z$  при имеющихся у субъекта  $R, S, Z$ ;
- в какой ситуации  $S$  при наличных  $R, Q$  субъект может достичь цели  $Z$ ;
- какие ресурсы нужны, чтобы при наличных  $S, Q$  субъект мог достичь цели  $Z$ .

Если до познавательного акта вероятность  $p = 0$ , а после него  $p > 0$ , то речь идёт об *открытии*, получении фундаментальных знаний. Если же до познавательного акта вероятность уже отлична

---

<sup>1</sup> Цит. по: [2.1, с. 948].



от нуля ( $p = P > 0$ ), а после него стремится к максимуму ( $P \rightarrow 1$ ), то речь идёт о получении прикладных знаний.

Наблюдая за неким новым явлением, которое мы сделали объектом наших исследований, мы видим:

1) как одна ситуация переходит в другую ( $S_1 \rightarrow S_2$ ), и тогда наша цель — понять, как это происходит, т.е. выяснить, какие для этого нужны  $Q$  и  $R$ ;

2) чем одна ситуация похожа на другую, и тогда наша цель — доказать это либо обратное, т.е. показать, что  $S_1 = S_2$  или  $S_1 \neq S_2$ . А для этого тоже нужно придумать, создать или где-то позаимствовать оператор сравнения  $Q$  и дополнительно выявить ресурсы, в которых тождество или различие себя проявят. Причём может оказаться так, что одни ресурсы ( $R_1$ ) приводят к тождеству, а другие ( $R_2$ ) — к различию.

В случае (1) выявляются *механизмы* и *модели* развёртывания каких-либо процессов, а случай (2) используется для построения различных *классификаций* наблюдаемых явлений и доказательств родства или отличия различных явлений и процессов. Но оба подхода позволяют получать базовую информацию об объектах исследований, относятся к сфере так называемой фундаментальной науки.

Согласно такому общему представлению вся познавательная творческая деятельность человека направлена на увеличение вероятности  $P$  до достижения максимально возможной в данных условиях величины [2.2—2.5]. Полученная в познавательном акте информация всегда в малом или в большом объёме говорит нам о том, как достичь желаемого с определённой вероятностью. Её *истинность* именно в этом и проявляется. И лучше экспериментального подтверждения пока ничего не придумано.

## 2.1. ПРЯМАЯ ЗАДАЧА ПОЗНАНИЯ

Если достигается новая цель  $Z$ , то говорят о *прямой задаче познания*.

Для этого (в разных пропорциях) поэтапно происходит следующее.

I. *Фиксация*. Фиксируют наличие феномена или процесса, объективизируют его. Для этого наблюдают за тем, как от ситуации  $S_1$  произошёл переход к ситуации  $S_2$  ( $S_1 \rightarrow S_2$ ) с помощью некоторого явления, которое получает наименование. Источником этого наблюдения может оказаться, например, встреча с Чудом или Фактом

(параграф 1.1), а также просто случайность, о чём мы поговорим ниже. Другой вариант: имеются две ситуации, первичное наблюдение за которыми выявило их внешнее сходство ( $S_1 = S_2$ ) или различие ( $S_1 \neq S_2$ ). И это удалось зафиксировать.

II. *Первичная оценка.* Субъективно оценивают вероятность перехода  $S_1 \rightarrow S_2$  и потенциальную значимость такого перехода для наблюдателя. Напомним, что если речь идёт о научном открытии, то вероятность либо мала, либо равна нулю, а значимость субъективна. Другой вариант: оценивают вероятность того, что  $S_1 = S_2$  или, напротив,  $S_1 \neq S_2$ .

III. *Постановка целей исследования.* Ставят цель  $Z$ : добиться того, чтобы ситуация  $S_2$  стала воспроизводимой при переходе от  $S_1$ . Для чего? Чтобы другие учёные могли убедиться в том, что наблюдаемый феномен или процесс не плод вашего воображения. А это можно сделать, только добившись его воспроизведения. Другой вариант: формулируют гипотезу о том, что  $S_1 = S_2$  или, напротив,  $S_1 \neq S_2$ . Доказать или опровергнуть эту гипотезу — цель дальнейших исследований.

IV. *Разведка.* Изучают по возможности максимальное количество устных и письменных источников<sup>1</sup> о наблюдаемом феномене или процессе. Зачем? Чтобы выявить ресурсы  $R$ , в которых реализуется объект исследования, и ответить на вопрос, можно ли, используя эти ресурсы (напрямую или в меньшем (большем) количестве), повлиять на развёртывание феномена или доказать его сходство (различие) с другими явлениями. То есть выделить его из известного ряда объектов или, напротив, вписать в него, например, как частный случай, то или иное явление. Фактически на этом этапе окончательно оформляется *целевое звено* феномена  $(R, S_1) \rightarrow (S_2)$ , или  $(R_1, S_1) = (R_2, S_2)$ , или  $(R_1, S_1) \neq (R_2, S_2)$ .

V. *Постановка экспериментов.* Отыскивают оператор  $Q$ , который бы обеспечивал переход  $(R, S_1) \rightarrow (S_2)$  или доказывал, что  $(R_1, S_1) = (R_2, S_2)$  либо  $(R_1, S_1) \neq (R_2, S_2)$ . С его помощью ставят эксперимент, показывая, что использование этого оператора увеличивает вероятность достижения цели в указанных целевых звеньях.

VI. *Обеспечение статистической значимости результатов и увеличение надёжности полученных данных.* Ставят дополнительные эксперименты, варьируя ресурсы и (или) видоизменяя оператор,

---

<sup>1</sup> Заметим, что на этом этапе одного наблюдателя может уже не хватить, чтобы обследовать объект внимания. Именно поэтому опрашивают свидетелей изучаемого феномена. А в социальных, психологических и экономических науках без этого вообще никак не обойтись.

добиваясь воспроизведения поставленной цели  $Z$  с вероятностью  $P > p$ .

VII. *Проверка полученных выводов в новых целевых звеньях.* Проверяют правильность полученной информации в полевых условиях.

Как показывает история науки, для получения одних научных открытий было необходимо пройти все этапы с I по VII, а в ходе достижения других открытий какие-то из этапов пропускались.

Кроме того, нередко случаи, когда доказательство существования одного феномена оборачивалось открытием совсем другого явления. Тут уместно вспомнить историю открытия радиоактивности *А. Беккерелем*<sup>1</sup>.

Дело было так: после открытия рентгеновских лучей учёный заметил, что зелёное свечение рентгеновской трубки имеет тот же оттенок, что и свечение кристаллов урана после их освещения солнцем (этап I). То есть были вычленены две ситуации  $S_1$  и  $S_2$ , обладающие внешним сходством. Была поставлена цель  $Z$  — показать, что в обоих случаях источником свечения является одно и то же явление — рентгеновское излучение (переход к этапу III, минуя этап II<sup>2</sup>). Беккерель изготовил оператор  $Q$  для фиксации флуоресценции кристаллов урана (этап V, минуя этап IV<sup>3</sup>). Он поместил имеющиеся у него кристаллы уранилсульфата калия  $K_2(UO_2)(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$  на фотопластинку, завернутую в двойной слой чёрной бумаги, и выложил получившийся свёрток ( $Q$ ) на солнце на несколько часов, повернув его кристаллами к солнцу. Учёный хотел показать, что солнечные лучи вызывают в кристаллах флуоресценцию, не видимую глазом, но способную засветить фотопластинку. Позже, проявив фотопластинку, он обнаружил на ней очертания кристаллов, что счел доказательством своей правоты, и спешно сообщил о своём открытии французской Академии наук 25 февраля 1896 г.

«Но затем вмешался метеорологический контекст. С целью повторения экспериментов Беккерель заготовил несколько кассет, и в каждую из них были помещены фотопластинки и пластинки с нанесённым на них слоем моли урана, которые были завернуты в чёрную бумагу. Однако случилось так, что в эти зимние дни солнце не показывалось на небе, и Беккерель, в ожидании ясной погоды, запер эти кассеты

<sup>1</sup> *Антуан Анри Беккерель* (1852—1908) — французский физик, лауреат Нобелевской премии по физике как один из первооткрывателей радиоактивности.

<sup>2</sup> Пропуск этапа II был обусловлен отсутствием методов.

<sup>3</sup> Пропуск этапа IV был обусловлен скудостью данных о феномене рентгеновских лучей.

в ящик стола. В воскресенье 1 марта 1896 г. появилось солнце и Беккерель решил продолжить свои опыты. Перед экспериментом он решил проверить пластинки, не случилось ли чего с ними за время пребывания в ящике стола. И каково было его удивление, когда он обнаружил, что фотографические пластинки потемнели так же, как они темнели в предыдущих опытах, хотя на этот раз фотографические пластинки не подвергались предварительному воздействию солнцем, а следовательно, не могли фосфоресцировать. <...> Это излучение действовало не только на фотобумагу, но и заставляло в темноте светиться стекло, ионизировало воздух, поглощалось различными веществами и разрушало живые ткани организма<sup>1</sup>. Единственно возможным объяснением этого неожиданного явления осталось только то, что уран испускает непрерывно проникающее излучение неизвестной природы, помимо фосфоресценции, которое отлично от природы рентгеновских лучей. Весь этот сценарий указывает на умение исследователя выделить проблему из её банальных контекстов. И уже в понедельник 2 марта 1896 г. Анри Беккерель сделал сообщение об этом открытии в Академии наук» [2.6, с. 216–217].

Здесь фактически сделано не одно, а *два открытия*: открыто новое излучение, обладающее проникающим свойством в различных целевых звеньях  $(R, S) \rightarrow (Z^*)$ , и показана его нетождественность рентгеновским лучам  $(R_1, S_1) \neq (R_2, S_2)$ .

Обратимся к другому примеру — исследованию феномена молнии. Пусть некто, наблюдая за грозой, ощущает, какой мощью обладает молния. Пусть молния ударила в дерево и подожгла его  $(S_1 \rightarrow S_2)$ . Наблюдатель, будучи явно под впечатлением, может произвольно задаться «еретической»<sup>2</sup> целью  $Z$ : а нельзя ли сделать так, чтобы отвести удар молнии от ценного для человека объекта (дома, церкви и т.д.)? Пусть опрос очевидцев показал, что молнии бьют в землю чаще в горных районах, т.е. там, где земля расположена ближе к тучам, и, кроме того, молнии «охотнее» поражают острые предметы (верхушки деревьев, шпили зданий, печные трубы). Это ресурсы пространства, их необходимо как-то использовать... Кроме того, как выясняется, всем нам доступны рукотворные молнии, проскакивающие, например, между шерстяными предметами и кожей, когда мы снимаем одежду. Всё это наводит на мысль о том, что молния — это гигантская искра, т.е.  $(R_1, S_1) = (R_2, S_2)$ . Если это доказать, то можно будет найти оператор и условия для его работы, которые обеспечивали бы цель молниезащиты, и (или)

---

<sup>1</sup> Выдающийся российский учёный *В.И. Вернадский* рассказывал, что видел у Анри тёмное пятно на теле, прожжённое лучами радия, крупицу которого он носил с собой в свинцовой коробочке.

<sup>2</sup> И в тот момент времени всё ещё субъективной.

начать изучать феномен, работая с маленькими искрами в сравнительно безопасных условиях.

Для этого в случае с молнией политический деятель и учёный Бенджамин Франклин<sup>1</sup> запустил в небо воздушный змей на шёлковой нити ( $Q_1$ ). Электрический заряд ( $R_1$ ), стекая по нити в лейденскую банку ( $Q_2$ ), заряжал её и мог быть далее использован для демонстраций в академической среде, в аудитории скептиков<sup>2</sup>. Это доказывало родство электрических искр и молний.

Далее Франклин рассуждал так: а нельзя ли изменить созданный им искусственный оператор  $Q_1 + Q_2$ , чтобы он был способен перетянуть заряд из облака на себя, не давая сформироваться молнии? Но такой способ разрядки туч был опасным, и вероятность успеха была невелика. Тем не менее, описав работу своего оператора в ежегоднике «Альманах бедного Ричарда» и в книге «Опыты и наблюдения над электричеством, проделанные в Филадельфии в Америке Бенджамином Франклином», которую перевели на французский и немецкий языки, учёный дал другим естествоиспытателям возможность повторить его эксперименты. Рассыпающие искры высокие металлические шесты стали даже использовать как забаву, щекочущую нервы. Однако искры, как и случайные разряды, не только забавляли, но и были опасными игрушками, могли убить человека или поджечь что-то в месте зажигания. Этот фактор экспериментов мы будем называть *побочным продуктом* и обозначать через  $W$ <sup>3</sup>. Теперь запись (2.1) будет выглядеть иначе:

$$[R, S] \mid Q_p > p \rightarrow [Z, W_1]. \quad (2.2)$$

Многократное повторение опыта Франклина выявило не только побочные продукты  $W$ , но и новый ресурс  $R$  — геометрический.

---

<sup>1</sup> Бенджамин Франклин (1706—1790) — один из отцов-основателей и лидеров войны за независимость Соединенных Штатов Америки, изобретатель, дипломат, писатель и журналист.

<sup>2</sup> Скептик — человек, относящийся ко всему критически, с недоверием или с крайним сомнением; последователь скептицизма как философского учения. Но и здесь мы вынуждены сделать оговорку: не всякий сможет повторить опыт Франклина и зарядить лейденскую банку. Так, при повторном опыте может разорваться шелковая нить, а змей может не попасть в область концентрации атмосферных зарядов из-за непредсказуемого направления ветра, и т.д. То есть вероятность  $P$  успеха в повторении опыта выше нуля, но нет 100%-й гарантии повторения всех условий опыта. И истинность его выводов можно подтвердить лишь статистически. Другого пути нет.

<sup>3</sup> От англ. *waste* — отходы, грязь. В теории решения изобретательских задач используют другое название — *нежелательный эффект*.

А именно, оказалось, что если заострить верхний конец молниеотвода, то разряд с острия стекает без искр.

В итоге Франклин установил на своём доме изолированный железный шест, соединил его проводником с землёй и даже включил в цепь звонок, чтобы молния сама предупреждала хозяина дома о своём появлении. Цель  $Z$  была достигнута, и мир стал заполняться молниеводами, конструкции которых постепенно совершенствовались, поскольку наблюдение за предметом исследования выявляли всё новые и новые побочные продукты  $W_1, W_2, \dots$ , которые требовали внесения усовершенствований в молниевод:

$$[R, S] \mid^Q_{P > p} \rightarrow [Z, W_1, W_2, W_3, \dots]. \quad (2.3)$$

И если экспериментальные исследования Франклина были фундаментальными, то новая цепочка исследований (2.3) по искоренению разнообразных нежелательных эффектов  $W_i$  — это уже прикладные исследования.

Интенсивная борьба с побочными продуктами начинается на этапе опытно-конструкторских работ (ОКР). В результате их выполнения появляется новый и (или) оптимизированный процесс (или устройство и процесс) с *максимальной вероятностью достижения цели* и одновременно с *минимумом побочных продуктов* (тех, которые мы на имеющемся уровне техники способны идентифицировать), что проявляется в повышенной надёжности<sup>1</sup> спроектированного процесса или устройства.

Анализ решений научных, технических и социальных задач показывает [2.4], что в зависимости от того, как сформулирована задача, в качестве побочных продуктов могут выступать:

- вышедшие из употребления операторы  $Q$ ;
- собственно неустраняемые отходы  $W$ ;
- ресурсы, имеющие неопределённый статус, поскольку пока не ясно, нужны они или нет, вредны или полезны для достижения цели.

Подчеркнём: этапы решения прямой задачи познания (I—V) относятся главным образом к *целенаправленному получению открытий*, а этапы V—VII — к прикладным исследованиям, которые в свете

---

<sup>1</sup> Надёжность — свойство объекта выполнять все заданные функции в определенных условиях эксплуатации в течение заданного времени при сохранении значений основных параметров в заранее установленных пределах. Надёжность включает следующие свойства: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохранность. Количественно надёжность оценивается по ряду показателей (ГОСТ 27.002-83).

сюжета с Франклином можно шутливо охарактеризовать так: «прилепить звонок к молнии».

Немалую долю открытий составляют *открытия случайные*, которые *А.С. Новиков*, анализируя способы их возникновения, разделил на четыре класса [2.6, с. 208—265].

1. Контекстуальные случайные открытия — в их возникновении решающую роль сыграл лабораторный или внешний контекст. Так, жена *Л. Гальвани*<sup>1</sup> Лючия увлечённо помогала своему мужу, когда он препарировал лягушек. Именно она обратила внимание на то, что при случайном касании кончиком скальпеля бедренных нервов конечность лягушки иногда дёргается, и связала это явление с моментом прохождения искры от электрофорной машины.

2. Экспериментальные случайные открытия появляются в рамках какого-то целенаправленного эксперимента, без контекста, в котором его осуществляют. Таково открытие принципиально новой формы живых организмов — вирусов *Д.И. Ивановским*<sup>2</sup>.

3. Экспериментально-аномальные случайные открытия тоже исходят от экспериментов, процедура которых подверглась непредвиденному изменению. По Новикову это значит, что в ходе опыта что-то «забыли», «уронили», «не так расположили», «прищепили», «попробовали», «передержали» и т.п. Физик *Р. Милликен*<sup>3</sup> признавался, что открыл метод капель для регистрации электрического заряда электронов, потому что несколько раз забывал экранировать взвешенные капли от лучей радия.

4. Теоретические случайные открытия являются продуктом абстрактного мышления и, вероятнее всего, исходят от людей, имеющих шизоидный радикал характера [2.7, 2.8]. Шизоидная личность, играя связями между знаками и явлениями, существенно повышает вероятность получения новых необычных гипотез.

Во всех четырёх случаях мы имеем дело с результатами интеллектуальной деятельности, соответствующей схеме, выраженной формулой (2.1), для которой вероятность достижения цели сначала близка к нулю, но после случайного открытия становится отличной от нуля.

---

<sup>1</sup> *Луиджи Гальвани* (1737—1798) — основоположник экспериментальной электрофизиологии, итальянский врач, анатом, физиолог и физик. Он обнаружил эффект возникновения разности потенциалов при контакте разных видов металла и электролита.

<sup>2</sup> *Дмитрий Иосифович Ивановский* (1864—1920) — основоположник вирусологии, русский физиолог растений и микробиолог.

<sup>3</sup> *Роберт Эндрюс Милликен* (1868—1953) — американский физик, получивший Нобелевскую премию (1923) за экспериментальные исследования в области фотоэлектрического эффекта и измерения заряда электрона.

Для обозначения редкого свойства исследователя «не проходить мимо случайных явлений, не считать их досадной помехой, а видеть в них ключ к разгадке тайн природы» американский психофизиолог Уолтер Брэдфорд Кеннон (1871—1945) в книге “*The way of an investigator*” (1945) ввёл в оборот неологизм «серендипити».

Серендипический способ получения знаний — это ситуация непредвиденного, непредсказуемого открытия, когда исследователь обнаруживает совсем не то, что ищет [2.9, с. 318]. В терминах записи (2.3) это способ (оператор)  $Q$ , основанный на построении непредсказуемых заранее обобщений на базе частных результатов деятельности.

В методологии науки случайные открытия также называют поризмами.

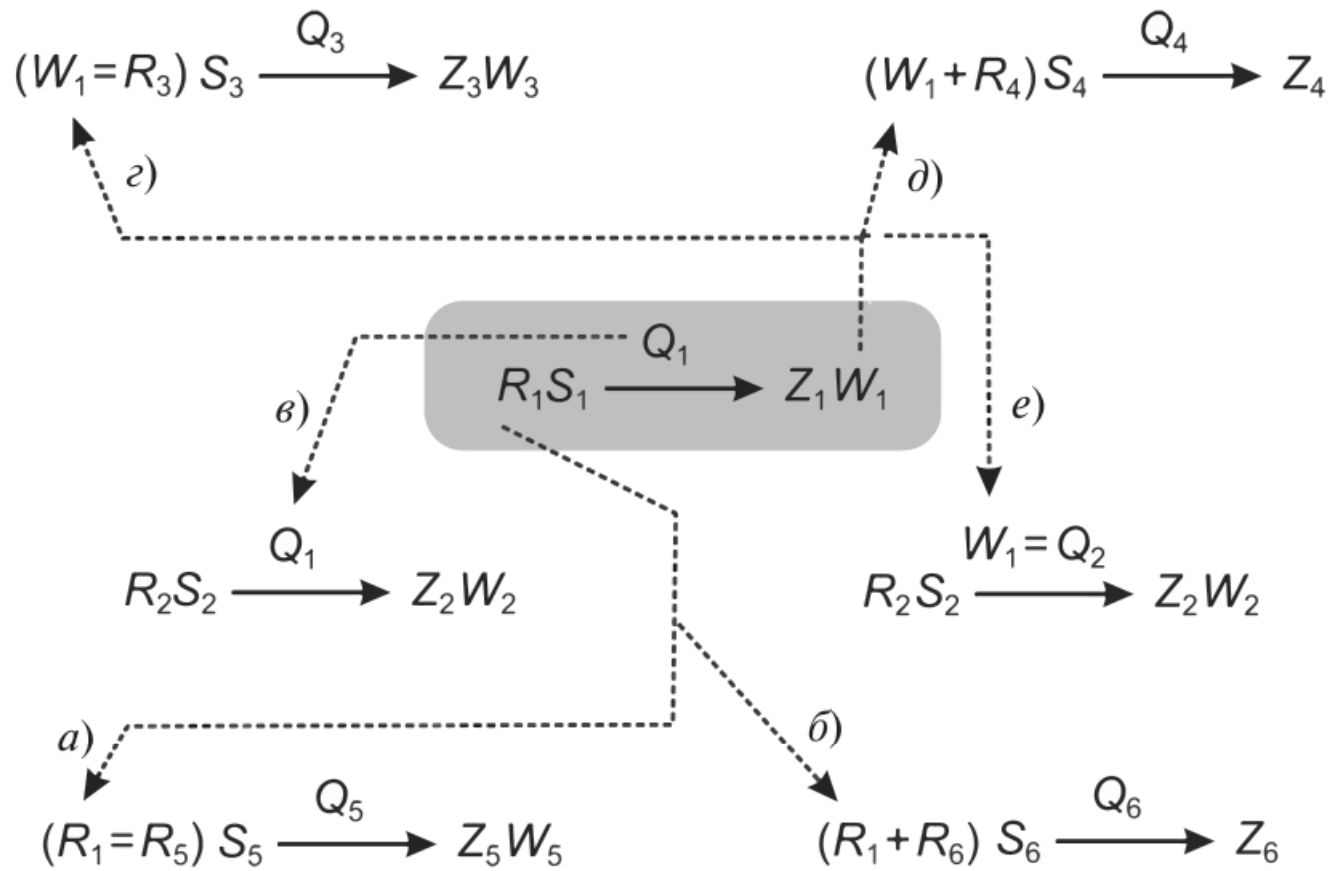
Поризм (от др.-греч.  $\lambda\omicron\rho\iota\sigma\omicron\varsigma$  — приобретение; добывание) — неожиданный, но благоприятный исход. «В античной литературе поризмом называли утверждение, которое получалось в процессе доказательства теоремы или решения задачи, но получалось как непредвиденное следствие, как промежуточный результат. Хотя поризм получается как логическое следствие, но, поскольку он не является частью (целью  $Z$ . — Прим. авт.) познавательной деятельности, для исследователя он может оказаться неожиданным» [2.10, с. 62].

В терминах теории целенаправленных систем варианты открытий, как случайных, так и полученных в ходе целенаправленного поиска, можно свести в одну схему, показанную на рис. 2.1. Основана она на том, что любой компонент целенаправленной системы (2.3) может быть использован для работы в других целевых звеньях (как целенаправленно, так и случайно).

Сценариям на рис. 2.1, *а*, *б* соответствует неожиданное применение ресурса  $R$ . В случае *а* ресурс может быть использован напрямую в другом целевом звене, а в случае *б* — вместе с ресурсом, который уже используется в целевом звене. Например, кулоновское поле заряженных частиц (а любое поле — это полевой ресурс) может применяться как для отталкивания частиц друг от друга, так и для притяжения, в том числе для получения так называемой пылевой плазмы [2.11].

Сценарий *в* — это применение известного оператора в новом целевом звене. Большинство физических, химических, социальных, психологических и прочих эффектов являются элементарными операторами. Один из них — оператор «тепловая труба» — был создан для интенсификации охлаждения в теплообменниках (это первичное целевое звено оператора). Для этого внутренние стенки тепловой трубы выполняют из пористого материала, пропитанного





**Рис. 2.1.** Различные пути появления случайных открытий

легкоиспаряющейся жидкостью. На горячем конце трубы жидкость испаряется из пор, охлаждая стенку, поднимается вверх, в холодную часть трубы, за счёт конвекции, где отдаёт тепло, конденсируется и оседает на порах. После чего она по порам спускается вниз, и цикл повторяется. Этот оператор сегодня распространился на самые разные целевые звенья. Его применяют для охлаждения двигателей, в конструировании космических аппаратов, элементов ядерных реакторов. Теплоносителем, как указывалось выше, здесь является жидкость — вещественный ресурс  $R$ . Но если заменить его на другой (сценарии  $a$  и  $b$ ), то это может дать непредсказуемые и иногда полезные результаты.

В частности, замена жидкости на расплавленный металл и помещение тепловой трубы в магнитное поле (т.е. дополнительными ресурсами служат тепловое и магнитное поля) приводят к появлению на концах трубы электродвижущей силы. А это новый оператор, который в технике принято называть магнитогидродинамическим генератором электрической энергии [2.12, 2.13].

Сценариям на рис. 2.1,  $c$ ,  $d$  соответствуют неожиданные применения побочных продуктов  $W$  в качестве основного ( $c$ ) и дополнительного ( $d$ ) ресурса в новых целевых звеньях. Так, любой химический процесс ведёт к появлению не только нужных продуктов реакции, но и различных  $W$  (в вещественной и полевой форме).

Поэтому для химических производств всегда актуально использование указанных сценариев, чтобы побочные продукты одних реакций включались в циклы полезных реакций.

Немало открытий сделано по сценарию  $e$  — случайное [2.14] или целенаправленное использование побочного продукта в качестве оператора в новом целевом звене. Так, было известно, что перед заполнением газоразрядных лазеров и ламп их рабочий объём необходимо предварительно тщательно обезгаживать, удаляя остаточные примеси, в том числе следы воды, которая даже в небольших концентрациях существенно снижает эффективность излучения, а в лазерах приводит к срыву генерации. Имеется множество патентов на устройства и способы по удалению воды из газоразрядных приборов. То есть в указанных целевых звеньях присутствие воды — это  $W$ , поскольку она снижает вероятность достижения цели  $Z$  (получение лазерного и спонтанного излучения). Один из авторов данного курса лекций сам столкнулся с этой проблемой, когда обнаружил, что имеющаяся у него система не обеспечивает должной степени удаления воды из колбы лампы. В этот момент им овладели смешанные чувства, которые далее были выражены недоумением: «Почему бы вместо того, чтобы удалять воду, не сделать её полезной?» Так возникла задача целенаправленного поиска условий, в которых излучение паров воды (а точнее, образующихся в разряде молекул (радикалов)  $\cdot\text{OH}^*$ ), было бы полезным. Анализ имеющихся научных данных показал, что такое излучение может быть полезным при лечении кожных заболеваний.

Это, в свою очередь:

- потянуло за собой поиск целевых звеньев, в которых излучение молекул  $\text{OH}$  было бы не подавлено, как ранее, а, напротив, усилено;
- привело к созданию первого оператора  $Q_1$  — экспериментальной установки, которая позволяла наблюдать за влиянием различных факторов на ослабление (усиление) излучения молекул  $\cdot\text{OH}^*$  и выделять те, которые повышают вероятность достижения новой цели;
- завершилось созданием надёжного оператора  $Q_2$  — ультрафиолетовой лампы барьерного разряда на молекулах  $\cdot\text{OH}^*$  [2.15].

Поэтому следует разделять научные открытия и конструкторскую работу следующим образом [2.9].

*Открытие* — это случайное или целенаправленное выявление таких  $R$ ,  $S$ ,  $Q$ , при которых вероятность достижения цели  $Z$  станет отличной от нуля ( $P > 0$ ).

*Научная задача* состоит в предсказании и (или) обнаружении эффекта (элементарного оператора  $Q$ ), доказательстве достижимости цели  $Z$ .

*Инженерная задача* решается, когда цель  $Z$  уже достигнута ( $P > 0$ ) и предложен первичный оператор  $Q$  для её достижения, но  $R, S, W$  по каким-то причинам неприемлемы для надсистемы<sup>1</sup> и (или) подсистемы. Тогда и говорят о различных нежелательных эффектах (НЭ), которые следует устранить, чтобы они не мешали работе оператора<sup>2</sup>.

## 2.2. НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ

Задача познания отличается от задачи *научного* познания. Какими критериями следует руководствоваться, чтобы получать научные результаты?

Пусть мы заметили, что наша любимая хоккейная команда плохо провела сезон, несмотря на то что болельщики массово ходили на матчи и поддерживали команду (этап I, фиксация). Сравнивая сложившуюся ситуацию с предыдущими годами, мы *субъективно* оценили значимость поддержки команды болельщиками как высокую (этап II, первичная оценка). Рождается цель (и объект исследований) — надо выяснить, имеется ли связь, *корреляция*<sup>3</sup> между поддержкой болельщиков и результативностью игры команды (этап III). Далее можно скатиться к спорам, правы мы или нет. А можно начать научные исследования.

Научные методы исследования<sup>4</sup> обеспечивают получение знаний, которые:

1) имеют систематический характер (отдельные фрагменты знаний взаимосвязаны);

2) позволяют передавать их свободно от человека к человеку (для передачи используются письменная форма, понятные всем участникам процесса системы понятий, логических операций, стандартизованные процедуры получения информации);

---

<sup>1</sup> Надсистема — это система, которая включает в себя несколько систем (они выступают по отношению к ней как *подсистемы*) и связи с ними.

<sup>2</sup> Кстати говоря, НЭ не всегда «лежат на поверхности», что требует от инженера не меньшей проницательности, чем от учёного. Кроме того, есть синтетические задачи, над которыми работают и учёные, и инженеры, в которых изменениям или замене на новый подвергается оператор  $Q$ .

<sup>3</sup> Корреляция (от лат. *correlatio* — соотношение, взаимосвязь) — статистическая взаимосвязь двух или более случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми), причём таких, что изменение значений одной или нескольких величин сопутствует систематическому изменению значений другой (других) величин.

<sup>4</sup> Далее говоря «исследования», мы всегда будем иметь в виду научные исследования, а не исследования вообще.

3) доказательны и публичны (могут быть подвергнуты экспертной оценке, критике и демонстрации различным участникам социальных взаимодействий, а не только учёным);

4) имеют универсальный характер (применимы не только локально, но и за пределами исследовательской ситуации, в других лабораториях, другими людьми, вне зависимости от места их проживания).

На этапах I—IV прямой задачи познания (параграф 2.1) научные исследования опираются не только на наблюдения (параграф 1.1), но и на такие эмпирические средства, как обзор данных, опросы и измерения<sup>1</sup>:

1. *Обзор научных данных* — это не просто чтение литературы. В научной работе обзор основан на научных источниках информации. Это патентные базы, архивы событий, артефакты, должным образом сохраняющиеся в вещественной или пиктографической форме, и, конечно, научные статьи, прошедшие рецензирование.

2. *Измерения* — необходимая и важная часть экспериментальной работы, цель которой — получение количественных данных о наблюдаемых ОИ (ПИ). Измерения научные отличаются от обыденных тем, что соответствуют вышеперечисленным критериям научной деятельности (об измерениях мы поговорим отдельно в лекции 5).

3. *Опрос* — эмпирический метод, применяемый главным образом в гуманитарных науках (психологии, социологии, юриспруденции, политологии и т.д.). Опрос может быть письменным (анкетирование) или устным (интервью, беседа).

В основе анкетирования лежит заранее разработанный оператор (опросник, анкета), который позволяет ответить на вопрос: связана ли одна ситуация с другой, тождественны ли они или различны? Качество данных, полученных в ходе анкетирования, зависит от множества факторов (мы рассмотрим их в лекциях о проведении социологических и психологических экспериментов). Но заметим, что для получения статистически достоверного вывода об объекте исследования необходим опрос максимального количества респондентов. Устный опрос позволяет больше узнать у респондента, но тоже имеет ограничения, о которых мы поговорим позже.

4. *Метод экспертных оценок* — это опрос экспертов в той или иной области знаний, мнения которых позволяют как дополнять

---

<sup>1</sup> В [2.14, с. 89—96] они выделены в отдельный класс методов исследования, так называемые *методы-операции*, хотя по существу все они являются операторами, т.е. средствами проведения экспериментов для достижения поставленной цели.

представления об ОИ (ПИ), так и, напротив, исключать из рассмотрения какие-то элементы, мешающие постановке цели или выбору оператора.

В каких целевых звеньях лучше всего применять перечисленные операторы познавательного процесса, иллюстрируется в матрице (табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Типы операторов, соответствующих этапам I—IV  
прямой задачи познания**

Задача исследования	Оператор			
	Обзор данных	Наблюдение	Опрос	Измерение
Определение причин-следствий, тождества и различия	+	+	+	
Определение частоты появления причин-следствий (вероятности)				+
Выявление явлений, сопутствующих феномену	+	+	+	

Крестиками обозначены варианты, в которых вероятность достижения цели в данном целевом звене высока. Но это не значит, что применение в иных целевых звеньях невозможно. Например, некоторые анкеты включают в себя измерительный блок, в котором респонденту предлагается сосчитать набранные баллы и по определённой формуле отсеять долю неискренних ответов.

Отсюда следует, что поиск научного решения задачи о влиянии уровня поддержки болельщиков на игру команды необходимо начать с обзора научных данных. Для чего? Как минимум чтобы убедиться в том, что эту задачу никто ранее не решал. Пусть оказалось, что методом опроса задачу решали уже много раз и получали положительный ответ на вопрос о влиянии болельщиков на игру. Вот только *опросы строились на различных анкетах*, а значит, можно пойти по пути изучения этих анкет и создания модифицированной анкеты (нового оператора для опроса), которая минимизирует вклад случайных факторов в ответы. Что все и делают.

Но есть и другой путь: создать новый оператор для *измерения* уровня поддержки болельщиками команды. Очевидно, что болельщики выражают поддержку шумом, гамом и скандированием речёвок. Инженер университета Линкольна (Небраска, США) *Бренна*

*Бойд* измерила уровень акустического шума на хоккейных матчах. Оказалось, что самые громкие игры сопровождаются шумом со средним уровнем 95,5 дБ, а пиковые величины достигают уровня 132 дБ. Это примерно столько же, сколько даёт расположенный от нас в 50 футах отбойный молоток или находящийся в 100 футах от нас реактивный двигатель, и на 20 дБ громче, чем даёт средний рок-концерт. С появлением этого оператора (измерителя шума) процедура нахождения связи между поддержкой болельщиков и качеством игры *становится стандартной*. Результаты *Бойд* неутешительны для болельщиков: она ясно и достоверно показала, что шумовая поддержка команды не оказывает на игру никакого влияния [2.16].

Будучи учёным, *Бойд* не настаивает на абсолютной достоверности своих выводов и предлагает перейти к этапам VI—VII прямой задачи познания, т.е. провести широкие исследования её подхода на самых разных стадионах и по отношению к разным видам спорта (т.е. в разных целевых звеньях, но с фиксированной целью экспериментальных исследований). Этим научная работа учёного отличается от работы дилетанта<sup>1</sup>. Хотя справедливости ради следует отметить, что поскольку этапы I—III обладают большой долей субъективизма (что мы видели на примере с *Анри Беккерелем*), то и дилетанты могут быть продуктивны. В чём? В создании гипотез, которые впоследствии могут стать целями продолжительных научных исследований.

Более того, видные деятели науки нередко не стеснялись в выражениях, характеризуя *себя* и свои познания. Например, знаменитый натуралист и путешественник *Чарлз Дарвин*<sup>2</sup>, изучая различные аспекты распространения жизни и даже имея гипотезу о влиянии ледников на этот процесс, в письме к молодому физику *Джону Тиндалю* (1820—1893) признавался, что «невежествен, как свинья» в механике, и расспрашивал его насчёт ледников [2.17].

---

<sup>1</sup> Дилетант (от лат. *delecto* — услаждаю, забавляю, доставляю удовольствие) — человек, занятый какой-либо деятельностью, но имеющий о ней поверхностное представление. В негативном смысле это человек, который не желает признавать недостаток своих знаний и профессиональной подготовки. В положительном смысле это человек, желающий расширять свои знания, но признающий их недостаточность.

<sup>2</sup> *Чарлз Роберт Дарвин* (1809—1882) — английский натуралист и путешественник, с помощью огромного количества наблюдений одним из первых обосновал идею о том, что все виды живых организмов эволюционируют во времени и происходят от общих предков.

Заканчивая этот раздел, подчеркнём, что без экспериментов сегодня крайне сложно назвать ту или иную науку полноценной [2.18–2.23]. Да, в Греции времён Сократа и Архимеда и в Средние века из-за того, что операторов для наблюдения и измерения было мало, учёные могли позволить себе теоретизировать. Скажем, философы ортодоксальных древнеиндийских школ могли сколько угодно рассуждать о том, что всё сущее состоит из неделимых элементарных частиц, но всё это (с позиций нашего времени) оставалось гипотезами, поскольку для их проверки не применялись научные методы исследований. Многие представители гуманитарных наук традиционно предпочитают теоретизирование без привязки к современным данным естественных наук. А это чревато нарушением критерия научной истинности<sup>1</sup>. Чтобы не быть голословными, рассмотрим два сюжета.

**Являются ли архетипы феноменом?** Приведём пример того, как необходимо сегодня приводить знания (новые или старые) в соответствие с критерием истинности. Для этого обратимся к такому теоретическому конструкту, как архетипы<sup>2</sup> [2.24].

Согласно идеям *К.Г. Юнга*<sup>3</sup> архетип — это универсальные врождённые психические структуры, распознаваемые в нашем культурном опыте, например в традициях (семейных и государственных), в мотивах сновидений. Источником этого теоретического конструкта, который получен за счёт выявления Юнгом инвариантов в культуре и поведении, являются представления психологии его времени. Сегодня для верификации истинности архетипов уже недостаточно того, что часть психологов разделяет представления Юнга! Необходима дополнительная верификация теории Юнга с позиций технаутки и какой-либо современной метатеории, например нейропсихологии, включая *современные* операторы нейропсихологической диагностики (магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография и т.д.). Далее — несколько «если»:

1) если появятся исследования, которые покажут, что проявлению того или иного архетипа соответствуют характерные паттерны деятельности нервной системы;

2) если на основе (1) возникнут какие-то новые методы нейропсихологической диагностики;

<sup>1</sup> Подробнее о критерии научной истинности можно прочесть в гл. 2 [2.8].

<sup>2</sup> Архетип — от др.-греч. *αρχετύπων* — первообраз, оригинал, подлинник < *αρχή* — начало + *τύπος* — чеканка, отпечаток, изображение.

<sup>3</sup> *Карл Густав Юнг* (1875—1961) — швейцарский психиатр, основоположник аналитической психологии, создатель *теории* архетипов.

3) если методы (2) найдут применение, то полученная информация будет обладать скорректированной мерой истинности. А без этого в среде технонауки Юнг останется анахронизмом.

Повторим: сказанное не отменяет того факта, что во времена Юнга на том уровне развития культуры и общественных отношений полученная им информация получила распространение в среде психологов и пациентов (как принято говорить среди методологов науки, она отвечала критерию *интерсубъективности*).

**Является ли власть феноменом?** За многие века слова «власть», «элита», «аристократия» стали расхожим штампом, применяемым как в быту, так и в среде ученых — философов, социологов, политологов, историков и т.д. Это понятие отвечает критерию интерсубъективности. Но научно ли оно с позиций современной науки? Нет, не научно, поскольку не доказано экспериментально, что феномен власти существует.

Что дают эксперименты? Во-первых, уверенность, что наблюдаемый феномен устойчив и воспроизводим (и в этой области гуманитарии сделали очень многое). Во-вторых, что характеристики феномена являются измеряемыми величинами. Например, каковы параметры ангела? Как их измерить? Пока ответа нет, к науке этот объект фантазии не имеет отношения. Аналогичное рассуждение было справедливо для понятия «власть», до тех пор пока не появились исследования *Флойда Хантера*<sup>1</sup>. Он «впервые не просто обнаружил правящий класс, а эмпирически (курсив наш. — Прим. авт.), научно обосновал его существование. После Хантера говорить о том, что “правящая элита” всего лишь выдумка, а правит “весь народ”, стало невозможным» [2.25, с. 395]. Причём операторы для измерения власти Хантера не просто выявляли властителей, но и позволяли отсеивать тех, кто является лишь профессионалами, нанятыми властью для работы.

Всё сказанное в этой части позволяет нам сделать вывод о том, что на появление и изменение научных методов исследования оказывают решающее влияние экспериментальные результаты, полученные с их помощью. Когда ЦСД наблюдения/измерения ещё «юна», критерию истинности удовлетворяют различные гипотезы, зачатки теорий и предположения, получившие хождение в среде учёных. Но любая теория или гипотеза *теряет свою ценность*, если лежащие в её основе феномены не зафиксированы экспериментально, что соответствует взрослению научной дисциплины. И до-

---

<sup>1</sup> *Флойд Хантер* (1912—1992) — американский социолог, изучавший феномен элиты. Автор исследования “Community Power Structure” (1953).



полнительно: проверка должна проводиться *современными* средствами технауки.

Так, мы можем сколько угодно рассуждать о «невидимой руке рынка». Но научный подход будет состоять в том, чтобы найти операторы и с их помощью измерить параметры этой «руки». До тех пор пока это не сделано, экономика остаётся набором конвенциональных фантазий<sup>1</sup>.

### **2.3. РАЗВЕРТЫВАНИЕ, СВЕРТЫВАНИЕ И САМООРГАНИЗАЦИЯ В ПРЯМОЙ ЗАДАЧЕ ПОЗНАНИЯ**

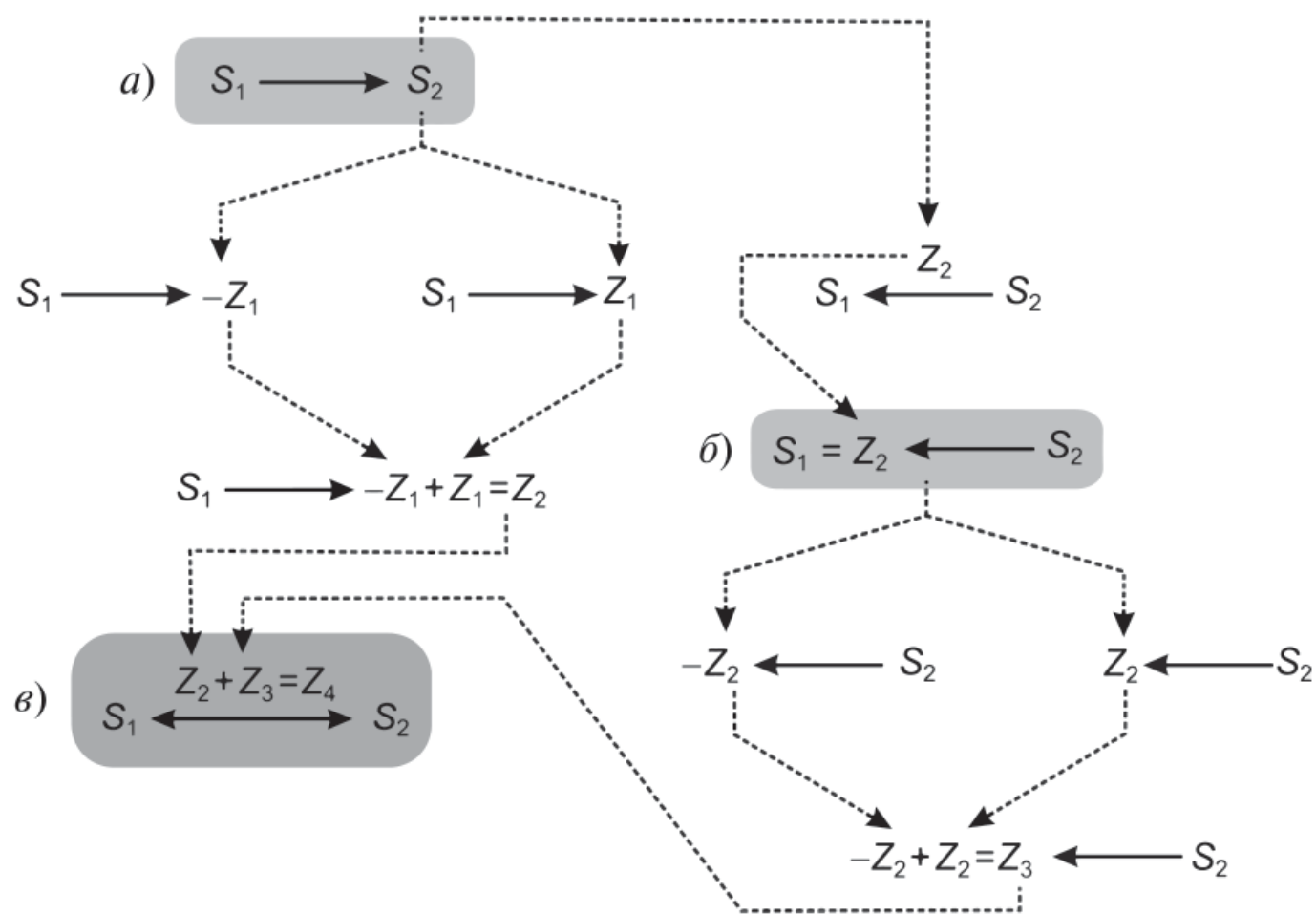
Прямая задача познания (параграф 2.1) была рассмотрена нами в предположении, что объект исследования, однажды появившись, далее остаётся фиксированным. Конечно, это упрощение, сделанное в дидактических целях. Мы уже понимаем, что от одной цели можно перейти к другим, что отражается в появлении различных предметов исследования (см. табл. 1.1), относящихся к одному объекту.

От того, как поставлена цель, будут зависеть дальнейший ход исследований и характер полученных результатов. Рисунок 2.2 символически суммирует, по каким сценариям движется научная работа в зависимости от того, как поставлена цель.

Поясним её. Пусть наше первичное наблюдение выявило процесс  $S_1 \rightarrow S_2 (a)$ . Если процесс стал объектом наблюдений и экспериментов (параграф 1.1), то мы (субъективно или объективно) формулируем цель  $Z_1$ . В сюжете с Франклином целью было обеспечение защиты от молнии. Но ведь цель могла быть поставлена иначе! Например, найти ресурсы и оператора, позволяющие направленно поражать молнией некие объекты, например «вражеские». Это антицель ( $-Z_1$ ) по отношению к цели  $Z_1$ . Работа по обоим этим направлениям может привести к результатам, которые позволят нам сделать молнию управляемым оператором, т.е. вызывать молнию по нашему желанию и направлять её туда, куда мы хотим. Цель и антицель здесь объединяются, давая  $Z_2$ .

---

<sup>1</sup> Конвенциональный (от лат. *conventionalis* — соответствующий договору < *conventio* — соглашение) — принятый сообществом, отвечающий установленной традиции. Конвенционализм в науке означает, что в основу математических и естественно-научных теорий кладут (по договорённости между учёными) некоторые соглашения. А их выбор обусловлен логикой целесообразности или даже простого удобства.



**Рис. 2.2.** Этапы появления и свёртки целей в познавательном процессе:  
 а — первичное наблюдение за процессом; б — осознание возможности обращения процесса вспять; в — этап осознания возможности управления процессом

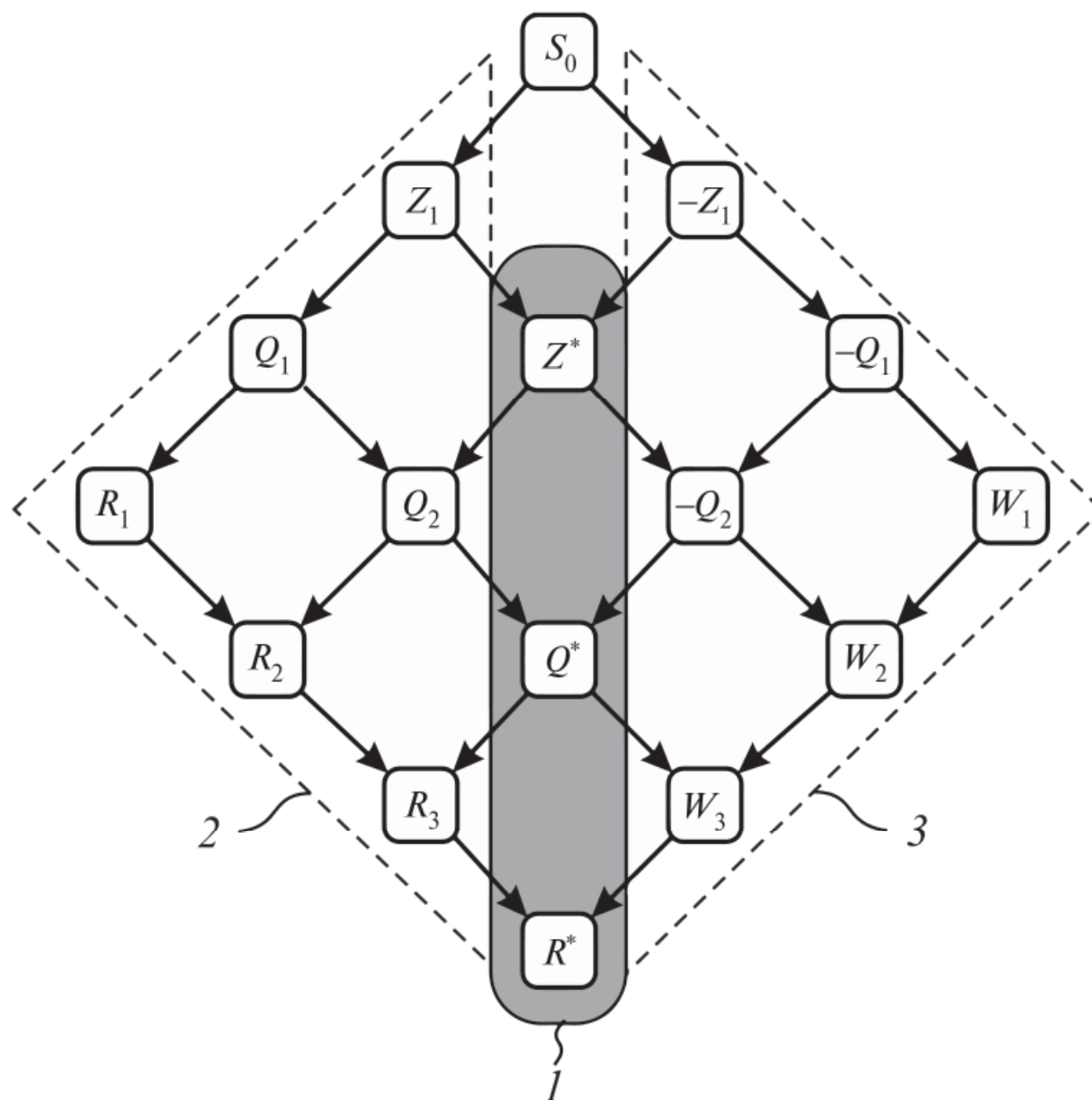
На этапе первичного наблюдения можно поставить ещё одну цель: определить, обратим ли наблюдаемый нами процесс, т.е. возможно ли  $S_2 \rightarrow S_1$ . Если оператор для обращения процесса вспять будет найден, то в полученном целевом звене (б) также возможны постановка не только цели, но и антицели и переход к управляемому обратимому процессу. Совмещая линии (а) и (б), мы добиваемся полного овладения объектом или предметом нашего исследования (в). Теперь по нашему желанию процесс может идти в любом направлении. И также по нашему желанию достигаемые цели могут быть совершенно противоположными.

Отметим, что результат (в) достигается крайне редко, хотя бы потому, что при изучении предшествующих ему целевых звеньев возникает большое количество побочных продуктов  $W$ , мешающих надёжному воспроизведению изучаемых процессов. Комбинирование многократно увеличивает количество  $W$ . Исключение составляют системы, достигшие уровня *самоорганизации*. Они оперативно, без вмешательства человека (или с минимальным вмешательством, см. параграф 1.2), динамично реагируют на изменение ситуации, изменяя как ход процесса, так и характер полученных результатов.

Основоположник кибернетики *Норберт Винер* (1894—1964) указывал, что по мере развития любой кибернетической системы последовательно возникают и усиливаются следующие качества: устойчивость, помехоустойчивость, управляемость и самоорганизация [2.18, с. 29] (так называемая *линейка Винера*), причём каждое последующее качество в этом списке невозможно без наличия предыдущего.

Развитие целенаправленной системы деятельности научного поиска не является исключением. Поэтому линии (а) и (б) реализуются при работе учёных-одиночек и в небольших исследовательских коллективах, а предпосылкой для развития линии (в) является переход к технонауке (параграф 1.2).

Процессы развёртывания и свёртывания экспериментальной деятельности (как целенаправленной системы деятельности) иллюстрирует рис. 2.3. Прокомментируем его.



**Рис. 2.3.** Последовательность развёртывания и свёртывания ЦСД:  
 1 — свёрнутая система (аналог самоорганизующейся системы); 2 — формирование системы; 3 — формирование антисистемы ( $S_0$  — начальная ситуация;  $Z$  — цели;  $Q$  — операторы;  $R$  — ресурсы;  $W$  — побочные продукты)

В ситуации  $S_0$  происходит Встреча с Чудом, и (или) Встреча с Учителем, и (или) Встреча с Фактом, а также формируется объект внимания. При постановке цели ( $Z_1$  или  $-Z_1$ ) объект внимания становится объектом исследования — это развёртывание деятельности на уровне цели.

На следующем этапе ставится задача поиска соответствующих операторов ( $Q_1$  или  $-Q_1$ ) для достижения цели. Если удаётся создать оба эти оператора, то становится возможным ставить цель  $Z^*$ , сочетающую в себе признаки  $Z_1$  и  $-Z_1$ , — это свёртка на уровне цели.

Далее начинается решение инженерных задач: на основе операторов  $Q_1$  и  $-Q_1$  строятся операторы  $Q_2$  или  $-Q_2$ , для которых специально отбираются ресурс  $R_1$  (для повышения вероятности достижения цели  $Z_1$ ) и побочный продукт  $W_1$  (для повышения вероятности достижения антицели  $-Z_1$ ), — это развёртывание на уровне ресурсов и нежелательных эффектов. На практике это означает существенное увеличение наших знаний о ресурсах и побочных продуктах в заданном целевом звене.

Испытания множества  $R$  и  $W$  позволяют нам отобрать такие из них ( $R_2$  и  $W_2$ ), которые лучше всего отвечают надёжной работе оператора  $Q^*$ , способного по нашему желанию достигать цели  $Z^*$ , — это свёртка системы на уровне оператора.

В идеале дальнейшее развитие приводит к появлению автономной системы, которая сама управляет работой оператора  $Q^*$ , используя для этого универсальный ресурс  $R^*$ , который может быть использован для достижения цели  $Z^*$ .

Таким образом, свёрнутая система (элементы которой выделены серой зоной на рис. 2.3) появляется за счёт экспериментов с системой и антисистемой.

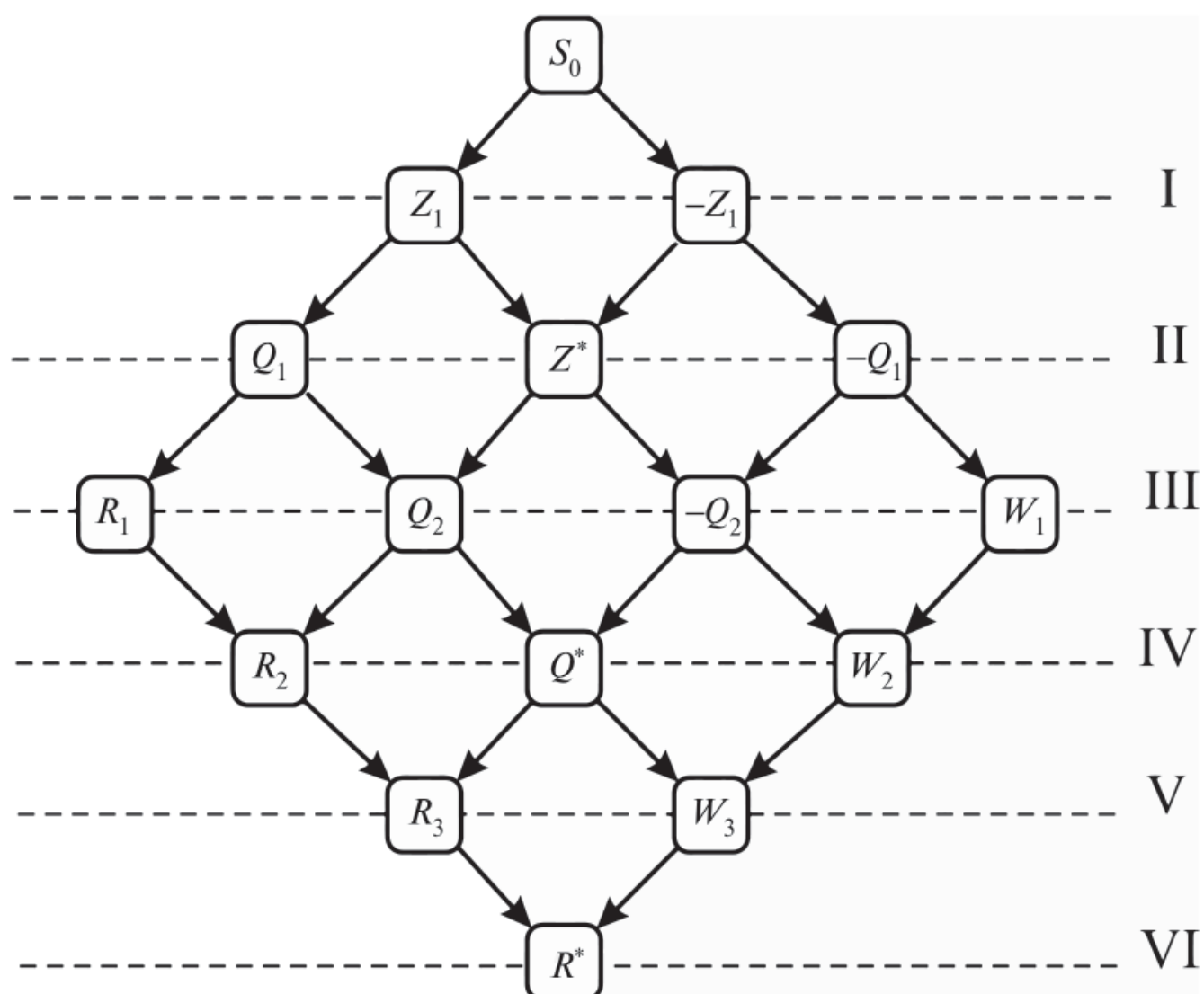
Соответствующие этапы развития ЦСД показаны на рис. 2.4. На этапах I—III делаются открытия и ставятся научные эксперименты (НИР), а на этапах III—VI начинается прикладная экспериментальная работа (ОКР).

### *Выводы по лекции 2*

2.1. Выделение объекта наблюдений включает доказательства его существования и выявления в нём черт, отличных от других феноменов. Эти доказательства требуют перехода от наблюдений к простейшим экспериментам.

2.2. Предложена динамика решения прямой задачи познания, которая включает в себя семь этапов:

- I) фиксацию феномена или процесса;
- II) первичную субъективную оценку;



**Рис. 2.4.** Уровни развития целенаправленной системы деятельности:

I — осознание потребности (постановка целей); II — появление ядра ЦСД; III — эскизная ЦСД 1-го рода, не способная к автономному выполнению своей функции; IV — самоуправляемая ЦСД 1-го рода; V — экономичная ЦСД 2-го рода; VI — самоуправляемая и автономная ЦСД 2-го рода

- III) постановку целей исследования;
- IV) «разведку»;
- V) постановку экспериментов;
- VI) обеспечение статистической значимости результатов и увеличение надёжности полученных данных;
- VII) проверку полученных выводов в новых целевых звеньях.

2.3. Даны классификация случайных открытий по *А.С. Новикову* и сценарии их появления, записанные на языке теории целенаправленных систем. С этих же позиций даны определения открытия, научной и инженерной задачи.

2.4. Показано, что на первых этапах решения задачи познания научные исследования опираются не только на наблюдения, но и на такие эмпирические методы, как обзор данных, опросы и измерения и т.п.

2.5. Показано, что на появление и изменение научных методов исследования оказывают решающее влияние экспериментальные результаты,

полученные с их помощью. При взрослении ЦСД наблюдения (измерения) происходит переход от гипотез и предположений, получивших хождение в среде учёных, к экспериментальному обнаружению и измерению характеристик феноменов, в том числе на современном этапе, средствами технауки.

2.6. Описаны этапы появления и свёртки элементов научной ЦСД, откуда выведены уровни её развития. Отмечено, что полностью свёрнутую систему можно получить, развивая исследования как системы (феномена и процесса), так и антисистемы (антипроцесса).

### *Рекомендации и задания по лекции 2*

2.1. Определите, на каком этапе находятся ваши исследования, пользуясь представлением о семи этапах прямой задачи познания (п. 2.1).

Постарайтесь определить:

- цель исследования, целевое звено, объект исследования: оператор, побочные продукты и (или) ресурсы, целевое звено и (или) несколько целевых звеньев;
- инициирована работа случайным открытием или является результатом целенаправленных поисков (если открытие случайное, то классифицируйте его, используя типологию *А.С. Новикова* [2.6, с. 208—265] или рис. 2.1).

На основании проведенного анализа постарайтесь выстроить порядок последующей экспериментальной деятельности.

2.2. Определите, какие методы в вашем исследовании следует квалифицировать как научные. Если какие-то методы не прошли такой тест, по подумайте, что следует сделать, чтобы сделать их научными.

2.3. Пользуясь рис. 2.2—2.4, определите уровень развития вашей экспериментальной системы деятельности; какие элементы свёрнуты, а какие развёртываются. Оцените, чего не хватает, чтобы осуществить переход от текущего этапа развития ЦСД к следующему.

2.4. Проанализируйте псевдонаучную деятельность «академика» *Т.Д. Лысенко*<sup>1</sup> и его помощников (для чего можно воспользоваться источниками [2.18—2.21]). Какие нарушения в их деятельности приводили к тому, что она утрачивала научную значимость?

2.5. Ежегодно в мире проводится множество экспериментов, объекты или предметы которых являются забавными или даже странными. За наиболее яркие и гротескные даже присуждаются так называемые Шнобелевские премии. Познакомьтесь с ними по книгам [2.22, 2.23] и на выбранных примерах покажите, в чём выбранные их авторами стратегии проведения экспериментов соответствуют научным. То есть ответьте на вопрос, почему всё-таки результаты этих исследований публикуют научные журналы.

---

<sup>1</sup> *Трофим Денисович Лысенко* (1898—1976) — основатель и организатор псевдонаучного направления в биологии (так называемой мичуринской агробиологии).

2.6. Проанализируйте критически метафоры, распространённые в гуманитарных науках: «коммунизм», «либерализм», «конец истории», «подсознание», «гештальт», «устойчивое развитие» и т.п. Подумайте, какие эксперименты можно поставить, чтобы подтвердить или опровергнуть статус этих метафор как феноменов.

### Лекция 3

## ПРОЦЕСС РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЗНАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЕНОМЕНА АПОКАМПА

Производя собственные и повторяя чужие опыты над электричеством, я, во-первых, встретился со многими новыми явлениями, которых не нашел у авторов, наблюдавших и изучавших разные явления, связанные с электричеством. Во-вторых, я одновременно открыл новый удобный способ исследовать тела, обладающие первичным, и тела, обладающие производным электричеством. В-третьих, я попытаюсь до известной степени подвергнуть измерению порождаемое электричество<sup>1</sup>.

*Георг Вильгельм Рихман* (1711—1753) — российский физик, наиболее известный своими работами по калориметрии и электричеству

История наук. Реальная часть суть феномены. Идеальная часть — воззрения на феномены<sup>2</sup>.

*Иоганн Вольфганг фон Гёте* (1749—1832) — немецкий поэт, государственный деятель, мыслитель и естествоиспытатель

Нередко познавательный акт преследует решение *обратной задачи* познания. В прямой задаче познания мы наблюдали за всем процессом от состояния  $S_1$  до состояния  $S_2$  ( $S_1 \rightarrow S_2$ ). В обратной задаче требуется по конечному состоянию  $S_2$ :

1) восстановить условия  $(R, S_1)$ , в которых начинает формироваться какой-либо феномен или процесс и с последствиями которого мы столкнулись *post factum* (понять, почему в обществе возникают революционные ситуации; выяснить условия формирования шаровых молний; внести ясность в пробелы исторической хронологии и т.д.);

2) восстановить когда-то работоспособный оператор  $Q$  (реставрировать исторический артефакт или реконструировать внешний

---

<sup>1</sup> [3.1, с. 246].

<sup>2</sup> [3.2, с. 158].



вид ископаемого животного, останки которого найдены при раскопках; понять причину исчезновения пчёл на планете<sup>1</sup> и т.д.);

3) по побочным продуктам  $W$  и потребленным ресурсам  $R$  воспроизвести весь процесс  $S_1$  до  $S_2$ , т.е. понять принцип работы оператора (по отходам производства, понять, как оно устроено; по выделениям человеческого тела диагностировать болезнь и её стадию и т.д.).

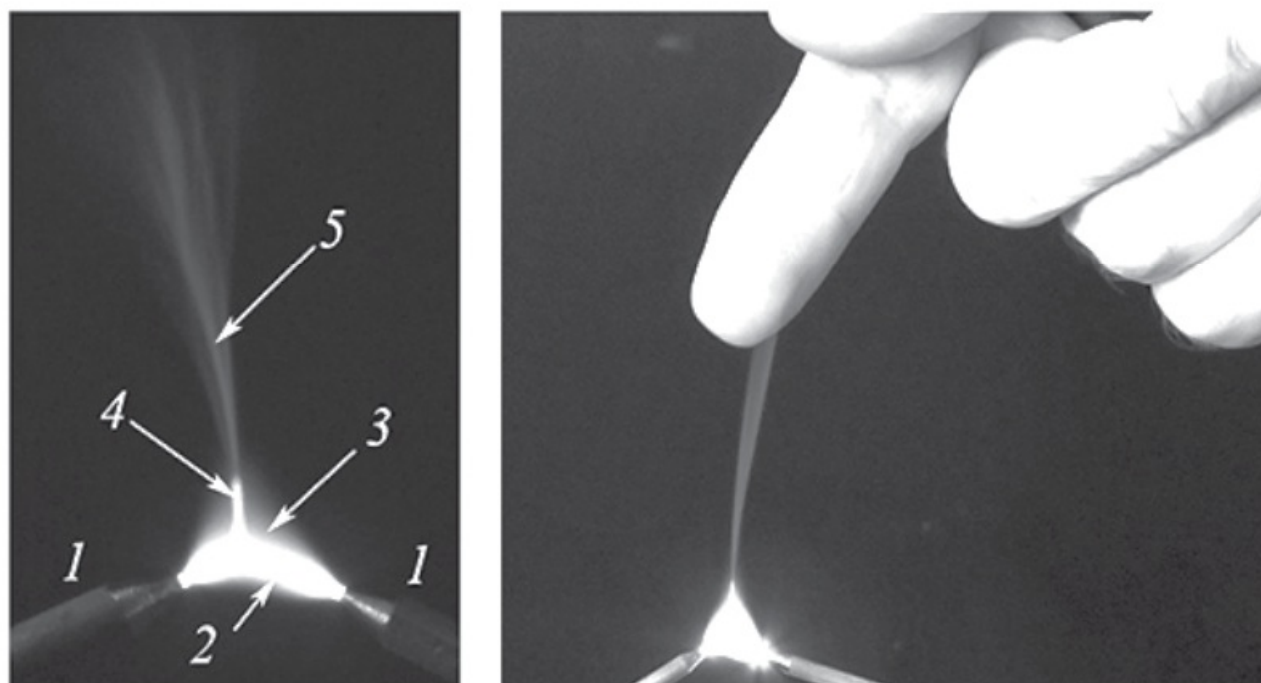
Обратную задачу решают не только в естественных науках, но и, например, в юриспруденции и криминалистике с помощью специализированных операторов, позволяющих реконструировать события, предшествующие результату какого-либо правонарушения или преступления ( $S_2$ ). В этой лекции мы рассмотрим конкретные примеры решения прямой и обратной задачи познания путём проведения экспериментов.


### **3.1. ПРЯМАЯ ЗАДАЧА ПОЗНАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ФЕНОМЕНА АПОКАМПА**

Рассмотрим подробно прямую (параграф 2.1) и обратную задачи познания на примере экспериментальных исследований феномена апокампа.

В 2016 г. *Д.С. Печеницин* — инженер лаборатории оптических излучений Института сильноточной электроники Сибирского отделения РАН (г. Томск), в которой работает один из авторов, тестировал источник питания и на короткое время подносил к высоковольтному электроду отвертку, которую держал за изолированную ручку. Между отвёрткой и электродом зажигался импульсный разряд ( $S_1$ ). Таким образом он проверял наличие напряжения на электроде. Дело было вечером, и в комнате царили сумерки. И в этих условиях он заметил, помимо свечения искры, замыкающей электрод и конец отвёртки, слабое свечение, исходящее из центра искрового канала перпендикулярно ему ( $S_2$ ). Он вновь и вновь повторял свои манипуляции, раздвигая и сближая электрод и отвёртку, и всякий раз «ловил» момент, когда из искрового канала выскакивала светящаяся струя или несколько струй. Это происходило, когда канал разряда начинал изгибаться. Внешний вид феномена иллюстрирует рис. 3.1. Конец струи было умеренно горячим, что позволяло ненадолго вносить в него палец. Кроме того, визуально, помимо канала разряда 2 и струи 5, наблюдались свечение вокруг канала разряда 3 (гало) и яркий отросток 4.

<sup>1</sup> Например, в статье *Д. Фэвра* проведён анализ аудиограмм и спектрограмм звуков, издаваемых пчёлами при наведении на них мобильных телефонов. Выяснилось, что сигнал с мобильного телефона может нарушить роение пчёл и вызвать беспокойство пчелиной семьи [3.3].



 **Рис. 3.1.** Внешний вид феномена:

1 — острые электроды; 2 — канал импульсно-периодического разряда; 3 — гало; 4 — яркий отросток; 5 — плазменная струя (апокамп)

Описанное наблюдение соответствует этапу I (*фиксация*) прямой задачи познания (параграф 2.1). Здесь был *случайно* зафиксирован феномен, который мы назвали апокампиическим разрядом, или коротко *апокампом*<sup>1</sup>, т.е. дословно разрядом, формирующимся на изгибе [3.6]. Отметим, что можно было пройти мимо наблюдаемого явления, но нас оно чрезвычайно заинтересовало. На рис. 3.1 представлен внешний вид феномена.

Мы провели *первичную субъективную оценку феномена* (этап II) и решили, что наблюдаем явление, которое противоречит известным нам фактам: канал искрового разряда не должен становиться источником апокампа (т.е. вероятность этого события до сих пор считалась равной нулю).

На основе этого решения мы перешли к *постановке целей исследования* (этап III). Целей *Z* было две:

1)  $Z_1$  — добиться воспроизводимости феномена, т.е. определить условия, в которых апокамп формируется с вероятностью  $P > p$  (2.1). Это необходимо, во-первых, для того, чтобы и мы, и другие учёные могли убедиться, что мы не имеем дела со случайным событием; во-вторых, чтобы можно было перейти к систематическому наблю-

<sup>1</sup> Неологизм образован нами от древнегреческих слов: *αλό* — от + *καμλή* — изгиб, поворот [3.4, стлб. 157–158, 659]. При этом мы пользовались правилами современной терминологической работы и принципом «минимального расхождения» для вводимых в оборот научных терминов [3.5].

дению феномена и измерению его характеристик с разумной погрешностью<sup>1</sup>;

2)  $Z_2$  — показать, что апокамп является новой формой разряда. Для этого следовало найти отличия между ним и другими формами разряда, т.е. показать, что  $(R_1, S_1) \neq (R_1, S_2)$ , где  $(R_1, S_1)$  — условия формирования апокампа, а  $(R_1, S_2)$  — условия формирования других известных разрядов. Обратите внимание: пока это не сделано, апокамп можно считать новой формой разряда лишь гипотетически<sup>2</sup>. Доказать или опровергнуть эту гипотезу — цель дальнейших исследований.

Чтобы укрепить свои позиции, были проведена *разведка* (этап IV), изучено более 180 научных публикаций об исследованиях газового разряда в условиях, близких к тем, в которых мы получили апокамп  $(R_1, S_1)$ . Аналогов выявлено не было, за исключением работы [3.7], в которой условия зажигания разряда частично совпадали с нашими, а именно: был использован искровой разряд между двумя электродами, один из которых находился под плавающим потенциалом (т.е. не был заземлён). В остальном условия опыта существенно отличались от наших (плазменная струя формировалась не в воздухе, а в азоте, и для её получения требовалась принудительная продувка газа через трубку, в стенки которой впаивались электроды). Всё это убедило нас в том, что мы нашли нечто новое, и стимулировало к продолжению исследований.

Кроме того, были выявлены ресурсы (вещественные, пространственные и полевые)<sup>3</sup>, которые следует варьировать, чтобы повлиять на развёртывание феномена или доказать его сходство (различие) с другими явлениями. В итоге была составлена следующая программа экспериментов:

1) выявить отличия электрофизических параметров апокампа и других типов разряда (по степени близости были выбраны импульсный коронный и искровой разряды);

<sup>1</sup> Условия проведения экспериментов, хотим мы того или нет, постоянно меняются, что приводит к изменению измеряемой величины. Погрешность — отклонение измеряемой величины от её «действительного» значения. Поэтому на этом этапе надо постараться хотя бы заведомо снизить погрешность измерений величин, характеризующих феномен (об этом речь пойдёт в лекции 5).

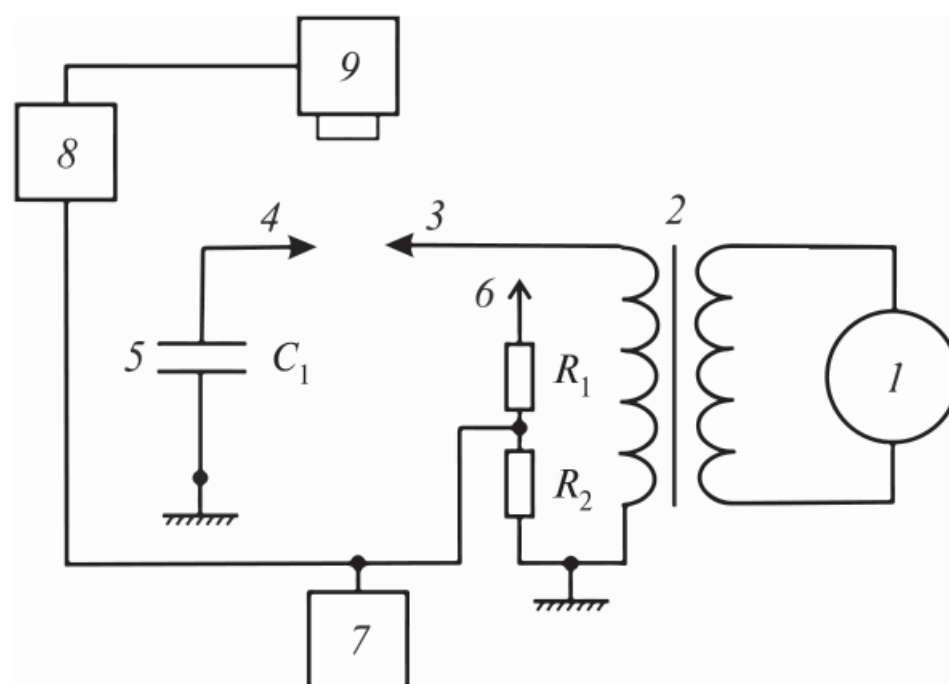
<sup>2</sup> Напомним, что гипотеза (от др.-греч.  $\upsilon\lambda\omicron\theta\epsilon\sigma\iota\sigma$  — всё, полагаемое в основание; принцип; содержание, тема, предмет (для рассуждения); предположение <  $\upsilon\lambda\omicron$  — снизу, под +  $\theta\epsilon\sigma\iota\sigma$  — положение, тезис [3.4, стлб. 604, 1286, 1290]) — предположение или догадка; утверждение, предполагающее доказательство. Научная гипотеза отличается от бытового предположения тем, что она потенциально может быть проверена специальным экспериментом.

<sup>3</sup> О выявлении ресурсов подробнее см. в [3.8].

2) выявить отличия в динамике формирования указанных разрядов.

В соответствии с этой программой мы перешли к этапу V, т.е. к постановке экспериментов. Здесь апокамп — уже готовый оператор (по преобразованию электрической энергии в плазменную струю). Поэтому на данном этапе следовало доказать сформулированную ранее гипотезу о том, что апокамп — это неизвестная форма разряда, сопровождаемая плазменной струей, или, кратко, что  $(R_1, S_1) \neq (R_2, S_2)$ .

Для этого была собрана установка, показанная на рис. 3.2.



**Рис. 3.2.** Блок-схема экспериментальной установки (оператор выявления изменений морфологии плазменной струи):

1 — генератор импульсов напряжения; 2 — повышающий трансформатор; 3 — высоковольтный электрод положительной полярности; 4 — электрод, имеющий ёмкостную развязку 5 с землей ( $C_1$ ); 6 — высоковольтный делитель, расположенный вблизи электрода 3 и состоящий из двух резисторов  $R_1$  и  $R_2$ ; 7 — осциллограф; 8 — генератор запуска CCD-камеры; 9 — CCD-камера, направленная на разрядный промежуток

Апокамп формировали следующим образом. Импульсы напряжения от генератора 1 через повышающий трансформатор 2 подавали на высоковольтный электрод 3. При увеличении амплитуды импульсов напряжения на электроде 3 формировался коронный разряд, имеющий форму слабосветящегося конуса, направленного к соседнему электроду 4, но не касающийся его. После зажигания коронного разряда промежуток между электродами 3 и 4 кратковременно замыкался проводником. Это приводило к образованию между электродами 3 и 4 светящегося токового канала. За 2—3 с он разогревался, и вокруг него появлялось диффузное свечение гало

(см. рис. 3.1), что связано с конвективным вытеснением разогретых газов из токового канала [3.9]. Почти сразу канал начинал изгибаться, и в месте максимального изгиба визуально наблюдалось появление яркого отростка и прорастание из него светящейся струи.

В экспериментах повышающий трансформатор 2 обеспечивал на выходе на холостом ходу импульсы напряжения отрицательной полярности с частотой  $f$  от 16 до 96 кГц, длительность импульса  $\tau = 1,5\text{--}2,5$  мкс и амплитуду напряжения до 23 кВ. Импульсы подавались на электроды, образующие разрядный промежуток. Также регистрировали спектры излучения (спектрометр на рис. 3.2 не показан).

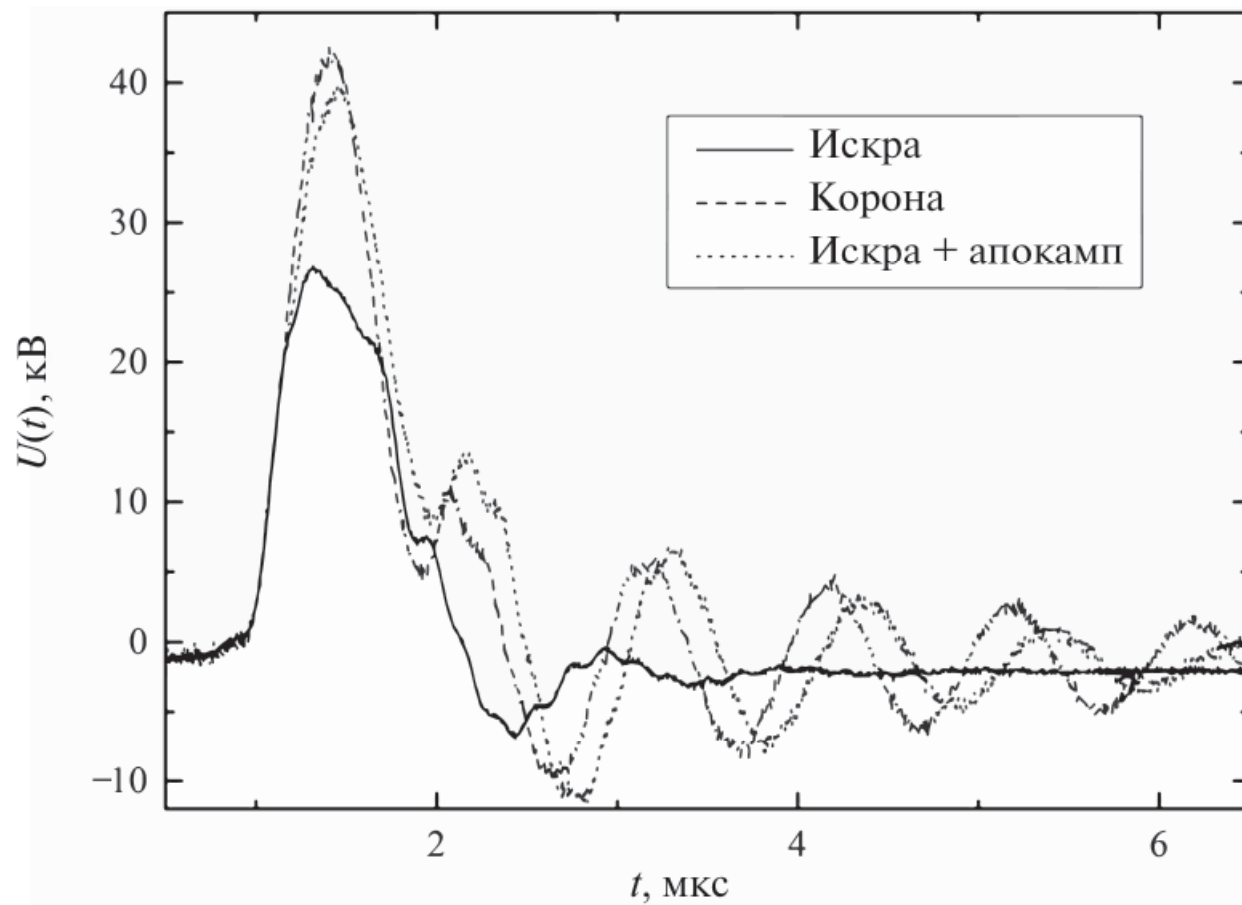
Выделим из полученных экспериментально данных только ту часть, которая позволяет нам доказать нашу гипотезу.

1. *Электрофизические параметры.* Для получения апокампа на электрод 3 необходимо подавать импульсы **только** положительной полярности. Существенно и то, что апокамп формируется, **только** если второй электрод (4 на рис. 3.2) находится под плавающим потенциалом. В противном случае формируется обычный импульсный искровой разряд.

На рис. 3.3 даны осциллограммы импульсов тока и напряжения для схемы, показанной на рис. 3.2, с помощью которой мы наблюдали и коронный разряд, и комбинацию импульсного разряда с апокампом. Кроме того, были зарегистрированы осциллограммы для схемы, в которой вместо ёмкости  $C_1$  ставили сопротивление  $R = 14$  кОм. В этом случае токовый канал был неустойчив, быстро менял свой изгиб и кривизну, и апокамп на месте изгиба не появлялся. Во всех трёх случаях скорость нарастания фронта импульса напряжения была примерно одинакова. Но амплитуда импульса напряжения в случае ёмкостной развязки электрода 4 была примерно в 1,5 раза выше, чем для резистивной развязки, и достигала 12 кВ (см. рис. 3.3).

Форма апокампа зависит от следующих ресурсов: электрофизических (определённые величины амплитуды, фронта и частоты импульсов напряжения; положительная полярность импульса питания, плавающий потенциал второго электрода) и пространственных (в наших опытах стабильный апокамп зажигался на расстояниях  $0,5 \leq d \leq 1,2$  см, при определенных значениях угла  $\alpha$ , под которым расположены электроды).

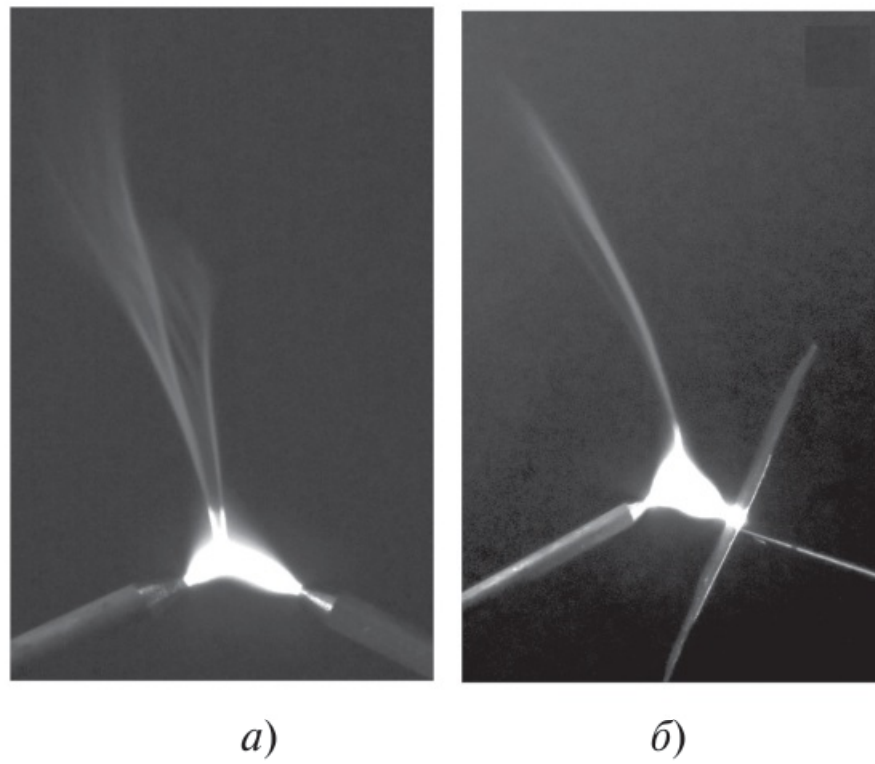
Тем самым показано, что **электрофизические условия и ресурсы** для образования апокампа **отличаются** от условий существования искрового разряда.




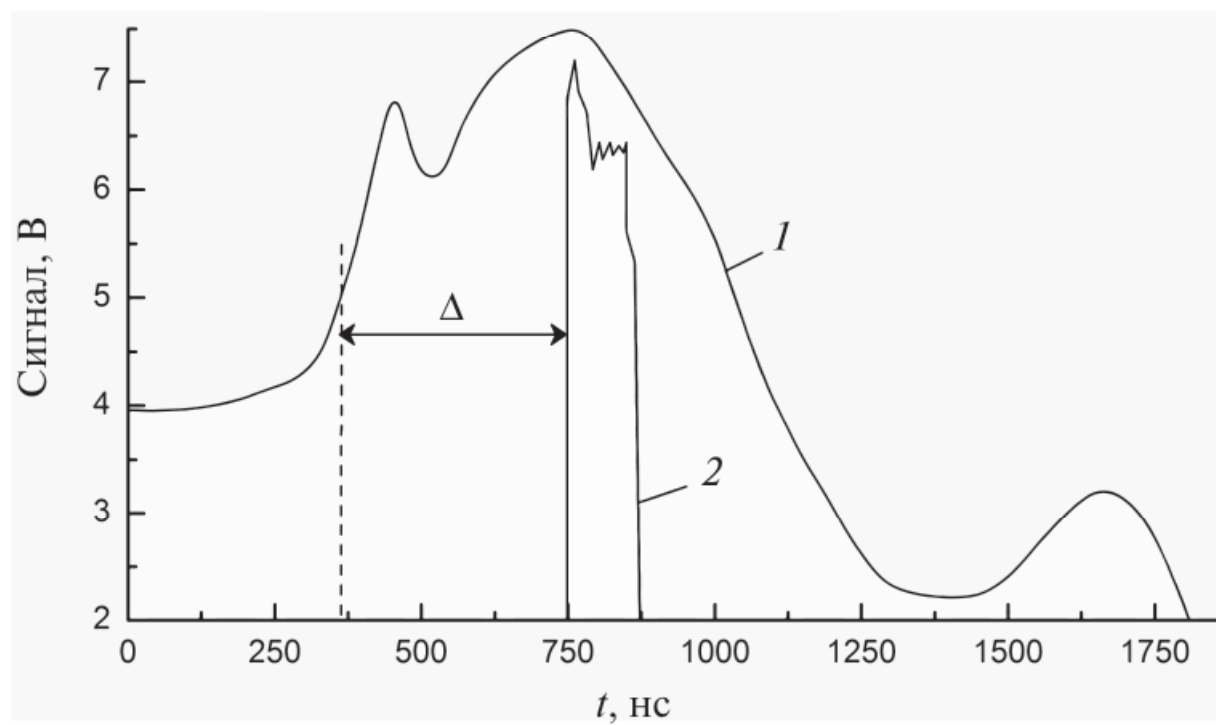
**Рис. 3.3.** Осциллограммы напряжения искрового, коронного и комбинированного разрядов:  $f = 50$  кГц,  $d = 1,1$  см

2. *Процесс формирования феномена.* В ходе экспериментов выяснилось, что апокамп может иметь не только игловидную или коническую форму. В местах максимальной кривизны токового канала можно сформировать нескольких плазменных струй (рис. 3.4, а). То есть даже по своей форме (наблюдаемой визуально) коронный разряд (рис. 3.4, б) отличается от апокампа. Но этого нам оказалось мало, и были проведены высокоскоростные съёмки процесса формирования обоих явлений.

Данные о динамике формирования апокампа и короны были получены с помощью высокоскоростной четырёхканальной CCD-камеры HSFC-PRO с минимальной длительностью одного кадра 3 нс. Для этого CCD-камера 9 через генератор задающих импульсов 8 (BNC 563, Berkeley Nucleonics Corp.) соединялась с высоковольтным делителем напряжения 6 (Tektronix P2100), расположенным на расстоянии нескольких сантиметров от электрода 3 (см. рис. 3.2). Сигнал с делителя подавался на осциллограф 7. Это обеспечивало контроль времени запуска камеры относительно импульса напряжения на электродах. Процесс синхронизации и управления запуском камеры иллюстрирует рис. 3.5. Запуск происходит при превышении сигналом с делителя уровня напряжения 5 В. Генератор задающих импульсов 8 также обеспечивал различные задержки  $\Delta$  для срабатывания CCD-камеры.



 **Рис. 3.4.** Внешний вид апокампа (образованного между острым и плоским электродами,  $d = 1,1$  см) и коронного разряда, в одинаковых электрофизических условиях:  $f = 50$  кГц, амплитуда импульса напряжения положительной полярности 12 кВ



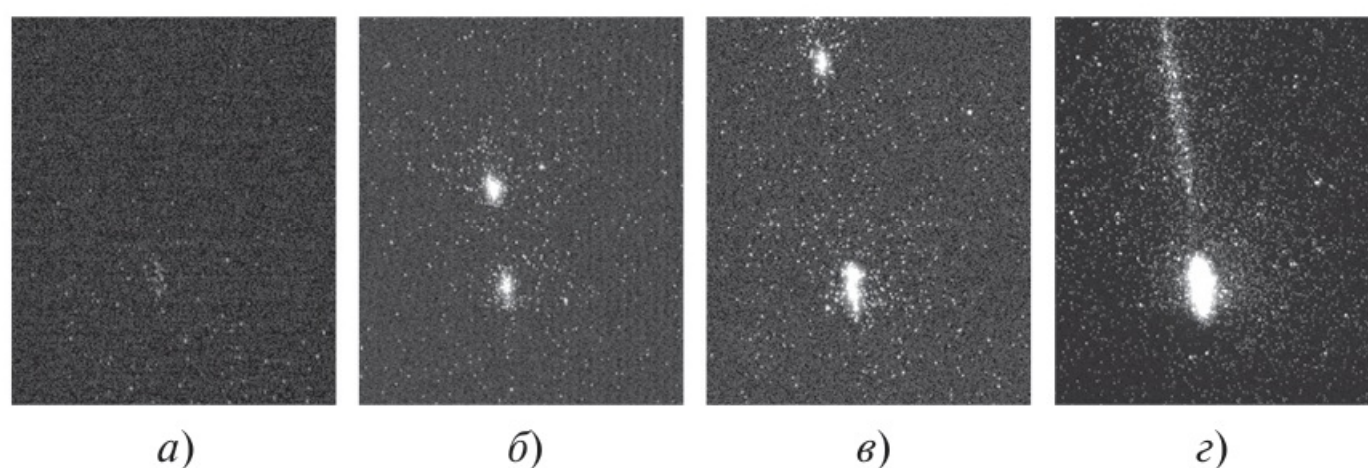
**Рис. 3.5.** Сигнал с высоковольтного делителя (1) и сигнал запуска CCD-камеры (2)

При поисках лучшего режима для запуска процесса высокоскоростной съёмки выяснилось, что апокамп формируется вблизи

максимума импульса напряжения на промежутке (в экспериментах параметр задержки варьировали в пределах  $140 \text{ нс} < \Delta < 2,3 \text{ мкс}$ , но апокамп удавалось регистрировать лишь в узком диапазоне  $340 \text{ нс} < \Delta < 380 \text{ нс}$ <sup>1</sup>).

В ходе съёмок выяснилось, что апокамп не представляет собой однородную струю, а формируется как совокупность светящихся зон, движущихся в направлении от места перегиба токового канала. Такие светящиеся образования в англоязычной литературе называют плазменными пулями [3.10—3.13].

На рис. 3.6 показана динамика формирования и движения плазменной пули в случае одиночного апокампа. На первом кадре процесс ещё не начался (рис. 3.5, *a*). Яркое пятно, расположенное почти в центре всех кадров (см. также рис. 3.5, *б—г*), — это место появления плазменного образования, которое становится источником плазменной пули. Видно, что оно образуется одновременно с пулей примерно в первые 23 нс. По смещению плазменной пули между кадрами скорость её пролёта оценили следующим образом:  $v \sim 215 \text{ км/с}$ .



**Рис. 3.6.** Динамика развития апокампа:

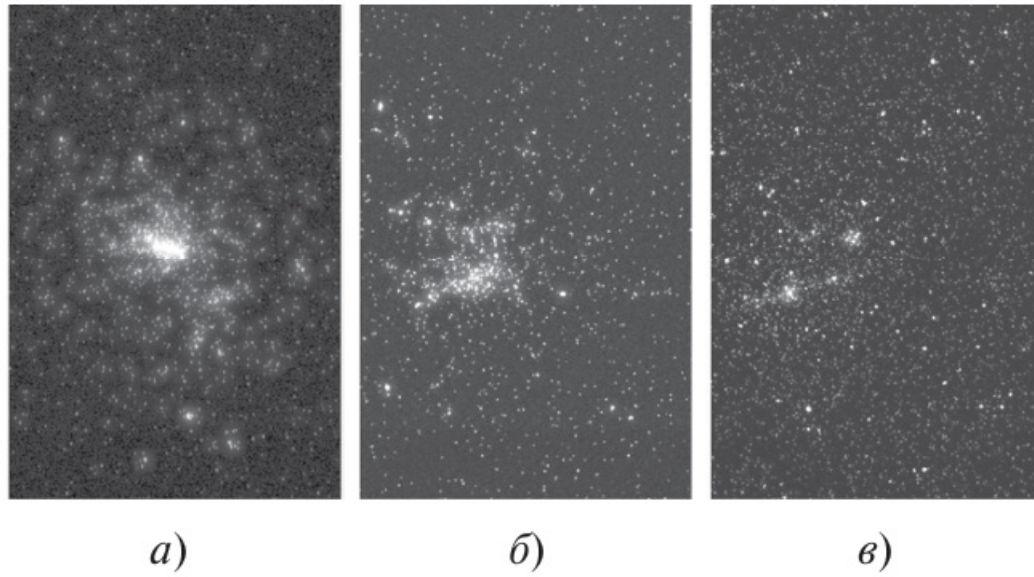
*a, б, в* — экспозиция 3 нс, пауза между кадрами 17 нс; *г* — интегральный кадр с накоплением 120 нс. Размер кадра по вертикали — 26,27 мм

В случае коронного разряда плазменные пули не формируются. Плазма разряда представляет собой случайно распределенное образование в окрестности острия электрода (рис. 3.7).

Таким образом, экспериментально показано, что феномен апокампа **обладает такими характеристиками и реализуется в таких условиях, которые отличают его от известных импульсных искровых и коронных разрядов.**

<sup>1</sup> Во всех случаях высокоскоростную съёмку проводили для электродов острейного типа. Это обеспечивало лучшую стабильность положения апокампа и соответственно регистрации CCD-камерой.



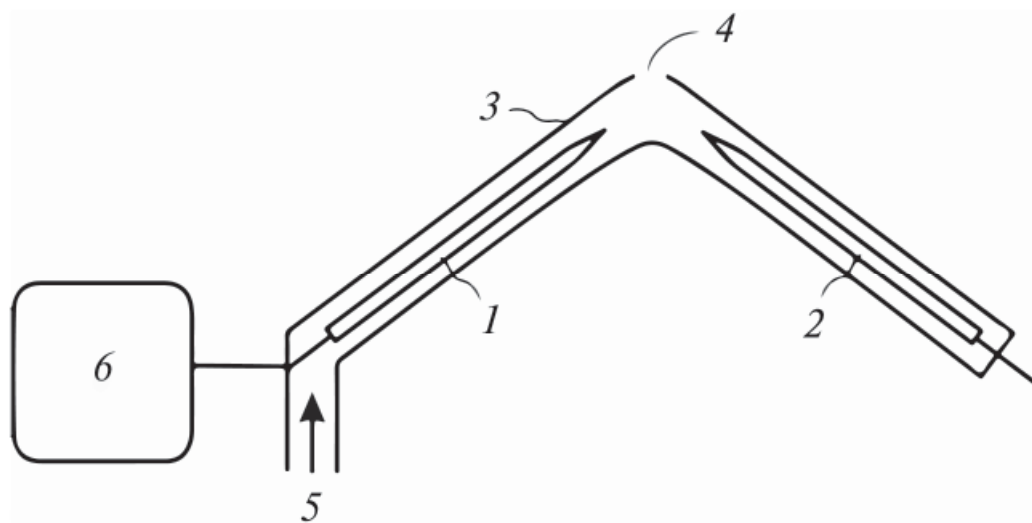


**Рис. 3.7.** Динамика развития короны:

*a, б, в* — экспозиция 3 нс, пауза между кадрами 17 нс. Размер кадра по вертикали — 26,27 мм

На следующем этапе VI (*обеспечение статистической значимости результатов и увеличение надёжности полученных данных*) были поставлены дополнительные эксперименты, в ходе которых, варьируя ресурсы и (или) видоизменяя оператор, мы добивались воспроизведения поставленной цели  $Z$  с вероятностью  $P > p$ .

Здесь, в частности, было показано, что, размещая электроды в трубках из диэлектрического материала (рис. 3.8), можно добиться увеличения стабильности положения и интенсивности апокампа. Этот пример использования ресурсов пространства и другие примеры вошли в заявку на патент [3.14].



**Рис. 3.8.** Устройство для получения плазменной струи:

*1* — высоковольтный электрод; *2* — электрод с плавающим потенциалом; *3* — трубка; *4* — отверстие для выхода апокампа; *5* — напуск газа; *6* — источник импульсного напряжения

Следует заметить, что здесь мы перешли к решению инженерных задач, поскольку первичный оператор  $Q$  (апокамп) был исследован и при его работе обнаружались побочные продукты. Чувствительность к колебаниям воздушной среды, окружающей апокамп, могла приводить к его неустойчивости и даже погасанию ( $W_1$ ). Другой недостаток ( $W_2$ ) — возможность случайного поражения током экспериментатора, который поднесёт руку к высоковольтной части устройства. Предложенный нами оператор  $Q^*$  (рис. 3.8) устраняет эти  $W$ .

Поработав с побочными продуктами, мы перешли к этапу VII (*проверка полученных выводов в новых целевых звеньях*).

В ТРИЗ в этом случае говорят о переходе технической системы в надсистему. Что это значит? Скажем, при создании экспериментальной лазерной установки удалось получить лазерное излучение в заданном диапазоне длин волн и с заданной мощностью — это полезный эффект или просто эффект. Пусть мы хотим использовать наш лазер в надсистеме, например, в практической медицине, а конкретно — для лазерной хирургии костных тканей. Начинаем посвящённый этому проект. И обнаруживается, что макет слишком шумит и греется (т.е. не удовлетворяет требованиям эксплуатации оборудования в хирургических кабинетах  $W_1$ ), не даёт перестраиваемого профиля пучка  $W_2$  (что необходимо при проведении ряда операций), требует постоянной подстройки  $W_3$  (а значит, в штат хирургического отделения нужно вводить человека, обладающего компетенциями настройщика лазерного оборудования) и т.д. Эти и другие нежелательные эффекты возникают при переходе от системы к надсистеме, когда лазер становится элементом технологии хирургии. Именно в этих ситуациях и возникает то, что принято называть *изобретательскими задачами* (или просто задачами), — нежелательные эффекты, которые нельзя игнорировать.

В научной, а не инженерной работе на  $W$  часто можно не обращать внимания, поскольку цель научной работы (по максимуму) — это открытие. Но при переходе в надсистему они начинают «портить репутацию» системы. Это произошло, когда мы решили испытать действие апокампа в задаче инактивации<sup>1</sup> микроорганизмов [2.30] — это новое целевое звено, в котором апокамп не применялся.

---

<sup>1</sup> Инактивация (лат. *in* — частица, выражающая отрицание + *activus* — действенный) — частичная или полная потеря биологически активным веществом или биосистемой своей активности, т.е. способности к воспроизводству своих функций и (или) своей структуры.

Оказалось, что температура плазменной струи апокампа слишком высока ( $W_4$ ): действуя на заражённую подложку, струя «поджаривает» и микроорганизмы, и питательный субстрат, на котором они находятся. Очевидно, что воздействовать таким образом на открытые раны (если взять такую задачу) в антисептических целях нельзя. Пострадает кожа пациента. Конечно, можно отодвинуть источник плазмы подальше от раны, но тогда время обработки (как было показано нами экспериментально) составит минуты, что в практических целях неприемлемо. Возникает прикладная задача: надо снизить температуру апокампа.

Мы решили её следующим образом: заткнули конец трубки с расположенным в ней плавающим электродом (2, рис. 3.8), а во второй конец стали задувать инертные газы-разбавители. Дело в том, что большая температура апокампа вызвана тем, что плазма образуется в воздухе. Воздух в нормальных условиях ( $p \sim 760$  мм рт. ст.) содержит множество молекулярных газов (азот — 78%, кислород —  $\sim 21\%$ , углекислый газ —  $0,03 \div 0,04\%$ , перекись водорода —  $\sim 1\%$ , пары воды и т.д.). А они в условиях газового разряда служат своего рода накопителями энергии (колебательной и вращательной), что в целом повышает температуру. Разбавляя воздух инертными газами, мы добились почти 5-кратного снижения температуры — до  $30\text{--}40^\circ\text{C}$ . Но при этом изменился спектр излучения плазмы и состав продуцируемых в области разряда химических частиц. Имеются исследования, в которых показано, что плазма с аналогичным спектральным составом излучения также обладает инактивирующим действием по отношению к грибкам, микроорганизмам и даже опухолевым клеткам [3.16].

### **3.2. ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ПОЗНАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ПЕРЕХОДНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ**

В атмосферной физике переходными световыми явлениями (от англ. *transient luminous events*) называют крупномасштабные оптические явления, происходящие на больших высотах в условиях повышенной электрической активности, характерной для гроз, штормов и ураганов [3.17]. Они, в частности, включают в себя обнаруженные в 1994 г. синие стартеры (от англ. *blue starters*). Это визуально наблюдаемые светящиеся выбросы, формирующиеся с верхней границы грозовых облаков на высоте  $17,7 \pm 0,9$  км, достигающие высот от 18,1 до 25,7 км и распространяющиеся со скоростью между 27 и 153 км/с [3.18]. Считается, что синие стартеры тесно связаны с другим феноменом — синими струями (от англ.

*blue jets*), имеющими среднюю стартовую высоту 17,7 км, достигающими высот  $37,2 \pm 5,3$  км и скорости в вертикальном направлении  $112 \pm 24$  км/с. Наблюдаемое время жизни синих струй составляет 200—300 мс, а угловая апертура свечения составляет примерно  $14^\circ$  [3.19, 3.20].

В настоящее время исследования указанных явлений ведут в нескольких направлениях.

Во-первых, детализируют данные о характерных размерах, спектральном составе излучения и химическом составе феноменов, строят теоретические модели процессов в них. Так, показано, что синие стартеры могут достигать высот 40—50 км. За красный цвет струи отвечает главным образом излучение  $1+$  системы азота, а за сине-голубой —  $2+$  и  $1-$  систем азота [3.20]. В ряде теоретических моделей показано, что за формирование восходящих струй отвечает накопленный на вершине грозового облака положительный заряд [3.21].

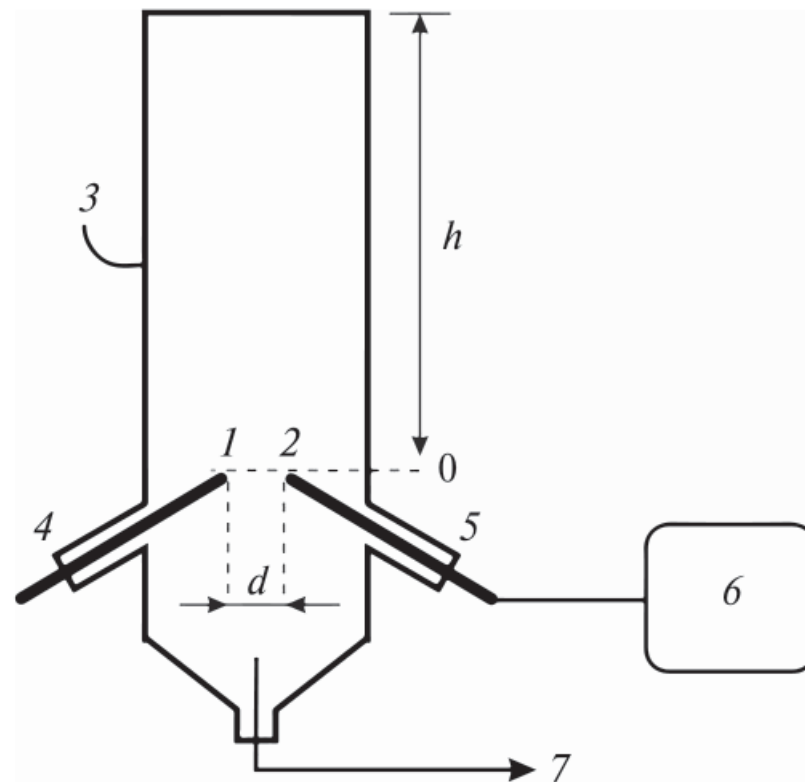
Во-вторых, природу переходных световых явлений также изучают с помощью лабораторных разрядов [3.22—3.25]. Во всех этих работах были использованы известные типы импульсного разряда, формируемые с острийных электродов в условиях, соответствующих нижним слоям атмосферы. Фактически во всех этих работах занимаются обратной задачей познания, а конкретно — реконструкцией условий, в которых формируются синие струи и стартеры в лабораторных условиях. Это связано с тем, что эти феномены наблюдаются редко, и непосредственные измерения (помимо спектральных и морфологических) на нынешнем уровне развития средств измерения невозможны.

При изучении феномена апокампа (параграф 3.1) нас поразило его внешнее сходство с синей струёй (рис. 3.9 [3.26]). И была поставлена цель реконструкции природного явления в лабораторных условиях, так что в качестве модельного объекта был взят апокамп [3.27, 3.28]. Апокамп, как было указано в параграфе 3.1, был получен и исследован только в воздухе атмосферного давления. Предстояло понять, что произойдёт с апокампом в условиях, соответствующих высотам, на которых наблюдаются спрайты и синие струи. Воспроизведём ли мы в этих условиях синие струи? Для этого была собрана установка, показанная на рис. 3.10.

Разряд зажигали между стальными электродами 1 и 2, имеющими диаметр  $\sim 2$  мм, образующими промежуток  $d = 10$  мм. Электроды помещались в цилиндрическую кварцевую камеру диаметром 5,5 см с помощью герметизирующих отростков 4 и 5. Электрод 1 находился под плавающим потенциалом, электрод 2 соединялся



**Рис. 3.9.** Фрагмент фотографии синей струи, выросшей с вершины штормовой тучи в районе острова Реньон (Индийский океан). Фотография выполнена П. Хьюетом в 1997 г. Основание струи находится приблизительно на высоте 18 км, а достигает она высоты 35 км [3.26]



**Рис. 3.10.** Схема установки:

1 — высоковольтный электрод; 2 — свободный электрод; 3 — кварцевая камера; 4, 5 — герметизирующие отростки; 6 — генератор; 7 — подача и откачка воздуха;  $d$  — межэлектродный промежуток;  $h$  — высота над межэлектродным промежутком

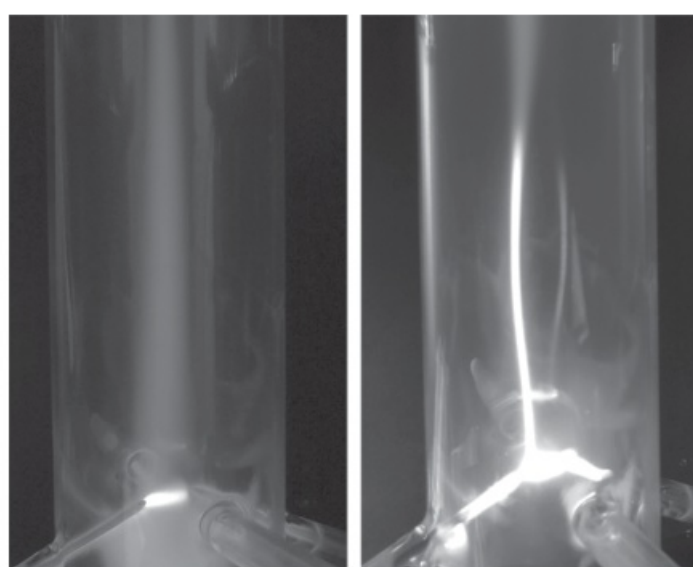
с генератором высоковольтных импульсов 6. Генератор обеспечивал импульсы напряжения положительной полярности длительностью  $\tau = 1,5\text{--}2,5$  мкс, частотой следования импульсов  $f = 16$  кГц и амплитудой до 13 кВ на холостом ходу. Для снижения давления


воздух из камеры откачивали через патрубок 7 и давление контролировали вакуумметром.

После откачки регистрировали спектры излучения и делали снимки разряда в режиме серийной покадровой съёмки с выдержкой 0,05 с и частотой  $\sim 6,4$  кадра/с.

При изменении давления газа в кварцевой камере наблюдалось изменение формы и цвета разряда, что иллюстрирует рис. 3.11: справа — разряд при давлении 79 мм рт. ст., что примерно соответствует атмосферным высотам 14 км, т.е. *условиям, в которых наблюдаются образование синих струй и стартеров*<sup>1</sup>.

Видно, что при этом давлении апокамп вытянут по всей длине колбы (250 мм) и состоит из двух частей: яркой, имеющей диаметр  $\sim 1,5$  мм, прорастающей от разрядного канала, и менее яркой, имеющей синий оттенок части, которая конически расширяется кверху (сравните с рис. 3.9 [3.26]). С ростом давления яркая часть сокращается, а вторая (синяя) удлиняется. С уменьшением давления происходит обратный процесс. При давлении  $\sim 20$  мм рт. ст. яркая часть занимает всю длину колбы, увеличивается её диаметр, а свечение с белого переходит в красно-синее, что соответствует левой части рис. 3.11.

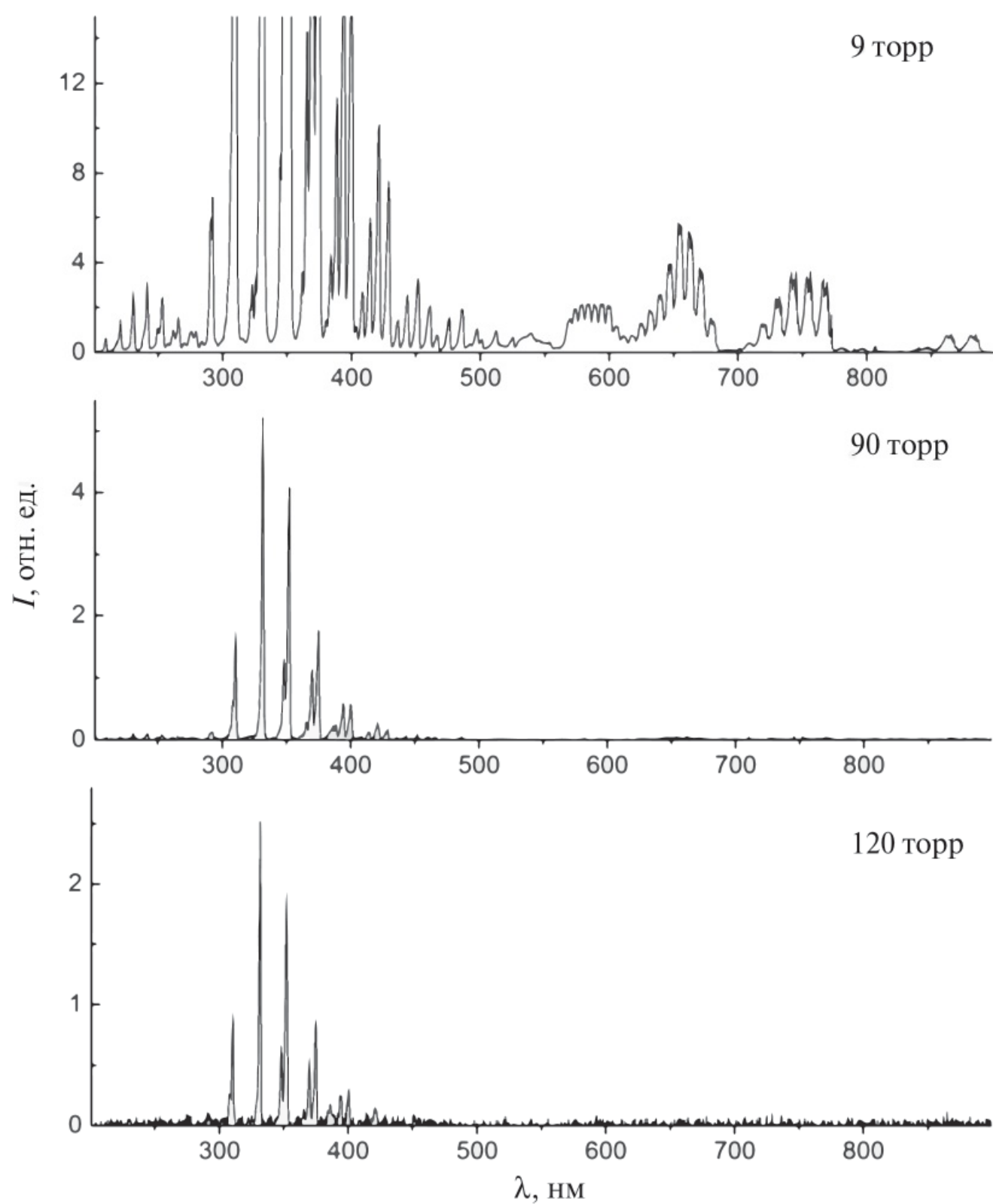


 **Рис. 3.11.** Фотографии разряда и струи в воздухе при давлении 15 (слева) и 79 (справа) мм рт. ст.

Следует отметить, что на вертикальную ориентацию апокампа не влияют стенки камеры, поскольку при атмосферном давлении апокамп был получен в открытом пространстве (п. 1 программы эксперимента, [3.6, 3.27]).

<sup>1</sup> То есть экспериментальная ситуация  $S_1$  в первом приближении соответствует ситуации  $S_2$  в атмосфере, когда развивается синяя струя.

На рис. 3.12 представлены спектры излучения при различных давлениях в камере. Экспериментально показано, что: 1) при низком давлении заметный вклад (в видимой части спектра) вносит излучение в красно-оранжевой области ( $\lambda \sim 600\text{--}670\text{ нм}$ ), в меньшей степени — фиолетовой ( $\lambda \sim 410\text{--}440\text{ нм}$ ) и синей ( $\lambda \sim 475\text{--}495\text{ нм}$ ) части; 2) с ростом давления красно-оранжевая часть спектра становится исчезающе малой, и основной вклад в свечение вносят фиолетовый и синий компоненты [3.28].



**Рис. 3.12.** Спектры излучения апокампа при различных величинах давления,  $h = 5\text{ см}$

В природе наблюдаются аналогичные изменения: чем больше высота, на которой формируется переходное световое явление, тем сильнее выражено красно-оранжевое свечение.

Полученные данные позволяют заключить, что апокамп **в условиях низких давлений обладает признаками, присущими синим струям и стартерам, наблюдаемым в природе.** Перечислим их:

1) апокамп формируется только при положительной полярности напряжения на высоковольтном электроде, при разряде на электрод с плавающим потенциалом, что соответствует модели синих струй, предложенной в [3.21];

2) форма струи соответствует наблюдаемым в природе феноменам. Так, при типичных для возникновения синих струй высотах  $\sim 14$  км (соответствующих давлениям около 80 мм рт. ст.) апокамп имеет форму конической струи с узким каналом прорастания. Стартеры в природе достигают высот до 30—50 км (что соответствует давлениям 8,98 и 0,59 мм рт. ст. соответственно). В таких условиях на нашей установке мы наблюдаем многократное расширение диаметра струи. Тем самым экспериментально наблюдается увеличение диаметра плазменной струи с ростом давления;

3) спектры излучения апокампа при пониженных давлениях также соответствуют натурным наблюдениям, когда по мере продвижения стартера или струи вверх она меняет свой цвет с белого на синий и голубой (14 км, 80 мм рт. ст.) и далее на красно-оранжевый ( $< 30$  км,  $< 10$  мм рт. ст.).

Таким образом, **предложенная установка** (оператор, созданный на основе оператора-предшественника) **позволяет экспериментально моделировать спрайты и синие струи.**

Следует отметить, что в дальнейшем можно будет усложнять эксперименты, например, добавляя в камеру пары воды, кристаллики льда и другие частицы, подсвечивать апокамп сверху источником рентгеновского излучения, т.е. вносить в него факторы, отвечающие развитию переходных световых явлений в природе.

### *Выводы по лекции 3*

3.1. На примере экспериментальных исследований феномена апокампа проиллюстрированы стратегия и тактика решения прямой задачи познания.

3.2. На примере экспериментальной реконструкции феномена синих струй проиллюстрированы стратегия и тактика решения обратной задачи познания.



### Рекомендации и задания по лекции 3

3.1. Пользуясь материалами лекции 3, определите, в какой момент времени апокамп стал объектом внимания, объектом исследования и предметом исследования (в том числе используйте рис. 1.1).

3.2. Что стало причиной старта исследований апокампа и синих струй — Встреча с Чудом или Встреча с Фактом?

3.3. Что было объектом и предметом исследования в параграфах 3.1 и 3.2?

3.4. На каком этапе развития к моменту подготовки материалов этой лекции находилась целенаправленная система наблюдения? (Для ответа воспользуйтесь рис. 1.2.)

3.5. Применим ли к описанным в лекциях ситуациям афоризм *Луи Пастера*<sup>1</sup>: «Случайные открытия делают только подготовленные умы»?

3.6. Проверьте, обладают ли методы и операции, использованные для исследований феномена апокампа (параграфы 3.1 и 3.2), признаками научных методов исследования, для чего используйте их формулировку из параграфа 2.2.

---

<sup>1</sup> *Луи Пастер* (1822—1895) — французский микробиолог и химик, член Французской академии (1881). Изучая физические свойства винной кислоты, объяснил, почему винная и виноградная кислоты, обладающие одним и таким же удельным весом и химическим составом, по-разному действуют на поляризованный свет. Наблюдая за кристаллами под микроскопом, выделил два типа, являющихся зеркальным отражением друг друга. Эта работа легла в основу будущей научной дисциплины — стереохимии. Занимаясь винной кислотой, заинтересовался процессом брожения и доказал, что этот процесс брожения (как и ряд человеческих заболеваний) имеет микробиологическую природу (подробнее см. в [3.29, с. 98—126]).

## Лекция 4

# ПРОТОКОЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Вода превратилась в пар или в лёд — мы спрашиваем: почему? Вопрос имеет смысл только в том случае, если мы вперёд решили, что пар — это не вода, и лёд тоже не вода. Что, стало быть, было одно, а потом появилось другое, и мы хотим объяснить себе, как одно превращается в другое, как появляется на земле «новое». Но если бы не было нас, т.е. существ, для которых «не всё равно», т.е. существ желающих, стремящихся и соответственно своим желаниям и стремлениям «оценивающих», то пар или лёд вовсе и не представляли бы сравнительно с водой чего-либо «нового», «иногo»<sup>1</sup>.

*Лев Исаакович Шестов (1866—1938) — русский философ-экзистенциалист*

И осознанный выбор средств измерения, и сами измерения, и запись их результатов, а также то, как они выбраны и проведены, как сложены и изложены, — всё это зависит от субъекта познания — экспериментатора. Признавая за субъектом право на субъективизм, мы тем не менее не должны опускать руки и стараться его минимизировать. Для этого есть зарекомендовавшие себя правила и приёмы.

В этой лекции будут рассматриваться вопросы фиксации экспериментальных данных и вопросы влияния экспериментального оборудования на результаты исследований. Авторы надеются, что изложенный материал приучит читателя к мысли о том, что к данным экспериментов необходимо относиться с уважением.

Во-первых, данные необходимо сохранять на носителях. Зафиксировав на носителе информацию, вы снижаете вероятность того, что она забудется или потеряется. Кроме того, в момент фиксации вы совершаете работу по осмыслению нового, учитесь формулировать результат в чёткой и понятной форме. Для фиксации данных иногда удобно использовать протоколы проведения экспери-

---

<sup>1</sup> [4.1, с. 198—199].

ментов — своего рода «кости», на которые вам необходимо нарастить «мясо» данных (см. параграф 4.1).

Во-вторых, будьте уверены: как только вы выделите в объекте исследования предмет, столкнётесь с острой необходимостью кардинального изменения системы наблюдения. Пассивное наблюдение здесь не поможет. То есть чтобы открыть новые грани явления, надо создать с нуля или усовершенствовать старые экспериментальные приборы — специализированные операторы  $Q$  для проведения сравнений и измерений (см. параграф 4.2).

#### 4.1. ФИКСАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Дадим несколько практических рекомендаций о том, как записывать результаты экспериментов. Они могут показаться читателю очевидными, но сколько данных было потеряно! А всё потому, что именно этой очевидностью пренебрегали.

Во-первых, записывайте данные здесь и сейчас, т.е. немедленно и на месте проведения эксперимента или наблюдения. Записывайте как хотите, лишь бы данные были понятны вам самим. Неверные значения не исправляйте, а зачёркивайте и пишите рядом правильные. В ходе живого эксперимента с несколькими участниками нередко нет времени для аккуратного оформления данных. Но должен быть хотя бы один человек, ответственный за их сохранение. Он должен уметь не только записать, но и расшифровать потом свои заметки. Аналогично делайте эскизы экспериментальных установок. По мере проведения опытов вносите в свои эскизы добавления и исправления. Причём неважно, как вы ведёте записи — на листках, в рабочих журналах или на компьютере. Важно лишь то, чтобы они оставались максимально информативными и поддавались вашей расшифровке после окончания опыта. Датируйте свои записи и насколько позволяет процедура эксперимента фиксируйте время записи данных.

Во-вторых, закончив серию экспериментов, принудительно сделайте паузу для преобразования полученных данных в графики, таблицы и рисунки. Старайтесь оформить их так, чтобы работало золотое правило «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать». В ходе работы часто выявляются недочёты в процедуре проведения опытов, ошибки в записях и появляются идеи о том, какие дополнительные опыты следует поставить, чтобы закрепить результат. Кроме того, используйте паузу, чтобы переписать данные о задей-

ствованных в опытах приборах — их характеристиках, производителях, дате поверки и т.д.

В-третьих, если работа идёт в коллективе, то обработанные данные следует показать коллегам. Это увеличит вероятность выявления ошибок в построении графиков и схеме экспериментальной установки. Кроме того, это может стать источником дополнительных идей, которые следует проверить.

В-четвёртых, сохраняйте все полученные результаты, как первичные, так и вторичные.

Понятно, что первичные записи должны быть ёмкими и ясными хотя бы для того, кто их ведёт. В некоторой степени этому может поспособствовать оформление записей в соответствии с протоколом экспериментального исследования.

Протокол научного исследования — это фиксация изменений в объекте исследования, которые мы либо наблюдаем в нём, либо вызываем целенаправленно. Поэтому он может быть реализован тройко, как будет показано ниже.

1. *Протокол первичного наблюдения.* Когда данных о ситуации очень мало, то применяется оператор сравнения  $Q_{ref1}$  двух ситуаций между собой, т.е. в символической записи  $(S_1) - Q_{ref1} - (S_2)$ . Например, наблюдая за гусеницей, мы можем увидеть, что она выросла, т.е., применяя оператор сравнения, получаем  $(S_1) \neq (S_2)$ .

Здесь начинает формироваться объект внимания (параграф 1.1).

2. *Протокол уточняющих наблюдений.* В ходе первичного сравнения выявляются ресурсы, необходимые для существования ситуаций, и тогда применяется оператор  $Q_{ref1}$  двух ситуаций с известными ресурсами, т.е. условий проявления феномена или процесса  $(R_1, S_1) - Q_{ref1} - (R_2, S_2)$ . В сюжете с гусеницей ресурсами могут выступать промежутки времени (тогда  $R_1$  отвечает моменту времени  $t = 0$ , т.е. начала наблюдений, а  $R_2$  — момент окончания наблюдений). Но за изменение ситуации здесь могут отвечать и другие ресурсы, например, вещественные — потребляемая гусеницей пища (как её общая масса, так и прирост её аппетита, т.е.  $(R_2 - R_1)/(t_2 - t_1)$ ). Дальнейшие наблюдения за гусеницей могут выявить другие ресурсы, например, влияние солнечного света (полевой ресурс) на её аппетит и рост и т.п.

Так или иначе, чтобы не упустить ничего важного, что позволит нам выявить механизм роста гусеницы, следует вести протокол наблюдений (табл. 4.1).

Здесь окончательно формируется объект нашего внимания (параграф 1.1).

Простейший протокол для фиксации данных

Ресурс	Описание ситуаций	
	$S_1$	$S_2$
$R_1$		
$R_2$		
...		

3. *Протокол целенаправленных наблюдений.* В ходе уточнённого сравнения нередко можно поставить цель наблюдения, т.е. первую гипотезу относительно объекта внимания, который теперь становится объектом эксперимента (параграф 1.1). Пусть выдвинута гипотеза о том, что освещение влияет на развитие гусениц (т.е. поставлена первая цель  $Z$ , надо доказать это или опровергнуть). Соответствующий протокол в самом общем виде представлен на рис. 4.1. Согласно протоколу выделяются *контрольные* и *тестовые* (экспериментальные) *объекты исследований*. Затем проводят испытания, т.е. собственно изучают с помощью операторов сравнения  $Q_{ref}$  состояние этих объектов до и после воздействия старым и новым операторами  $Q_{old}$ ,  $Q_{new}$ . Причём  $Q_{old}$  отсутствует, а оператор  $Q_{new}$  — это либо способ, с помощью которого гусеницу лишают доступа к свету либо щедро освещают.

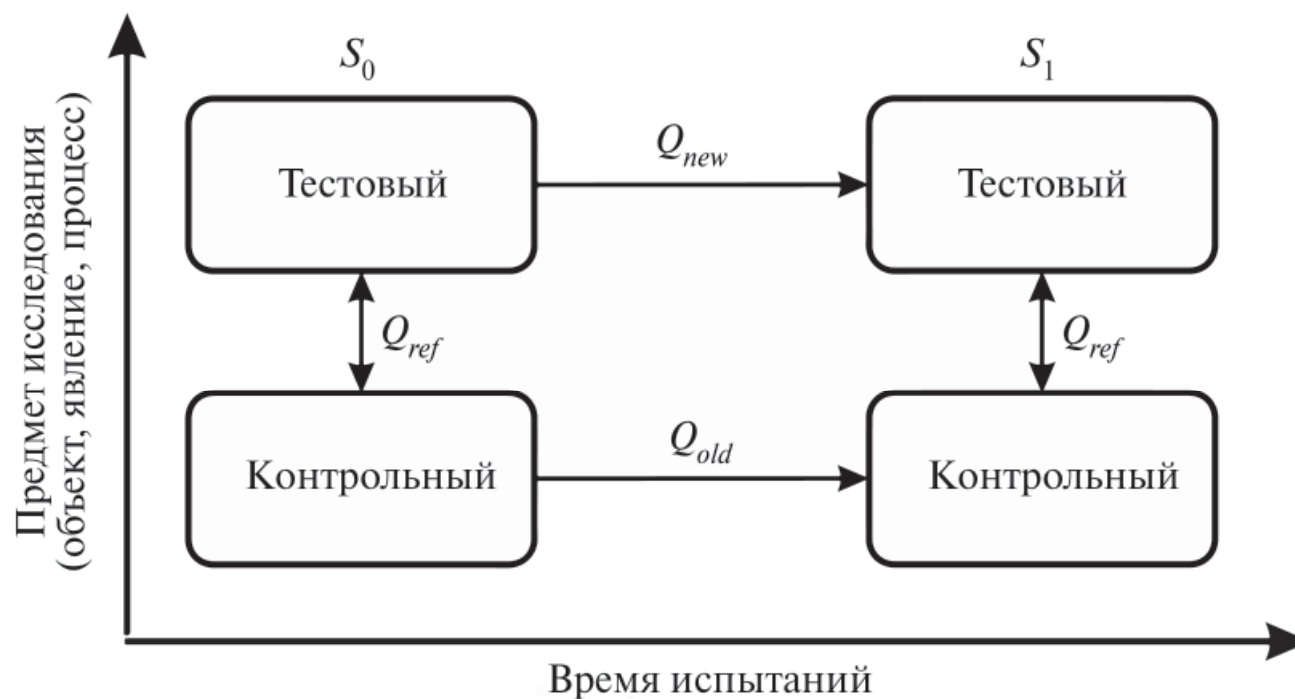


Рис. 4.1. Общая структура эксперимента:

$S_0$ ,  $S_1$  — начальное и конечное состояния объекта исследования;  $Q_{ref}$  — оператор сравнения;  $Q_{old}$ ,  $Q_{new}$  — старый и новый методы воздействия

В результате данные фиксируются в таблице, одним из возможных вариантов которой является табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Протокол фиксации данных  
при целенаправленном наблюдении**

Оператор	Ресурс	Описание ситуаций		Вероятность достижения цели $Z$
		$S_0$	$S_1$	
$Q_{old}$	$R_0$			
	$R_1$			
	...			
$Q_{new}$	$R_0$			
	$R_1$			
	...			

Пусть выяснилось, что освещение однозначно влияет на гусениц в разных условиях ( $R_i, S$ ), т.е. наша гипотеза подтверждается<sup>1</sup>.

4. *Протокол выявления механизмов воздействия.* После того как первичная цель достигнута, эксперимент разветвляется. В частности, в случае с гусеницей выяснилось, что:

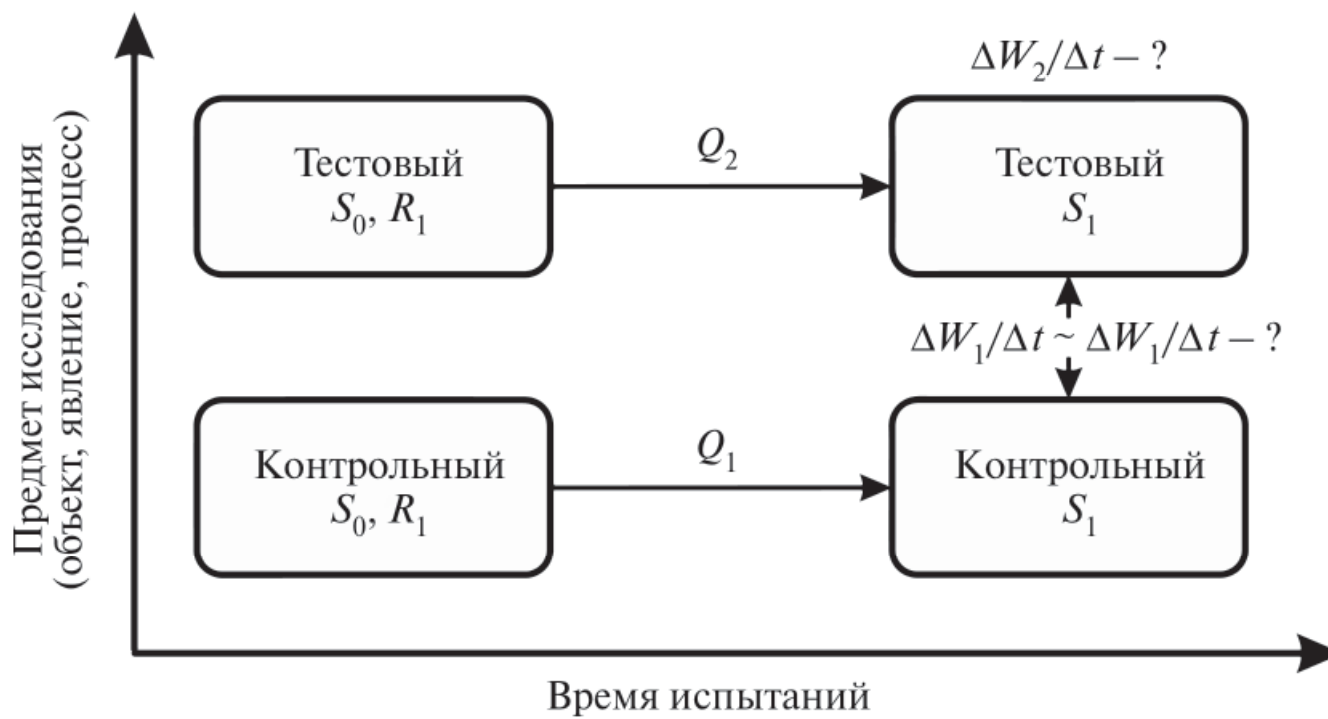
«...Факторы внешней среды действуют на насекомых не изолированно, а во взаимной связи, поэтому, кроме света, здесь могут оказывать влияние и другие условия. <...> Выявлено, что предпочитаемая насекомыми температура на свету и в темноте может отличаться на несколько градусов (Боденгеймер и Шенкин, 1928). Экспериментально установлено, что нормальный суточный ритм активности насекомых, например, гусениц тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) и китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* Guer.), может быть изменен искусственным световым режимом. В опытах Мура и Кола (1921) личинки японского жука (*Popillia japonica* Newm.) ползали тем

<sup>1</sup> В правой колонке табл. 4.2 этому будет отвечать увеличение вероятности достижения цели для пар ( $Q_{new}, R_i$ ).

быстрее, чем ярче было освещение (испытывались 5 градаций яркости света — от 85 до 3276 свечей). По данным Сэйли (1928), темпы метаболизма у личинок стрекозы *Aeschna umbrosa* Wlk. в темноте постепенно снижаются, а длительное содержание личинок без освещения ведет даже к их гибели. Согласно Р.С. Ушатинской (1961), у гусениц китайского дубового шелкопряда активность каталазы выше при коротком световом дне, а активность цитохромоксидазы, как и сукцинооксидазы, наоборот, повышается при длинном световом дне. Гусеницы при длинном световом дне растут быстрее и оказываются более крупными, чем при коротком, хотя продолжительность их развития и остается одинаковой» [4.2, с. 179—180].

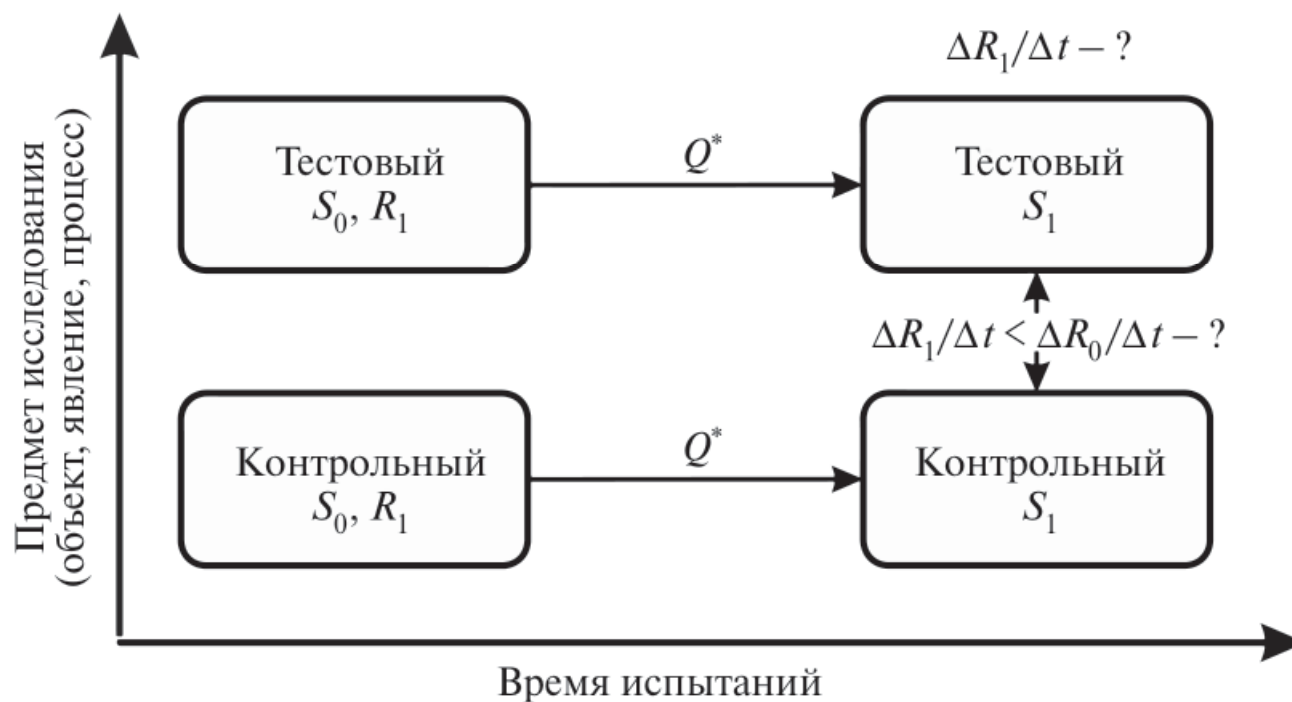
Другими словами, наблюдения за гусеницами привели к ряду предметов исследований, включая взаимовлияние различных ресурсов (температуры, влажности и освещенности) на развитие гусеницы.

Здесь активно формулируются новые гипотезы и ставятся эксперименты, уточняющие вклад того или иного механизма в поведение объекта исследований. Для этого в том числе используются схемы проведения экспериментов, показанные на рис. 4.2 и 4.3.



**Рис. 4.2.** Схема уточнения механизма явления ( $Q_1$ ):

$S_0, S_1$  — начальное и конечное состояния предмета исследования;  $Q_1$  — неизвестный механизм явления, процесса;  $Q_2$  — модельный механизм. Результат исследования: если при использовании оператора  $Q_2$  величины  $\Delta W_1/\Delta t \sim \Delta W_1/\Delta t$ , то велика вероятность того, что  $Q_2 \sim Q_1$



**Рис. 4.3.** Схема исследования ресурса:

$S_0, S_1$  — начальное и конечное состояния предмета исследования;  $Q^*$  — оператор. Результат исследования — это оператор сравнения между расходом старого ( $R_0$ ) и нового ( $R_1$ ) ресурсов за время испытаний

На этом этапе потребность в использовании специализированных измерительных приборов высока, как никогда ранее. Так, если в протокол первичного наблюдения мы могли вносить измерения, сделанные «на глазок», то последующие протоколы (табл. 4.1, 4.2) уже не дадут достоверных результатов, если не использовать хотя бы простейшие измерительные инструменты — операторы сравнения  $Q_{ref}$  — линейки, весы, термометры и т.д. Это соответствует появлению в системе наблюдения специализированного рабочего органа  $PO_2$ , дополняющего возможности нашего тела ( $PO_1$ ) и одновременно обеспечивающего выполнение главной полезной функции системы — наблюдения за объектом (рис. 1.2, б). В лекции 1 мы зафиксировали это как переход к антропотехнической системе наблюдения «человек + объект техники».

Кроме того, поскольку предметов исследований стало много и существуют подозрения об их взаимосвязи, необходимо доказывать существование между теми или иными факторами (ресурсами, побочными продуктами и операторами) *корреляций* [4.3]. Об этом речь пойдёт в лекции 5.

И ещё: простые операторы сравнения при переходе к предмету исследований становятся непригодными для экспериментов. Достаточно обратиться к задаче определения влияния света на активность каталазы, цитохромоксидазы и сукциноксидазы у гусениц. Ни «на глаз», ни с помощью линейки или весов её не решить! Для



этого нужно создавать соответствующий оператор. Чем не мотив для работы по созданию или усовершенствованию новых измерительных приборов ( $Q$ ), которых до сих пор не было?

Это тоже часть экспериментальной работы, без которой мы были бы вынуждены довольствоваться результатами простых наблюдений.

#### **4.2. ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ**

Лучше всего продемонстрировать то, как применяемое оборудование влияет на результаты экспериментов, на примерах. Но прежде чем мы это сделаем, следует запомнить несколько простых рекомендаций по созданию и изменению аппаратуры для научных исследований.

Во-первых, хорошая экспериментальная установка (или схема наблюдения) — это установка, в которой *нет ничего лишнего*. В сюжете с изучением длины гусениц (параграф 4.1) можно применять обычную измерительную линейку, а можно пойти другим путём — фотографировать гусениц и лишь затем, после получения фотографий, определять по ним длину объекта. Ясно, что второй путь более замысловатый, увеличивающий ошибку измерения, он пригоден лишь для редких случаев, если по каким-то причинам гусениц нельзя трогать руками.

Во-вторых, *совершенствуя установку, совершенствуйтесь сами*, а конкретно — по возможности старайтесь изготовить тот или иной узел или блок установки самостоятельно. Это позволит вам практически понять, какие ресурсы и операторы совместимы с целью эксперимента, а какие нет<sup>1</sup>. В сюжете с синими стартерами и струями (параграф 3.2) электроды можно было впаять прямо в стенки кварцевой камеры, можно было посадить на герметик, можно было вставить в резиновые трубки малого диаметра и т.д. В ходе испытаний победил последний вариант, так как он:

- позволяет оперативно заменять одни электроды на другие, устанавливать их на разных расстояниях и т.п., т.е. расширяет поле исследований ( $R, S$ );

---

<sup>1</sup> Для этого при проектировании экспериментальных установок (в естественных науках) или социально-психологических схем наблюдения заинтересованный читатель может использовать арсенал теории решения изобретательских задач и (или) стандарты на решение задач социального конструирования [4.4].

- обеспечивает стабильность давления при краткосрочных испытаниях.

В-третьих, если для изготовления экспериментальной установки вам всё-таки требуется помощь стороннего специалиста (химика, стеклодува, программиста, электрика и т.д.), то расскажите ему *простым языком и в деталях* не только о том, что необходимо изготовить, но и с какой целью *Z* ставится эксперимент. Это уменьшит вероятность рассогласования ваших планов и профессиональных шаблонов, на которые ориентируется данный специалист.

#### 4.2.1. Изучение феномена звука

Звук становится объектом внимания тех, кто задаётся вопросом, что есть звук. Но объектом эксперимента он становится после того, как задаются дополнительные вопросы:

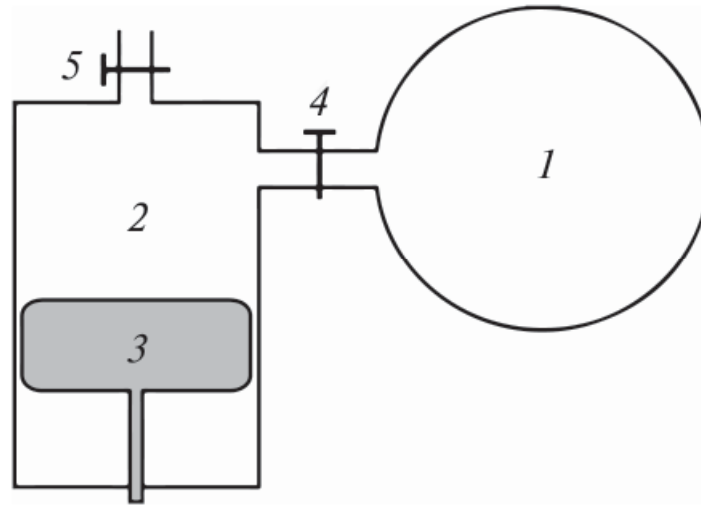
- что позволяет нам слышать что-либо, происходящее где-то далеко;
- почему одни звуки «приятны» на слух, а другие нет;
- чем эхо отличается от обычного звука и т.п.

Эти вопросы, в свою очередь, порождают различные предметы исследований.

Так, *Отто фон Герике*<sup>1</sup> поставил вопрос: что является ресурсом (*R*) для феномена звука, т.е. какая среда переносит звук от его источника к уху?

Для ответа на него учёный использовал специальный оператор — созданный им самим воздушный насос (рис. 4.4). Принцип работы оператора состоял в поэтапном разрежении воздуха в откачиваемом объеме с помощью передвижения вниз поршня *3* при открытом вентиле *4* и закрытом вентиле *5* и последующем вытеснении воздуха из насоса через открытый *5* и закрытый вентиль *4* за счёт движения поршня *3* вверх.

<sup>1</sup> *Отто фон Герике* (1602—1686) — немецкий физик и изобретатель. Изобрёл первый метеорологический оператор — водяной барометр (1657), с помощью которого впервые (1660) предсказал бурю за два часа до её начала; изобрёл один из первых операторов для получения электричества (1663), с помощью которого обнаружил (1672) свечение заряженного электричеством шара в темноте (т.е. открыл явление электролюминесценции); изобрёл оператор вакуумной откачки (1650), с помощью которого доказал наличие давления, упругости и веса воздуха, а также его способность проводить звук.



**Рис. 4.4.** Воздушный насос Герике:

1 — откачиваемый объём; 2 — цилиндр; 3 — поршень; 4, 5 — вентили

Далее Герике поставил следующий эксперимент. В специальный сосуд, соединённый с насосом, был помещён часовой механизм, который через равные промежутки времени ударял по размещённому в этом же сосуде колоколу. С помощью насоса из сосуда постепенно удаляли воздух, что приводило к отчётливому снижению звука колокола. То есть, удаляя воздух (материальный ресурс  $R$ , который согласно гипотезе экспериментатора вызывал звук), Герике «на слух» доказал от противного, что для распространения звука нужна среда. И на этом он не остановился:

«Может ли звук распространяться через другие среды? Герике решил эту задачу с помощью великолепного эксперимента, который, пожалуй, вряд ли можно назвать физическим. Он заставлял колокол звучать каждый раз, когда рыбе в озере бросали хлеб. Затем он звонил в колокол, когда хлеб не бросали, и заметил, что рыба при этом все равно появлялась (этот эксперимент напоминает позднейшие опыты Павлова, изучавшего условные рефлексы у собак<sup>1</sup>). Некоторые физики отказывались признать эксперимент убедительным, утверждая, что рыба могла *видеть* (курсив наш. — Прим. авт.), как звонят в колокол. Но позднее результат опыта Герике был подтвержден водолазами, которые слышат звук под водой.

Таким образом, звук переносится материальной средой. Насколько быстро он распространяется? То, что скорость звука может быть измерена, очевидно каждому, кто наблюдал на расстоянии какое-нибудь действие, порождающее звук, — удар спортсмена по мячу или удар дро-

<sup>1</sup> То есть если бы Герике обратил внимание на феномен *подкрепления* поведения рыбы (как сказали бы физиологи), то стал бы автором ещё одного открытия в форме поризма (см. параграф 2.1).

восека топором: звук слышен заметно позже, чем видно действие, в результате которого появляется звук. Ещё одним всем известным примером может служить удар грома вслед за вспышкой молнии» [4.5, с. 60].

Тем не менее, чтобы измерить скорость звука, одного уха и глаза мало, нужен специальный оператор. И он был реализован (как сложная антропотехническая система наблюдения) группой членов Французской академии наук в 1738 г. Для этого каждые полчаса стреляли из двух пар пушек, расположенных друг от друга на расстоянии около 30 км. Стрельба через регулярные интервалы позволяла экспериментаторам точно фиксировать время стрельб и время, когда звук выстрела добирался до наблюдателя. В итоге измеренное значение скорости звука составило 332 м/с.

И в опытах Герике, и в опытах французов результат не был бы получен:

- без создания под новую цель  $Z$  экспериментальной деятельности нового оператора  $Q$ ;
- без перехода от пассивного наблюдения (рис. 1.2, *a*) к выделению рабочего органа в качестве инструмента (рис. 1.2, *б*) и далее к оснащению инструмента собственным двигателем, связанным через трансмиссию с РО. А в опытах со стрельбами даже источник энергии для возбуждения звуковой волны (пушечный порох) уже был отделён от наблюдателя (рис. 1.2, *в, г*).

Часто для получения надёжных экспериментальных данных требуется кропотливая работа с трансмиссией, что иллюстрируется следующим историческим сюжетом.

#### 4.2.2. Измерение давления света

11 августа 1900 г. *П.Н. Лебедев*<sup>1</sup> выступил в Париже с докладом об экспериментальном доказательстве светового давления на твердые тела (предварительное сообщение о своих опытах Лебедев сделал 17 мая 1899 г. в Физическом обществе г. Лозанны). Этот результат поставил его в ряд первых (по научной значимости и мастерству проделанной работы) физиков-экспериментаторов мира и привел к избранию членом-корреспондентом Российской академии наук (1905) и почётным членом Королевского института Великобритании (1910).

---

<sup>1</sup> *Пётр Николаевич Лебедев* (1866—1912) — выдающийся русский физик-экспериментатор, создатель первой в России научной физической школы, профессор Московского университета (1900—1911) (см. [2.7, с. 6–64]).

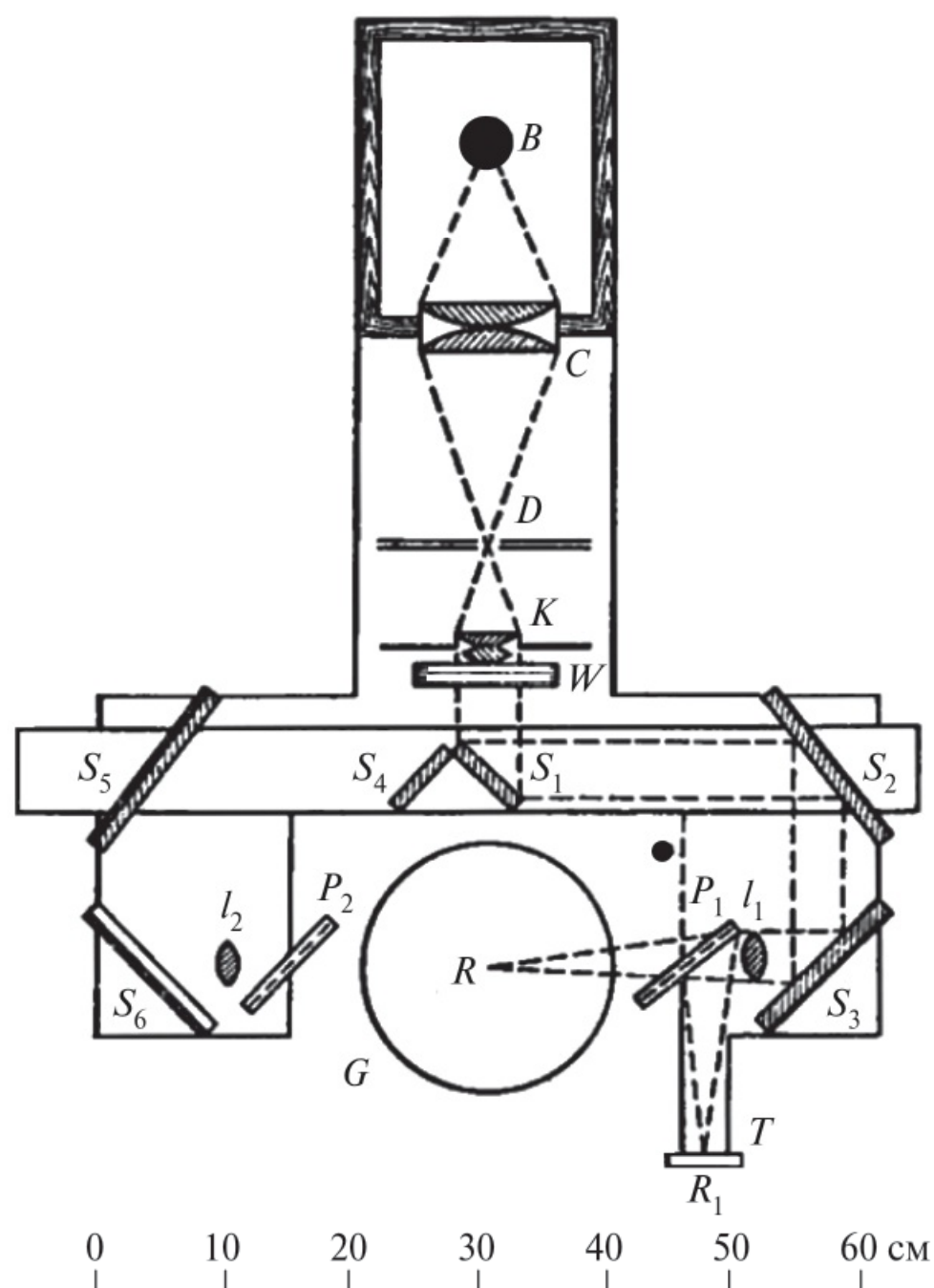
Рабочим органом прибора, созданного П.Н. Лебедевым, были очень чувствительные крутильные весы [4.5]. На тонкой нити подвешивалась лёгкая рамка с укреплёнными на ней крылышками из металлической фольги — светлыми и чёрными дисками толщиной до 0,01 мм. Рамка помещалась внутрь сосуда, из которого откачали воздух. Излучение, попадая на крылышки, оказывало на светлые и чёрные диски разное давление, поэтому возникал вращающий момент и нить подвеса закручивалась. По углу закручивания нити и определялась величина давления излучения.

В ходе экспериментов выяснилось, что работу весов сопровождал нежелательный радиометрический эффект, т.е.  $W$ . Он состоит в том, что, поскольку полностью откачать воздух из сосуда было нельзя, а сторона крылышек, обращенная к источнику излучения, нагревалась сильнее, молекулы воздуха, ударяющиеся о нагретую сторону крылышка, передавали ему бóльший импульс. Это изменяет вращающий момент и ставит вопрос, измеряют ли весы давление света.

Вид экспериментальной установки Лебедева целиком показан на рис. 4.5 [4.6]. В ходе дальнейших измерений выяснилось, что величина радиометрического эффекта может превышать давление света в тысячи раз.

Как быть? Чтобы скомпенсировать радиометрический эффект, сам того не подозревая, Лебедев применил оператор предварительного антидействия. Для этого (до акта измерения давления света) он заранее совершал «антидействие», облучая обратные стороны крылышек. Это удачная иллюстрация полезности разворачивания как системы, так и антисистемы (параграф 2.3, рис. 2.3).

И в самом деле сначала Лебедев осознал необходимость достижения как цели ( $Z_1$ ), так антицели ( $-Z_1$ ) (это, напомним, развёртывание деятельности на уровне цели). Далее он поставил задачу поиска соответствующих операторов ( $Q_1$  и  $-Q_1$ ) для достижения целей. Если удаётся создать оба эти оператора, то становится возможным ставить цель  $Z^*$ , сочетающую в себе признаки  $Z_1$  и  $-Z_1$ , — это свёртка на уровне цели. Далее начинается решение инженерных задач: на основе операторов  $Q_1$  и  $-Q_1$  строятся операторы  $Q_2$  или  $-Q_2$ , для которых специально отбираются ресурс  $R_1$  (для повышения вероятности достижения цели  $Z_1$ ) и побочный продукт  $W_1$  (для повышения вероятности достижения антицели  $-Z_1$ ), — это развёртывание на уровне ресурсов и нежелательных эффектов. На практике это означает существенное увеличение наших знаний о ресурсах и побочных продуктах в заданном целевом звене. Для чего? Чтобы экспериментально повысить вероятность достижения цели (доказательство давления света) до возможного максимума.



**Рис. 4.5.** Установка Лебедева для измерения давления света:

$B$  — дуговая лампа;  $W$  — кювета с водой;  $S_1$ – $S_6$  — зеркала;  $R$  — место размещения нити с крылышками;  $P_1$  и  $P_2$  — светоделительные пластинки для подачи излучения на термоэлемент и измерения его интенсивности;  $C$  — конденсор;  $K$  — линза;  $D$  — металлическая диафрагма;  $T$  — термобатарея;  $l_1, l_2$  — линзы;  $G$  — стеклянный баллон;  $R_1$  — изображение диафрагмы  $D$  на поверхности термобатареи. Зеркала  $S_1, S_4$  позволяют направлять свет на различные стороны крылышек [4.6]

На языке теории ЦСД это означает, что экспериментатор продолжил испытания множества  $R$  и  $W$  с тем, чтобы отобрать такие из них ( $R_2$  и  $W_2$ ), которые лучше всего отвечают надёжной работе оператора  $Q^*$ , способного по нашему желанию достигать цели  $Z^*$ , — это свёртка системы на уровне оператора (рис. 2.3). В идеале возникает система, которую можно тонко настраивать на падающий световой поток, т.е. измерять давление света в широком диапазоне условий, ресурсов и побочных продуктов.

В наше время, когда весьма развита автоматизация экспериментов, можно уверенно сказать, что П.Н. Лебедев пошёл бы дальше и создал *автономную* систему, которая сама управляла бы работой оператора  $Q^*$ , применяя для этого универсальный ресурс  $R^*$ , который может быть использован для достижения цели  $Z^*$ , и тогда была бы получена полностью *свёрнутая* система.

#### *Выводы по лекции 4*

4.1. Даны практические рекомендации по ведению записей в ходе эксперимента.

4.2. Предложена классификация протоколов исследований, которая включает протоколы первичных и уточняющих наблюдений, а также протоколы целенаправленных наблюдений и выявления механизмов явлений или процессов. Классификация привязана к этапам развития целенаправленной системы наблюдения (измерения).

4.3. Даны практические рекомендации по созданию и совершенствованию экспериментальной аппаратуры.

4.4. На примерах из истории физики показано, что решающее влияние на получение новых результатов оказывают операторы, применяемые для достижения цели.

#### *Рекомендации и задания по лекции 4*

4.1. Используйте правила фиксации результатов, которые вкратце состоят в следующем: 1) записывайте данные здесь и сейчас; 2) закончив серию экспериментов, принудительно делайте паузу для преобразования полученных данных в графики, таблицы и рисунки; 3) если работа идёт в коллективе, то обработанные данные покажите коллегам; 4) сохраняйте все полученные результаты, причем как первичные, так и вторичные.

4.2. Перед началом эксперимента составьте его схему — протокол. Это позволит заранее уточнить, что именно вы собираетесь делать, т.е. цель проведения эксперимента и средства её достижения.

4.3. Пользуйтесь простыми правилами проектирования экспериментальных установок:

1) в хорошей экспериментальной установке (или схеме наблюдения) нет ничего лишнего;

2) оценивайте ресурсы и операторы на предмет совместимости с целью проведения эксперимента и проверяйте степень совместимости практически;

3) привлекая к созданию экспериментальной установки сторонних специалистов, старайтесь сделать их своими союзниками в достижении цели, а не пассивными исполнителями.

4.4. Чтобы не делать лишней работы, перед тем как начать вносить в свою установку усовершенствования, определите, на каком этапе находится ваша целенаправленная система наблюдения (измерения) (для

этого воспользуйтесь рис. 1.2 и представлениями о полноте системы, параграф 1.2).

4.5. В работе «Криминалистическое исследование разбитого и простреленного стекла» (1937) *С.Н. Матвеев* обратил внимание на особенности рельефного рисунка на ребрах простреленного стекла. Поверхность ребер стекла при этом имела волнообразное рельефное строение, представляющееся глазу в виде пучка дуг, идущих от одного края ребра к другому. Произведя серию экспериментов, он установил, что эти пучки дуг всегда к одной стороне ребра сближаются, а от другой расходятся. При этом сближающиеся концы дугообразных возвышений на ребрах стекол радиальных трещин обращены в сторону, откуда пуля вошла, а на поверхности ребер концентрических трещин — в противоположную сторону, т. е. в сторону, откуда пуля вышла [4.7]. Таким образом, стало ясно, как определять направление движения пули, попавшей в стекло, т.е. Матвеев создал специализированный оператор  $Q$ .

Если бы вы проводили эти эксперименты, то какой протокол взяли бы за основу? Будет ли он отличаться от протоколов, показанных на рис. 4.1–4.3, и если да, то как? Какие ресурсы и побочные продукты исследуемой ситуации можно использовать, чтобы поставить эксперименты по расширению сферы действия оператора Матвеева? Предложите свои идеи, а потом загляните в сравнительно недавнюю статью [4.8].

4.6. При постановке опытов по влиянию электричества на организм животных (1745) *Георг Рихман* сделал вывод: «Маленькие животные, например, кошки и собаки, страдают от электризации больше, нежели крупные» [4.9, с. 209]. Аналогичные результаты были получены в опытах с птицами. Возникла задача: как перейти от качественных рассуждений о «страданиях» животных, выражаемых категориями «больше/меньше», к количественным, измеряемым величинам воздействия<sup>1</sup>. Рихман попробовал выяснить, меняется ли обращение крови у животных, подвергаемых электризации, и показал, что этого не происходит. Аналогичные опыты были проведены немецкими физиками, и тоже безрезультатно.

Какой протокол исследований был использован Рихманом? Подумайте, какие ресурсы, побочные продукты и операторы можно было бы использовать, чтобы поставить новые эксперименты, подтверждающие или опровергающие вывод Рихмана и со товарищей.

---

<sup>1</sup> Отчасти для этого, кстати, Рихман усовершенствовал электростатическую машину (для производства электричества) и электрометр (для измерения этого электричества).



## Лекция 5

# ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Измеряй всё доступное измерению и делай доступным всё недоступное ему<sup>1</sup>.

*Галилео Галилей* (1564—1642) — итальянский физик, механик, астроном, философ и математик

Что такое общее? — Единичный случай.

Что такое частное? — Миллионы случаев<sup>2</sup>.

*Иоганн Вольфганг фон Гёте*

Пусть вы провели опрос знакомых и сделали вывод: сигареты с ментолом предпочитают блондинки. *В рамках научного исследования* вам следует доказать, что:

- это справедливо для блондинок, проживающих не только в городе (районе) вашего проживания (поскольку пристрастия людей в разных местах проживания различаются), а если нет, то выявить конкретные районы (города, регионы), где ваш вывод применим;
- крашенные блондинки (которые, как назло, не хотят в этом признаваться) не снижают достоверности вашего вывода (т.е. надо оценить влияние ошибки на сделанные вами заключения).

Но не менее важно в самом начале исследований дать чёткое определение, кого считать блондинкой (т.е. квантифицировать цвет волос по какой-либо из шкал, см. табл. 5.1), а при формулировке вывода дать дополнительные характеристики блондинок, предпочитающих исследуемые сигареты. Например, выделив блондинок в возрасте от 16 до 50 лет, мы заведомо уменьшим ошибку, вызванную тем, что женщин с седыми волосами тоже иногда принимают за блондинок.

Уточнить выводы также можно, обратившись к шкале, которая выделяет различные виды белокурых волос по двум признакам — по оттенку и степени пигментированности (табл. 5.1).

---

<sup>1</sup> Этот метрологический императив часто приписывают именно Г. Галилею, но есть и опровержения такого мнения — см. [5.1].

<sup>2</sup> [5.2, с. 136].

Общепринятая шкала наименований для светлых волос

Тип волос	Степень пигментированности	Оттенок
Белобрысые	Очень светлые	Почти белый
Золотистые	Светлые	Светло-жёлтый
Кукурузные (пергидрольные)	Яркие	Ярко-жёлтый
Льняные	Белые или почти белые	Серый или жёлтый
Платиновые	Белые или почти белые	Серый
Пепельные	Светло-русые	Серый
Пшеничные	Светло-русые	Жёлтый

Тогда ваше исследование будет касаться не блондинок вообще, а женщин с конкретными типами волос.

В противном случае ваш опрос останется всего лишь одним из забавных псевдонаучных розыгрышей или откровенных выдумок, которыми изобилуют СМИ<sup>1</sup>.

Итак, полученные вами данные должны обладать достоверностью, т.е. должны быть квантифицированы (вписаны в какую-либо из шкал и измерены по стандарту этой шкалы) и «очищены» от возможных погрешностей.

В данной лекции мы рассмотрим эти вопросы на уровне методологии. Углубить свои знания по этой теме заинтересованный читатель сможет, обратившись к литературе [5.3—5.17].

### 5.1. ШКАЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ<sup>2</sup>

Согласно Толковому словарю русского языка *С.И. Ожегова* [5.18]:

- *измерить* значит «определить какой-нибудь мерой величину чего-нибудь»;
- *мера* — это «единица измерения»;

<sup>1</sup> Порой газеты даже не проверяют источники, откуда берут те или иные факты, или просто их придумывают! И появляются такие «сенсации»: учёные выяснили (эта присказка придаёт веса высказыванию в глазах читателя), что наличие дефекта в определённом участке гена мужчин: 1) толкает их на измены жёнам; 2) мешает сосредоточиться на решении текущих задач; 3) предрасполагает их заботиться о своих домашних питомцах и т.д. Блогеры тоже не отстают.

<sup>2</sup> Углубить свои знания по этой теме читатель сможет, обратившись к [5.3—5.17].

- *величина* — это «то (предмет, явление и т.д.), что можно измерить, исчислить»;
- *показатель* — это «то, по чему можно судить о развитии и ходе чего-нибудь»;
- *критерий* — это: «1) средство для вынесения суждения; стандарт для сравнения; правило для оценки; 2) мера степени близости к цели» (*Z. — Прим. авт.*).

Таким образом, для измерения и наблюдения нужны не только объект (предмет) и измерительный прибор (рабочий орган<sup>1</sup>), но и мера измерения и критерии или показатели (величины) результата измерения.

Что подлежит измерениям и наблюдениям? Свойства того или иного объекта, феномена или процесса:

«Некоторые свойства при этом проявляются количественно (длина, масса, температура и т.п.), а другие — качественно (например, цвет, так как не имеет смысла выражение типа «красный цвет больше (меньше) синего»). Многообразие (количественное или качественное) проявлений любого свойства образуют множества, отображение элементов которых на упорядоченные множества чисел или, в более общем случае, на систему условных знаков образуют шкалы измерения этих свойств. Такими системами знаков являются, например, множество обозначений (названий) цветов, совокупность классификационных символов или понятий, множество баллов оценки состояний объекта, множество действительных чисел и т.д. Элементы множеств проявления свойств находятся в определенных логических соотношениях между собой. Такими соотношениями могут быть «эквивалентность» (равенство) или «сходство» (близость) этих элементов, их количественная различимость («больше», «меньше»), допустимость выполнения определенных математических операций сложения, вычитания, умножения, деления с элементами множеств и т.д. Эти особенности элементов множеств проявления свойств определяют типы (особенности соответствующих им шкал измерений).

В соответствии с логической структурой проявления свойств в теории измерений различают пять основных типов шкал измерений» [5.3].

Фактически любая шкала — это логический оператор сравнения ( $Q_{ref}$ ), позволяющий соотнести характеристики одного материального объекта с характеристиками другого (см. рис. 4.1) либо с характеристиками идеального объекта (чаще всего ими выступают

---

<sup>1</sup> Напомним, что на пассивной стадии развития целенаправленной системы наблюдения (рис. 1.2, а) инструмент наблюдения (измерения) ещё не отделён от наблюдателя.

математические множества). Рассмотрим основные характеристики существующих шкал [5.3, 5.8, 5.9].

**Шкалы наименований (номинальные)** отражают только качественные свойства, включая их комбинации. Пример такой шкалы был дан выше (см. табл. 5.1). То есть результат применения такой шкалы — характеристика сходства или различия конкретных качественных проявлений свойств объекта<sup>1</sup>. Измерением (или наблюдением) в такой шкале является прямое сравнение степени проявления конкретных свойств. Поэтому в отличие от математической шкалы в них нет ни понятия «единица измерения», ни нулевого значения величины.

С данной шкалы начинается любая классификация. Для этого объекты (или свойства объекта) либо обозначаются через какие-то характеристики, либо нумеруются. Классическим примером номинальной шкалы служит классификация, приведенная в рассказе *Хорхе Луиса Борхеса* «Аналитический язык Джона Уилкинса», согласно которой животные делятся: 1) на принадлежащих Императору; 2) набальзамированных; 3) прирученных; 4) молочных поросят; 5) сирен; 6) сказочных; 7) бродячих собак; 8) включённых в эту классификацию; 9) бегающих как сумасшедшие; 10) бесчисленных; 11) нарисованных тончайшей кистью из верблюжьей шерсти и т.д.

При всей курьёзности такого списка не надо забывать о том, как формируется система целенаправленного наблюдения за объектами (параграф 1.2): на первом этапе (пассивное наблюдение, рис. 1.2, б) наблюдатель *обречён* на составление более или менее случайного списка свойств объекта внимания.

Практически значимыми шкалами наименования являются списки, включающие расовую принадлежность человека, его пол, реестры клинических диагнозов, автомобильных номеров и т.д. Даже будучи пронумерованными, указанные в них признаки ничего не говорят о семействах объектов, за исключением того, что они различаются между собой. Например, в международной классификации болезней психические расстройства, относящиеся к шизофрении, шизотипическим состояниям и бредовым расстройствам, имеют отдельные номера F20—F29, не совпадающие с номерами расстройства настроения (F30—F39) [5.19]. Аналогично устроены классификация растений и животных по Линнею и классификация кристаллов по группам симметрии.

---

<sup>1</sup> Хотя шкалы и являются качественными, возможны некоторые статистические операции при обработке результатов измерений в этих шкалах [5.4].

**Шкалы порядка (рангов)** позволяют не только оценивать степень эквивалентности свойств, но и отвечать на вопрос, возрастает или убывает количественное проявление определенного свойства. Результат применения шкалы рангов — упорядочивание объектов за счёт приписывания им тех или иных рангов, баллов и т.п. Подростки хорошо знакомы с *простейшей* шкалой порядка *дихотомической*, когда та или иная ситуация квалифицируется по принципу «либо — либо», а именно: «любит — не любит», «поступил в институт — не поступил», «сдал экзамен — не сдал» и т.п.

Понятно, что шкала порядка может быть расширена. И тогда, например, при оценке успеваемости от двух рангов («зачёт» и «незачёт») мы переходим к большему количеству рангов, получая пятибалльные, десятибалльные шкалы и т.п. Ранжирование какого-либо свойства весьма распространено не только в педагогических, но и социальных и психологических науках [5.5]. В естественных науках оно тоже широко применяется. Так, для оценки силы землетрясений в эпицентре широко применяется шкала, предложенная американским сейсмологом *Чарльзом Фрэнсисом Рихтером* (1900—1985) в 1935 г. После внесения в неё ряда поправок величину силы землетрясения (магнитуду объёмных волн) вычисляют так:

$$M_V = \lg(A/T) + Q(D, h), \quad (5.1)$$

где  $A$  — амплитуда колебаний земли, мкм;  $T$  — период волны, с;  $Q$  — поправка, зависящая от расстояния до эпицентра  $D$  и глубины очага землетрясения  $h$ .

В результате шкала Рихтера для характеристики землетрясений разной магнитуды принимает ряд следующих значений:

- 2,0 — нижний порог ощущаемых людьми толчков;
- 4,5 — слабые толчки, приводящие к небольшим разрушениям;
- 6,0 — толчки, приводящие к умеренным разрушениям;
- 8,5 — самые сильные из известных землетрясений<sup>1</sup>.

Ещё пример — шкала твердости минералов *Мооса*<sup>2</sup>, для которой для определения относительной твердости было выбрано 10 эталонных минералов. Мерой твёрдости выступала способность калёной иглы наносить царапины на их поверхность. В результате появился такой ряд значений: 1 — тальк; 2 — гипс; 3 — кальцит; 4 — флюорит; 5 — апатит; 6 — ортоклаз; 7 — кварц; 8 — топаз;

<sup>1</sup> Следует отметить, что при  $M_V \sim 8$  согласно формуле (5.1) происходит насыщение, поэтому указанный метод шкалирования не подходит и применяются другие методы [5.20].

<sup>2</sup> *Карл Фридрих Христиан Моос* (1773—1839) — немецкий минералог и геолог.

9 — корунд; 10 — алмаз. Этот оператор сравнения  $Q_{ref}$  позволяет классифицировать минералы по степени их относительной твёрдости: исследуемый материал либо царапает эталонный (что позволяет сделать вывод о том, что его твёрдость по шкале Мооса выше), либо царапается эталоном (откуда вывод о том, что его твёрдость ниже эталона).

Ранговые шкалы также не позволяют пользоваться единицами измерений (литрами, граммами, сантиметрами и т.д.), выражаемые ими свойства объектов носят нелинейный характер, т.е. для описываемых свойств логически невозможно установить пропорциональность (в метрологии о таких величинах говорят как о *неархимедовых*). По этой причине измерения в шкалах твердости выражаются в числах твердости по Моосу, Виккерсу, Шору и т.д., а не в абсолютных величинах. Шкалы порядка допускают монотонные преобразования, в них может быть или отсутствовать нулевой элемент.

Тем не менее узкоспециализированные ранговые шкалы широко применяются при испытаниях образцов различной продукции.

**Шкалы разностей (интервалов)** отличаются от шкал порядка тем, что для описываемых ими свойств имеют смысл не только соотношения эквивалентности и ранга, но и суммирования интервалов (разностей) между различными количественными проявлениями свойств. Шкалы разностей имеют условные (принятые по соглашению) единицы измерений и условные нули, опирающиеся на какие-либо реперы. Заметим, что интервалы шкал разностей обладают всеми свойствами шкал отношений. В этих шкалах допустимы линейные преобразования, в них применимы процедуры отыскания математического ожидания и стандартного отклонения. Шкалы разностей допускают изменение спецификаций и даже определений единиц измерений [5.3].

Показательный пример — шкала времени. Промежутки времени можно складывать и вычитать, однако бессмысленно складывать *даты* каких-либо событий. Аналогично шкалой расстояний можно воспользоваться, только если измерить интервал хотя бы между двумя точками, а отдельная точка бесполезна. Таким образом, для шкалы интервалов нет «естественного» начала отсчета. Шкала температуры по Цельсию<sup>1</sup> не является исключением. Известно, что за 0°C в ней принята точка замерзания воды, а за 100°C — точка её кипения. «Соответственно интервал температур между замерза-

---

<sup>1</sup> *Андерс Цельсий* (1701—1744) — шведский учёный, профессор математики и астрономии Уппсальского университета (1730—1744).

нием и кипением воды поделён на 100 равных частей. Здесь уже утверждение, что температура  $30^{\circ}\text{C}$  в три раза больше, чем  $10^{\circ}\text{C}$ , будет неверным. В шкале интервалов сохраняется отношение длин интервалов (разностей). Можно сказать: температура в  $30^{\circ}\text{C}$  отличается от температуры в  $20^{\circ}\text{C}$  в два раза сильнее, чем температура в  $15^{\circ}\text{C}$  отличается от температуры в  $10^{\circ}\text{C}$ » [5.21, с. 217].

**Шкалы отношений** отличаются от шкал разностей тем, что в них существуют естественные нули, соответствующие логически однозначному пределу бесконечно малого проявления количественного свойства. Естественно, что появление таких шкал есть следствие эволюции целенаправленной системы наблюдений (п. 1.2), когда появились такие операторы, которые могут заглянуть за пределы восприятия человеческих органов чувств. Так, человек непосредственно не может почувствовать, что такое «абсолютный ноль температуры», но способен, как Цельсий, выделить в потоке событий ситуацию с замерзанием и кипением воды. Но как только появляются более совершенные приборы измерения температуры, от шкалы разностей по Цельсию переходят к шкале температур по Кельвину.

Шкала отношений — самая «сильная» из вышеперечисленных, поскольку позволяет оценивать, во сколько раз один измеряемый объект отличается от другого объекта, принимаемого за эталон, за единицу. К множеству количественных проявлений в шкалах отношений применимы отношения эквивалентности и порядка, операции вычитания и умножения (шкалы отношений 1-го рода — пропорциональные шкалы), а во многих случаях и суммирования (шкалы отношений 2-го рода — аддитивные шкалы). Этими шкалами отношений пользуются для измерения почти всех физических величин [5.12, 5.13].

**Абсолютные шкалы** обладают всеми признаками шкал отношений, но дополнительно в них существует естественное однозначное определение единицы измерений:

«Такие шкалы используются для измерений безразмерных скалярных счетных и относительных величин (отношений одноименных величин: коэффициентов усиления, ослабления, КПД, коэффициентов отражений, пропусканий и поглощений, добротности, глубины модуляции, коэффициентов трения покоя и скольжения, коэффициента сцепления колеса с дорожным покрытием и т.д.). Их единицы безразмерны и сочетаются с единицами любых систем, являясь по сути дела надсистемными<sup>1</sup>. Такие шкалы также используются как вариант представления шкал отношений делением соответствующих величин на некоторые

---

<sup>1</sup> Появление этих шкал отвечает развитию автономных систем наблюдения (параграф 1.2), в которых роль человека как органа управления мала.

опорные значения этих величин, выраженные в принятых единицах (так получаются условно безразмерные величины). Абсолютные шкалы бывают ограниченными (КПД) и неограниченными (коэффициент усиления), непрерывными и дискретными. Логическая структура большинства абсолютных шкал такова, что значения в них не аддитивны, а лишь пропорциональны. В некоторых случаях их можно перемножать. Аддитивными абсолютными шкалами являются шкалы плоских и телесных углов, количества информации, счетных величин. Изменения спецификаций допустимы и для абсолютных шкал введением единиц измерений, кратных или дольных естественной единице, когда возникает необходимость в этом» [5.3].

Итак, переход от сравнений к исчислению (квантификации) данных наблюдений увеличивает точность изложения новых данных, позволяет углубить наши знания об объекте. Рассмотрим такое экспериментальное наблюдение: «Жуки чернотелки (*Tenebrionidae*) рода *Adesmia Fisch.-Wald* на солнце имеют в живом состоянии температуру тела на 2—9°С ниже, чем мёртвые». Здесь фиксируется простая связь между температурой тела насекомого и его состоянием. Это научный факт.

Какую шкалу использовали для формулировки? Температура жука, соответствующая переходу «живой — мёртвый», напоминает нам о том, как Цельсий вводил температуру замерзания воды. Тем не менее это простая дихотомическая шкала порядка.

Чтобы расширить наши знания о жуках, необходимо перейти к другой шкале. Это было сделано немецким энтомологом *Оскаром фон Прохновом*, предложившим в 1907 г. новый способ (*Q*) определения зависимости скорости развития насекомых от температуры:

«Метод Прохнова... состоит в том, что, экспериментально получив ряд данных по скорости развития насекомого при различных температурах, следует разделить единицу на соответствующее число дней (или часов) развития при этих температурах.

Эта *условная единица* (курсив наш. — Прим. авт.) представляет собой весь период развития, а частные от деления её на длительность развития при разных температурах представляют индексы развития насекомого при этих температурах, т.е. показывают, какую часть онтогенеза завершает насекомое за сутки (или час) при этой температуре (или, если изучается скорость развития какой-либо фазы метаморфоза — яйца, личинки, куколки, то какая часть развития этой фазы завершается за сутки или час).

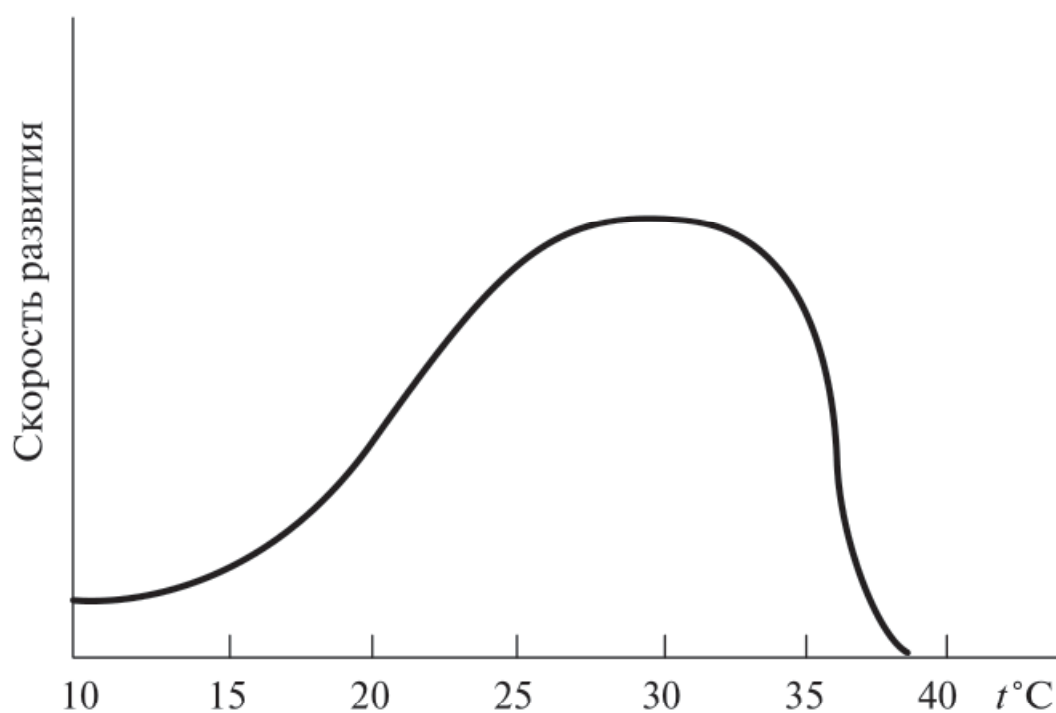
Поясним этот метод данными нашего изучения экологии очень теплолюбивого вида божьих коровок *Brumus octosignatus* Gebl. (порог развития этого вида равен 20°С). При 22°С брумус развивается 50 дней, при 24°С — 40 дней, при 27°С — 22,5 дня и при 29°С — 20 дней. По-



делив единицу на указанные числа дней развития, получаем следующие индексы развития: при 22°C — 0,02; при 24°C — 0,025; при 27°C — 0,044 и при 29°C — 0,05.

Если нанести индексы развития насекомого на график в системе двух прямоугольных координат, то будет получена линия скорости развития. Такой график позволяет определить вероятную скорость развития данного насекомого при любом ожидаемом температурном режиме. Изучив скорости развития яиц или куколок 15 видов насекомых (14 видов бабочек и куколок наездника *Microgaster nemorum* Htg.) и построив для них линии скорости развития, Прохнов убедился, что имеется определённая закономерность: линии эти представляют сначала очень вытянутую S-образную кривую, а затем, достигнув наибольшей высоты, соответствующей наиболее быстрому развитию, круто изгибаются и падают к нулю, т.е. развитие далее резко удлиняется и затем полностью прекращается. Эта закономерность представлена им графически обобщённо по данным для всех 15 видов (рис. 5.1).

Поскольку индекс развития — величина условная, для облегчения его вычисления Прохнов в своей работе стал делить не единицу, а число 10 на показатели длительности развития» [5.22, с. 134–136].



**Рис. 5.1.** Зависимость скорости развития насекомых от температуры [5.22, с. 136]

Здесь мы видим, как переход от шкалы порядка к абсолютной шкале послужил другому переходу — от разрозненных фактов к общей закономерности развития насекомых от температуры! Таким образом, в экспериментальной работе важен не только сам акт измерения, но и то, в какой шкале будут представлены полученные данные.

При переходе от пассивного наблюдения к инструментальному и развитию целенаправленной системы наблюдения (измерения) происходят последовательные или скачкообразные переходы от шкалы к шкале в следующей последовательности: шкала наименований → шкала рангов → шкала разностей → шкала отношений → абсолютная шкала. Абсолютная шкала наиболее удобна для обмена данными между автономными системами измерений, образующими надсистему, что характерно для технауки.

## 5.2. ТОЧНОСТЬ ДАННЫХ<sup>1</sup>

Точное и полное описание какого-либо феномена или процесса (с помощью наблюдений и измерений) возможно, лишь если известны все факторы, оказывающие на него влияние. А это невозможно, так как сделать  $R$ ,  $S$  и  $Q$  постоянными и эталонными нельзя. Кроме того, не надо забывать, что любой оператор измерения и (или) наблюдения при своей работе неизбежно создаёт выявляемые и скрытые  $W$  (2.3), которые тоже влияют на систему наблюдения.

Чтобы охарактеризовать неточности в измерениях параметров объектов, была создана теория ошибок, в которой принято разделять ошибки на *грубые (промахи)*, *систематические* и *случайные*.

*Промахи* — следствие небрежности экспериментатора, недостатка его квалификации или информированности или действия на объект наблюдения и систему наблюдения неожиданных и сильных внешних воздействий. Тем не менее промахи могут вызывать случайные открытия (см. пример с открытием радиоактивности *А. Беккерелем*, параграф 2.1).

*Систематические ошибки* вносят постоянный вклад в отклонение от измеряемой величины  $X^2$ . Иногда упрощённо считают, что систематические ошибки дают отклонение от истинного значения измеряемой величины, которое характеризуется постоянством знака. Это не всегда так:

«При измерении высоты солнца рефракция<sup>3</sup> всегда вызывает положительную ошибку. Эта ошибка может быть различной по величине. Для светил, стоящих низко над горизонтом, она намного больше, чем

---

<sup>1</sup> Углубить свои знания по этой теме заинтересованный читатель сможет, обратившись к литературе [5.5, 5.10, 5.11, 5.15, 5.23—5.27].

<sup>2</sup> Они также могут вызывать случайные открытия.

<sup>3</sup> Рефракция света (от позднелат. *refractionem* — рассыпать, расчленять) — искривление направления хода световых лучей вследствие преломления в оптически неоднородной среде с непрерывно изменяющимся от точки к точке показателем преломления.

для светил, близких к зениту. Но знак ошибки, вызываемой рефракцией, всегда положителен. Однако могут быть систематические ошибки, изменяющие знак. Например, если наблюдатель исправляет результаты наблюдений за рефракцией, принимая её значение равным средней величине для данной высоты над горизонтом за год, и не учитывает того, что величина рефракции зависит от температуры воздуха и атмосферного давления, то систематическая ошибка, вызываемая эффектом температуры, будет зимой преимущественно положительной, а летом — преимущественно отрицательной» [5.24].

Систематические ошибки как своего рода «мягкий вариант» промахов вызваны:

- особенностями работы измерительной аппаратуры (сбитая градуировка, дрейф нулевых точек, отклонения от линейных значений);
- несовершенством метода измерений;
- ошибками восприятия экспериментатора;
- непостоянством условий эксперимента;
- влиянием неучтённых внешних факторов по отношению к наблюдаемому (измеряемому) явлению.

*Случайными* называют ошибки, которые служат причиной разброса многократно измеряемой величины относительно истинного значения. Так, в серии опытов по взаимодействию вещества А с веществом Б невозможно добиться, чтобы каждый раз в реакцию вступало одно и то же число атомов вещества А и вещества Б, как невозможно добиться идентичного их перемешивания для получения максимального взаимодействия. В результате концентрация продуктов реакции в каждом отдельном опыте несколько меняется, причем случайным образом.

Пусть мы провели серию измерений некоторой величины и получили ряд значений (*выборку*)  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . В экспериментах значение  $n$  может очень большим, но в обычных экспериментах достаточно, чтобы оно лежало в диапазоне 5—10.

*Точность*  $i$ -го измерения из этой выборки характеризуется ошибкой измерения — разностью между измеренным  $x_i$  и истинным значением  $X$ , которое является неизвестной величиной:

$$e_i = x_i - X.$$

Самый простой способ оценки истинного значения в выборке — вычисление *средней арифметической величины*, или просто *среднего значения*<sup>1</sup>:

---

<sup>1</sup> Её обозначают через  $\bar{x}$  или  $\langle x \rangle$ .

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (5.2)$$

Зная среднее значение, можно вычислять *остатки (вычеты)*  $i$ -го измерения  $d_i$ , *выборочное среднеквадратичное отклонение* от среднего  $s$  и *выборочное среднее отклонение*  $r$  соответственно по формулам

$$d_i = x_i - \bar{x}, \quad (5.3)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum d_i^2}, \quad (5.4)$$

$$r = (1/n) \sum |d_i|. \quad (5.5)$$

Если измерения одной и той же величины прерываются, а потом возобновляются, то среднее значение определяется с помощью *взвешивания результатов*. Пусть мы провели пять измерений днём и девять ночью. Для этих двух серий средние значения составляют соответственно

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= (x_1 + \dots + x_5) / 5, \\ \bar{x}_2 &= (x_6 + \dots + x_{14}) / 9. \end{aligned}$$

Тогда среднее для двух серий составит

$$\bar{x} = (5\bar{x}_1 + 9\bar{x}_2) / 14,$$

где числа 5 и 9 — *статистические веса*  $w$  первой и второй серий измерений. Обобщая эту меру для оценки среднего на  $N$  серий, получаем формулу

$$\bar{x} = \frac{\sum w_i \bar{x}_i}{\sum w_i}. \quad (5.6)$$

Мерой разбросанности случайных значений  $x_i$  является *среднеквадратичное отклонение от среднего*, или *дисперсия*:

$$\sigma^2 = \langle e^2 \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - X)^2 f(x) dx, \quad (5.7)$$

где  $f(x)$  — кривая распределения измеренных значений; произведение  $f(x) \cdot dx$  — вероятность того, что выбранное значение измеряемой величины находится в интервале от  $x$  до  $x + dx$ .

Дисперсию довольно часто можно вычислить по приближенным формулам

$$\sigma \approx \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n-1}}, \quad (5.8)$$

$$\sigma \approx \frac{5}{4} \frac{\sum d_i}{n-0,5}. \quad (5.9)$$

При достаточно большом числе измерений теория вероятности предсказывает, что истинное значение измеряемой величины:

- с вероятностью 68% находится в интервале  $\bar{x} \pm \sigma$ ;
- с вероятностью 95% находится в интервале  $\bar{x} \pm 2\sigma$ ;
- с вероятностью 99,7% находится в интервале  $\bar{x} \pm 3\sigma$ ;

Поэтому нередко для оценки «истинного» значения измеряемой величины принимают величину  $\bar{x} \pm 3\sigma$  (так называемое *правило трёх сигм*).

Помимо дисперсии вводят меру ошибки среднего значения. Её происхождение связано с тем, что объём любой экспериментальной выборки гораздо меньше объёма так называемой *генеральной совокупности* величин:

«Представим себе, что данные набираются сериями по  $n$  измерений в каждой, причём число таких серий очень велико. Вся совокупность измеренных значений характеризуется каким-то распределением со среднеквадратичным отклонением  $\sigma$ . В каждой серии имеется своё собственное среднее значение, и совокупность таких средних характеризуется своим распределением и среднеквадратичным отклонением  $\sigma_m$ . В реальном эксперименте мы, конечно, имеем дело лишь с одной серией и одним средним значением. Но мы хотим подчеркнуть, что эта серия представляет собой случайную выборку из полной совокупности отдельных измерений, а среднее значение есть лишь одно значение их полной совокупности средних. Величину  $\sigma_m$  называют *среднеквадратичной ошибкой среднего*, и мы будем рассматривать её как меру ошибки среднего значения» [5.23, с. 22–23].

В теории ошибок показано, что эта мера для  $n$  измерений в  $\sqrt{n}$  раз меньше дисперсии отдельного измерения, т.е.:

$$\sigma_m = \sigma / \sqrt{n}. \quad (5.10)$$

В каждой конкретной научной дисциплине используют разного рода допущения, которые позволяют оценивать случайную ошибку в условиях небольшой выборки в сравнении с генеральной совокупностью, которая, по существу, является математической абстракцией. Так, в социологии (в том числе политической, юридической и медицинской) довольно часто выделяют в генеральной

совокупности так называемые *репрезентативные* выборки, которые в определенных условиях дают примерно такую же точность вычислений, какую дало бы исследование всей совокупности значений.

В [5.26] даны результаты вычислений объёма репрезентативной выборки для известных объёмов генеральной совокупности для величины случайной ошибки 5% (табл. 5.2). Например, по данным переписи 2002 г. население Волгоградской области составляло 2 702 500 человек, из них женщин — 53,4%, мужчин — 46,6%. Выборочная совокупность будет считаться репрезентативной для данной генеральной совокупности по половому признаку, если в ней случайные ошибки выборки не превышают 5%. Тогда, в частности, выборки, в которых 58,1% женщин и 41,9% мужчин или 48,9% женщин и 51,1% мужчин, будут считаться репрезентативными. Напротив, выборки, в которых 59,0% женщин и 41,0% мужчин или 47,8% женщин и 52,2% мужчин, *не* будут считаться таковыми.

Таблица 5.2

**Соотношение объёмов генеральной совокупности и репрезентативной выборки в допущении 5% случайной ошибки [5.26]**

Объём генеральной совокупности	500	1000	2000	4000	5000	10 000
Объём репрезентативной выборки	222	286	333	360	370	385

В физических экспериментах чаще всего достаточно предположить, что функция распределения плотности ошибки  $f(x)$  имеет форму гауссова распределения (рис. 5.2):

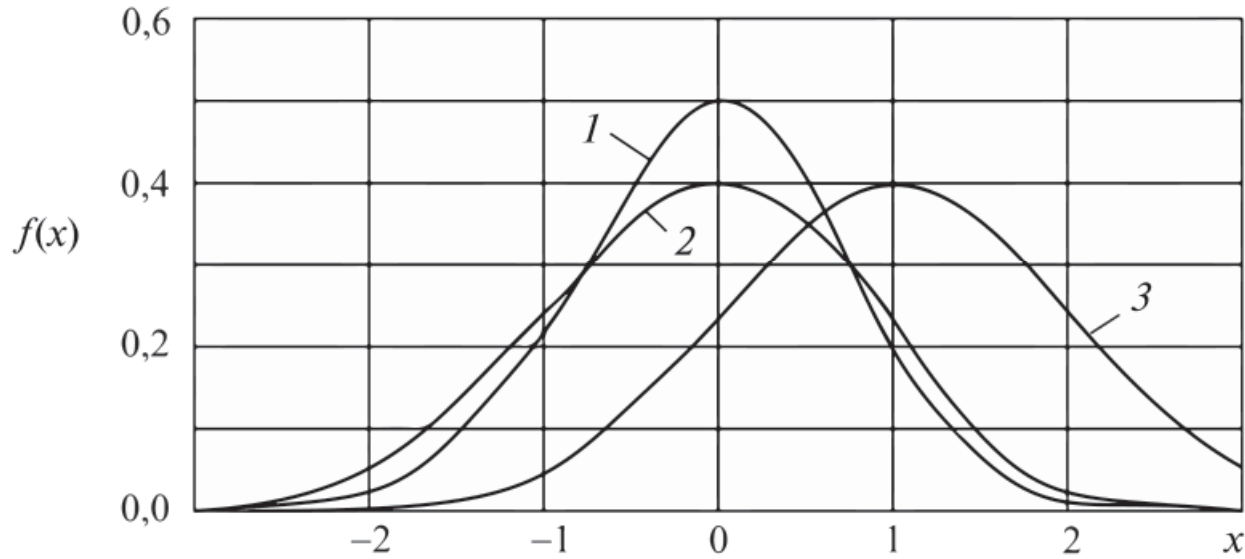
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(-(x - X)^2 / 2\sigma^2). \quad (5.11)$$

Тогда среднеквадратичная ошибка среднего вычисляется по формуле Питерса:

$$\sigma_m \approx \frac{5}{4} \frac{r}{\sqrt{(n-1)}}. \quad (5.12)$$

Легко видеть, что формула (5.12) связана с формулой (5.9) через (5.10). Поэтому для вычисления меры ошибки среднего значения можно использовать ещё одну формулу:

$$\sigma_m \approx \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n(n-1)}}. \quad (5.13)$$



**Рис. 5.2.** Примеры распределения Гаусса<sup>1</sup>:

1 —  $X = 0$ ,  $\sigma = 1$ ; 2 —  $X = 0$ ,  $\sigma = 0.8$ ; 3 —  $X = 1$ ,  $\sigma = 1$ .  
Точки перегиба отвечают величинам  $x = X \pm \sigma$

Вычислив дисперсию по (5.8), можно оценить с заданной вероятностью граничное значение случайной погрешности  $\Delta_{сл}$ :

$$\Delta_{сл} = t_{st} \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{t_{st}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (5.14)$$

где  $t_{st}$  — коэффициент Стьюдента<sup>2</sup>. Его величина зависит как от числа измерений, так и от требуемой вероятности попадания значений  $\bar{x}$  любой серии из  $n$  результатов измерений в интервал от  $(\bar{x} - \Delta_{ср})$  до  $(\bar{x} + \Delta_{ср})$ , который называется *доверительным*. Соответствующая ему вероятность  $P$  тоже называется доверительной.

Значение коэффициента Стьюдента выбирается из таблиц, которые можно найти в справочной литературе по статистике. В табл. 5.3 приведены значения коэффициента Стьюдента для доверительных вероятностей 90 ( $t_{0,9}$ ) и 95 ( $t_{0,95}$ )%, рекомендованные государственным стандартом к предпочтительному использованию.

<sup>1</sup> *Иоганн Карл Фридрих Гаусс* (1777—1855) — немецкий математик, механик, физик, астроном и геодезист. По совокупности заслуг в математике справедливо называется одним из величайших математиков всех времён.

<sup>2</sup> Стьюдент — псевдоним английского статистика *Уильяма Сили Госсета* (1876—1937), открывшего распределения, похожие на распределения Гаусса, но значительно медленнее сближающиеся с осью абсцисс.

**Коэффициенты Стьюдента для двух доверительных вероятностей**

$n$	2	3	4	5	7	10	15	20	30	∞
$t_{0,9}$	6,31	2,92	2,35	2,13	1,94	1,83	1,76	1,73	1,70	1,64
$t_{0,95}$	12,7	4,30	3,18	2,78	2,45	2,26	2,14	2,09	2,04	1,96

Стандартный путь определения случайной ошибки измерений при работе со шкалами разностей и отношений состоит в следующем:

- проводят серию из  $n$  измерений и вычисляют среднее арифметическое  $\bar{x}$ , которое рассматривают как действительное значение измеряемой величины;
- по формулам (5.3) — (5.5) вычисляют остатки  $i$ -х измерений  $d_i$ , выборочное среднеквадратичное отклонение от среднего  $s$  и (или) выборочное среднее отклонение  $g$  и с их помощью вычисляют величину дисперсии (5.8), (5.9);
- применяют либо правило трёх сигм, либо формулу (5.13)<sup>1</sup>, чтобы для заданной доверительной вероятности определить интервал случайной погрешности.

Описанные меры<sup>2</sup> применимы к результатам измерений, построенным прежде всего на шкале отношений. При измерениях в других шкалах используют другие меры или уже известные нам меры используются частично. Общие сведения о применимости той или иной статистической меры приведены в табл. 5.4.

Рассмотрим некоторые *меры центральной тенденции*, применяемые для определения *центрального положения* какой-либо величины, что, например, требуется для ответа на вопросы:

- семьи какого возраста больше всего довольны своим совокупным доходом;
- можно ли считать полученную выборку однородной;
- каков типичный вес выпускника средней школы и т.д.

<sup>1</sup> Из (5.13) видно, что с увеличением числа измерений  $n$  граничное значение случайной погрешности среднего арифметического уменьшается. Получается, что чем больше измерений, тем точнее станет результат. Но на практике это не выполняется, так как в эксперименте всегда присутствуют систематические погрешности. Поэтому количество измерений  $n$  следует выбирать таким, чтобы случайная погрешность в итоге оказалась в несколько раз меньше систематической погрешности. Тогда в суммарной погрешности измерений случайной ошибкой можно будет пренебречь.

<sup>2</sup> В статистике их называют *мерами изменчивости*. К ним, повторим, относятся выборочное среднеквадратичное отклонение от среднего, выборочное среднее отклонение и дисперсия.



Таблица 5.4

**Измерения в шкалах различного типа  
и форма их представления [5.7]**

Применимость	Тип шкалы				
	Наименований	Порядка	Разностей	Отношений	Абсолютная
Единицы измерений	Нет	Нет	Устанавливаются по соглашению		Естественные
Диапазон шкалы	Определяется спецификацией	Определяется реальными потребностями			От 0 до 1 или неограничен
Среднее арифметическое	Неприменимо			Применяется	
Среднеквадратичное отклонение	Неприменимо			Применяется	
Медиана	Иногда применяется	Применяется		Иногда применяется	
Абсолютная <sup>1</sup> погрешность	Не имеет обычного смысла			Применяется	
Относительная погрешность <sup>2</sup>	Не имеет смысла		Применяется только для интервалов	Применяется	Применяется

<sup>1</sup> См. (5.1).

<sup>2</sup> Относительная погрешность представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины, выраженное в процентах.

В подобных случаях чаще всего применяют такую меру, как *мода*  $M$  — значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто. Так, в совокупности значений (2, 3, 3, 4, 8, 8, 8, 8, 9, 9, 10) мода  $M = 8$ , поскольку число 8 встречается чаще любого другого. Не следует путать моду и частоту появления её значения (у нас она равна 4). Понятно, что мода  $M$  определяется весьма просто — на глазок. Для очень больших групп данных она является удобной мерой центра распределения. Мода как мера центральной тенденции применима в номинальной, ранговой, интервальной шкалах и в шкале отношений.

В больших выборках мода  $M$  близка к двум другим мерам: *медиане*  $Md$  и среднему (5.2).

*Медиана*  $Md$  — это значение, которое делит упорядоченное множество данных пополам, так что одна половина значений оказывается больше медианы, а другая — меньше.

Если данные содержат нечётное число различных значений, например, 1; 1,3; 1,8; 1,9; 2, то медиана есть центральное значение для случая, когда они упорядочены, т.е.  $Md = 1,8$ . Если данные содержат чётное число различных значений, например, 0,4; 0,9; 1,3; 1,4, то медиана есть точка, лежащая посередине между двумя центральными значениями, когда они упорядочены:  $Md = (0,9 + 1,3)/2 = 1,1$ .

Медиана как мера центральной тенденции применима в ранговой, интервальной шкалах и в шкале отношений.

Если в ряду измеренных величин появляются так называемые выбросы, т.е. данные, далеко отстоящие от остальных величин, то медиана  $Md$  и мода  $M$  останутся неизменными, а среднее значение изменится.

Рассмотрим ещё несколько мер изменчивости, которые чаще применяются в социальных, экономических и психологических науках, чем в естественных — размах и коэффициент вариации.

*Размах* задаёт на числовой шкале пределы, в которых изменяются оценки. Отдельно выделяют:

- *исключающий размах* — разность максимального и минимального значений в выборке<sup>1</sup>;
- *включающий размах* — разность между естественной верхней границей интервала, содержащего максимальное значение, и естественной нижней границей интервала, включающего минимальное значение.

---

<sup>1</sup> Исключающий размах для ряда значений 1, 3, 7, 8, 9 равен  $9 - 1 = 8$ , а для ряда  $-0,8; -0,3; 0,5; 1,6; 2,9$  он составляет  $2,9 - (-0,8) = 3,7$ .

Вернёмся к задаче измерения длины гусениц. Пусть измерения длины нескольких гусениц одного вида и возраста, полученные в одинаковых условиях, дали следующий ряд значений в сантиметрах (3,1; 3,8; 3,4; 3,3; 3,7; 3,7; 3,2). Тогда среднее значение составит 3,46 см, размах  $3,8 - 3,1 = 0,7$  см, а дисперсия 0,076 см. Видно, что размах является очень грубой оценкой разброса значений в выборке.

Все вышеперечисленные меры изменчивости непригодны для сравнения признаков, выраженных разными единицами измерения. В этом случае на практике применяется такая мера, как *коэффициент вариации* — среднеквадратичное отклонение, выраженное в процентах от среднего значения:

$$k_v = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum d_i^2}}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (5.15)$$

При симметричных распределениях  $f(x)$  величина  $k_v$  обычно не превышает 50%. При сильно асимметричных рядах распределения коэффициент вариации может достигать 100% и более [5.28]. Варьирование считается слабым, если не превосходит 10%, средним при  $k_v = 11-25\%$  и значительным при  $k_v > 25\%$ .

### 5.3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ И КОРРЕЛЯЦИИ

Перечисленные в параграфах 5.1, 5.2 меры позволяют нам обрабатывать данные измерений, полученные в ходе наблюдений за феноменом или процессом. Но, как мы видели ранее (см. рис. 4.1–4.3), часто ставится задача сравнения состояний экспериментальной и контрольной групп. Ещё вариант: сравнение двух выборок, например, при поиске ответа на вопрос, совпадают или различаются средние значения уровня рождаемости в Томской и Новосибирской областях.

В статистике при этом говорят о формулировке *статистических гипотез*:

- 1) *нулевая гипотеза* (различия отсутствуют), обозначаемая как  $H_0$ ;
- 2) *альтернативная гипотеза* (о наличии достоверных различий), обозначаемая как  $H_1$ .

В свою очередь нулевая и альтернативная гипотезы могут быть направленными и ненаправленными.

*Направленные гипотезы*:  $H_0$ :  $x_1$  не превышает  $x_2$ ;  $H_1$ :  $x_1$  превышает  $x_2$ .

*Ненаправленные гипотезы:*  $H_0$ :  $x_1$  не отличается от  $x_2$ ;  $H_1$ :  $x_1$  отличается от  $x_2$ .

Пусть наблюдатель обнаружил, что в одной из групп индивидуальные значения испытуемых по признаку социальной тревожности выше, чем в другой. Для проверки значимости этих различий необходимо сформулировать направленные гипотезы.

Пусть наблюдатель обнаружил две формы поведения объектов и шкалировал их поведение. Получились два распределения. Чтобы статистически достоверно доказать различия между ними, формулируют ненаправленные гипотезы.

Проверка гипотез осуществляется с помощью *критериев статистической оценки различий*. Критерии делятся следующим образом:

- *параметрические* — критерии, включающие в формулу расчета параметры распределения, т.е. средние и дисперсии (*t*-критерий Стьюдента, критерий *F* и т.д.);
- *непараметрические* — критерии, не включающие в формулу расчета параметры распределения и основанные на оперировании частотами или рангами (*Q*-критерий Розенбаума, *T*-критерий Уилкоксона и др.).

При нормальном распределении признака параметрические критерии сильнее непараметрических. Они способны опровергнуть нулевую гипотезу. Поэтому во всех случаях, когда сравниваемые выборки взяты из нормально распределяющихся совокупностей, рекомендуется отдавать предпочтение параметрическим критериям.

В случае очень больших отличий распределений признака от нормального вида рекомендуется применять непараметрические критерии. Более того, в ситуациях, когда варьирующие признаки выражаются не числами, а условными знаками (шкала наименований или шкала рангов), применение непараметрических критериев оказывается единственно возможным.

Проверку статистической гипотезы осуществляют при помощи так называемого *статистического критерия* — решающего правила, обеспечивающего надёжное поведение, т.е. принятие истинной и отклонение ложной гипотезы с высокой вероятностью [5.29].

Алгоритм проверки гипотез с помощью статистических критериев включает три этапа.

Этап 1. По расчётной формуле вычисляем *эмпирическое* (или фактическое) *значение критерия*, обозначаемое  $F_{\phi}$ .

Этап 2. Определяем число степеней свободы<sup>1</sup> и уровень значимости<sup>2</sup>, с их помощью по таблицам критических значений для выбранного критерия находим так называемую *критическую точку* (или *критическое значение*), обозначаемую  $F_{кр}$ .

Этап 3. По соотношению эмпирического и критического значений критерия подтверждаем или опровергаем нулевую гипотезу<sup>3</sup>.

На этапе 2 чаще всего используют уровни значимости  $\alpha$ , равные вероятности 0,05, или 0,01, или 0,001. Это значит, что выборки не различаются с вероятностями 5, 1 и 0,1%. Соответственно вероятности того, что выборки различаются, составят 0,95, 0,99, 0,999, или 95, 99 и 99,9%.

В естественных науках чаще требуются *уровни достоверности различий* 99 или 99,9%. В педагогических, психологических, медицинских и биологических науках допускается не более чем 5%-я возможность ошибки, т.е. 95%-й уровень достоверности различий.

Выбор статистического критерия зависит от применяемой шкалы (табл. 5.5). Подробные рекомендации по выбору и использованию критериев можно найти в [5.17, 5.27, 5.29—5.33].

Таблица 5.5

**Статистические критерии, применяемые для разных шкал [5.32]**

Шкала измерений	Статистический критерий
Отношений	Крамера — Уэлча, Вилкоксона — Манна — Уитни
Порядковая	Вилкоксона — Манна — Уитни, $\chi^2$
Номинальная	$\chi^2$
Дихотомическая	Фишера

После изучения сходства (различий) переходят к решению следующих задач [5.32—5.37]:

1) изучению взаимосвязи между переменными и вычислению её тесноты, что для экспериментатора означает получение статистического доказательства зависимости каких-либо процессов и явлений

<sup>1</sup> Число степеней свободы  $k = S - 1 - R$ , где  $S$  — число групп выборки;  $R$  — число параметров предполагаемого распределения, которые оценены по данным выборки. Для нормального распределения  $R = 2$  (математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение), так что  $k = S - 3$ .

<sup>2</sup> Уровень значимости здесь — это вероятность отклонения нулевой гипотезы, несмотря на то что она верна.

<sup>3</sup> Так, если  $F_{ф} > F_{кр}$ , то  $H_0$  отвергается. Однако для некоторых критериев (например, критерия Манна — Уитни), следует придерживаться противоположного правила.

друг от друга либо доказательство обратного (*корреляционный анализ*);

2) проверке зависимости одной нормально распределённой случайной величины (так называемого *результативного признака*) от нескольких величин — факторных признаков, или *факторов*<sup>1</sup> (*дисперсионный анализ*);

3) установлению формы и изучению зависимости между результативным признаком и факторами (*регрессионный анализ*).

Остановимся лишь на корреляционном анализе. *Корреляцией* называют связь между двумя или более переменными.

В случае двух переменных, величины которых даны в шкале отношений, используется *коэффициент линейной корреляции Пирсона*  $r(x, y)$ , который принимает значения от  $-1$  до  $+1$  и вычисляется по формуле

$$r(x, y) = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s_x \cdot s_y} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}. \quad (5.16)$$

На рис. 5.3 даны иллюстрации типов *линейной*<sup>2</sup> связи между величинами  $x$  и  $y$  для разных значений коэффициента корреляции Пирсона.

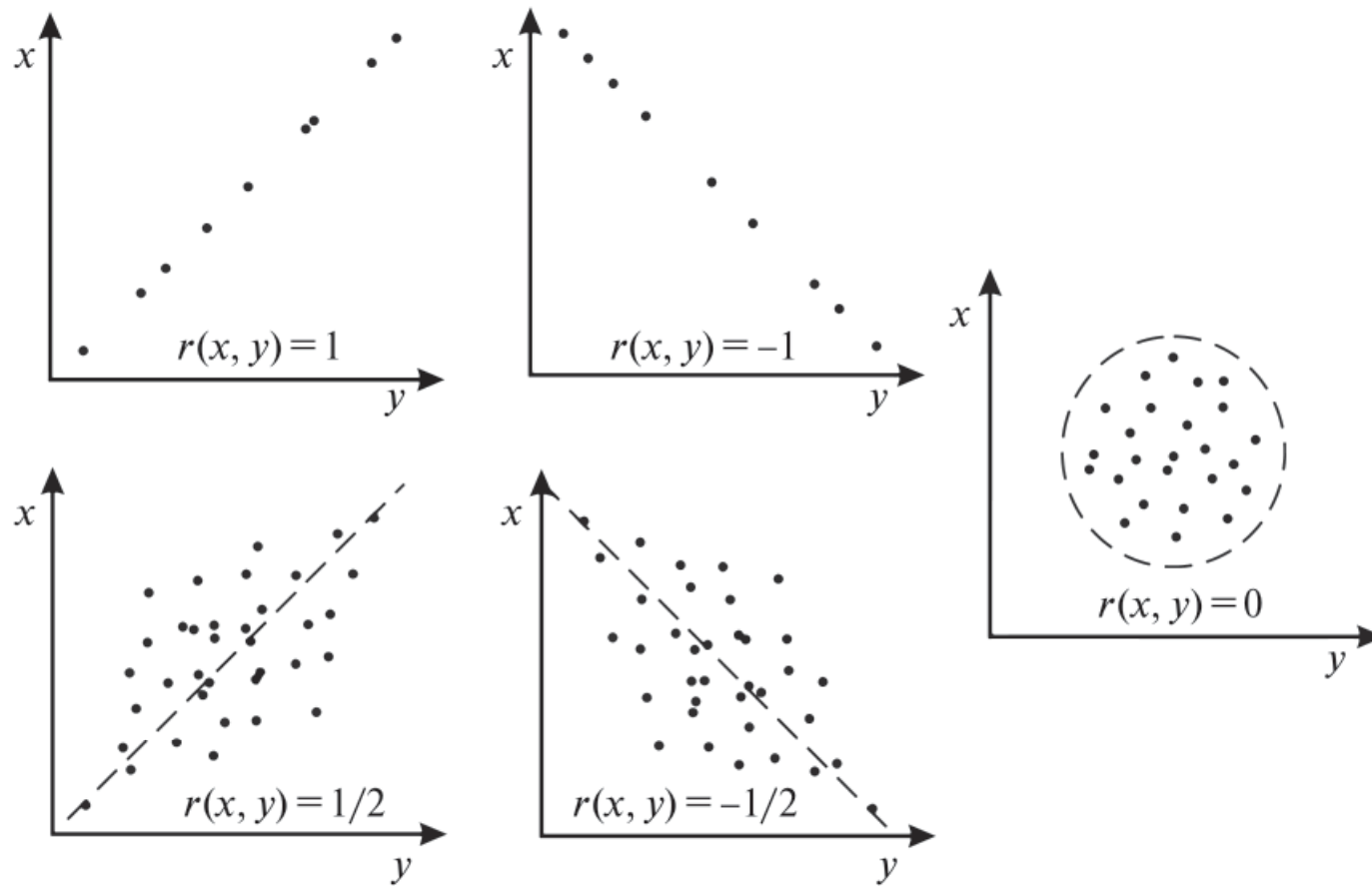
Показаны случаи, которые классифицируются следующим образом:

- сильная положительная связь  $r(x, y) = +1$ ;
- слабая положительная связь  $r(x, y) = +1/2$ ;
- линейной связи нет  $r(x, y) = 0$ ;
- слабая отрицательная связь  $r(x, y) = -1/2$ ;
- сильная отрицательная связь  $r(x, y) = -1$ .

Таким образом, чем выше абсолютное значение коэффициента Пирсона, тем сильнее исследуемые переменные линейно связаны между собой. С другой стороны, при многократном исследовании одних и тех же явлений у экспериментаторов (из практического опыта) всегда возникает представление о том, какое значение  $r_{кр}$  может быть достаточным, чтобы считать корреляцию статистически достоверной. То есть если  $r(x, y) > r_{кр}$ , то коэффициент корреляции считается «значимым», а корреляционная связь — статистически достоверной.

<sup>1</sup> В роли факторов могут выступать как случайные, так и неслучайные величины, а представлены они могут быть в интервальной, порядковой или номинальной шкалах.

<sup>2</sup> Эпитет «линейный» означает, что одна переменная линейно зависит от другой, т.е. существуют константы  $a$  и  $b$ , такие, что  $y = ax + b$ .



**Рис. 5.3.** Коэффициент линейной корреляции для различных ситуаций

Важно понимать, что наличие корреляции двух переменных не означает автоматически, что между ними существует *причинная связь*, т.е. величина  $x$  вызывает появление  $y$  или, напротив,  $y$  вызывает появление  $x$ . И вот почему:

- $r(x, y)$  изначально непригоден для выявления причинно-следственных связей;
- связь, которую часто наблюдают в эксперименте, может существовать благодаря другим переменным, а не двум рассматриваемым в статистической модели явления;
- сами переменные  $x$  и  $y$  могут быть настолько искусственными, чтобы за связь между ними отвечала лишь одна причина<sup>1</sup>.

«Гласс Дж. и Стенли Дж. в своей монографии [5.5] подробно рассматривают некоторые проблемы, возникающие при попытке выявить причинные связи с помощью корреляции. Так, например, справедливо, что в США существует положительная корреляция между средним заработком преподавателей в школах и процентом выпускников, поступивших в колледж. Значит ли это, что высокооплачиваемое школьное преподавание вызывает появление лучше подготов-

<sup>1</sup> Например, такой распространенный показатель, как «прожиточный уровень жизни», — результат многочисленных влияний, да и, чего греха таить, процедура его вычисления является нередко политизированной и поэтому неоднозначной.

ленных абитуриентов колледжа? Увеличится ли процент выпускников, поступивших в колледж, если повысить плату преподавателям? Конечно, утвердительные ответы на эти вопросы не объяснить одной ассоциативной связью. Связь между двумя факторами не проста, кроме того, еще не упоминалась одна существенная переменная, которая характеризует финансовые и экономические условия жизни общества и определяет его возможность нести расходы как по оплате преподавателей, так и по обучению в колледжах. Наряду с этим экономическая и финансовая обстановка отчасти зависит от интеллектуальных возможностей населения — другой переменной, вносящей вклад и в более высокую оплату педагогов, и в повышенную посещаемость колледжей молодежью.

Установлено, что процент «исключённых» из школ отрицательно коррелирует с числом учебников, приходящихся на ученика в библиотеках этих школ. Но *здравый смысл* (курсив наш. — Прим. авт.) подсказывает нам, что нагромождение книг в библиотеке не больше повлияет на число исключённых, чем наём ленивого служащего — на магическое увеличение школьной библиотеки.

Многие исследователи не останавливаются на том ложном выводе, что корреляция свидетельствует, на первый взгляд, о причинной зависимости, а выводят также и другое заключение. Они приписывают причинной связи определенное направление. Например, предположим, что в большой группе учащихся коэффициент корреляции между тревожностью ( $x$ ) и результатом теста  $IQ$  ( $y$ ) равен  $-0,60$ . Означает ли это, что большое волнение привело к тому, что учащиеся плохо выдержали испытание, а более спокойные ученики, не травмированные страхом, оказались в состоянии успешно проявить свои способности? Этот вывод склонны делать некоторые исследователи. Но разве не столь же правдоподобно считать, что сам этот тест есть фактор, вызывающий беспокойство? Не могли ли тупые ученики бояться испытания их интеллекта, а способные — найти эксперимент приятным и не вызывающим беспокойства? В данном случае вопрос в том, можно ли сказать, что  $x$  вызывает  $y$  или что  $y$  вызывает  $x$ ? Обычный коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$  не может дать ответ на этот вопрос. **Без экспериментальной проверки связи сами по себе часто трудно интерпретировать. Искусный экспериментальный подход к той же самой задаче предполагал бы формирование группы тревожных учеников и сравнение их оценок с оценками контрольной группы** (выделение наше. — Прим. авт.).

Хотя корреляция прямо не указывает на причинную связь, она может служить ключом к разгадке причин. При благоприятных условиях на её основе можно сформулировать гипотезы, проверяемые экспериментально, когда возможен контроль других влияний, помимо тех немногочисленных, которые подлежат исследованию.

Иногда отсутствие корреляции может иметь более глубокое воздействие на нашу гипотезу о причинной связи, чем наличие сильной корреляции. Нулевая корреляция двух переменных может свидетель-



ствовать о том, что никакого влияния одной переменной на другую не существует, при условии что мы доверяем результатам измерений и что коэффициент корреляции Пирсона, измеряющий только частный тип связи, подходит для измерения более общего типа связи, называемой “причинной”. Но все это мало помогает: требуются методы обнаружения причинных связей, а не методы иллюстрации беспричинных явлений» [5.17, с. 114—115].

Поэтому кроме коэффициента Пирсона применяются и другие меры связи — непараметрические, среди которых наиболее широко используется *коэффициент ранговой корреляции Спирмена*<sup>1</sup>:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (5.17)$$

где  $d_i$  — не вычет, как было в (5.3), а *разность между рангами* признаков  $x$  и  $y$ ;  $n$  — число парных членов ряда или объём выборки:

«В основу конструкции этого показателя положены весьма простые соображения. Ранжируя попарно связанные значения признаков, можно видеть, как они распределяются относительно друг друга. Если возрастающим значениям одного признака  $x$  соответствуют возрастающие значения другого  $y$ , то между ними существует положительная связь. Если же при возрастании значений одного признака значения другого последовательно уменьшаются, это указывает на наличие отрицательной связи между ними. При отсутствии корреляции ранжированным значениям одного признака будут соответствовать самые различные значения другого.

Обозначив ранжированные значения признаков порядковыми числами 1, 2, 3, 4, ..., нетрудно определить ранги этих значений и по их разностям судить о степени зависимости одного признака от изменений другого. Очевидно, при полной связи ранги коррелируемых признаков совпадут и разность между ними будет равна нулю. В таких случаях коэффициент корреляции рангов окажется равным единице. Если же признаки варьируют независимо друг от друга, то... коэффициент корреляции рангов равен нулю. Таким образом, коэффициент корреляции рангов выражается в долях единицы и может принимать значения от  $-1$  до  $+1$ , т. е. сопровождается положительным или отрицательным знаком» [5.17, с. 122].

Есть и другие меры корреляции, которые следует выбирать в зависимости от используемой шкалы. Если изучаемые признаки распределяются нормально, то предпочтение следует отдавать коэффициенту корреляции Пирсона. Если коррелируемые признаки

---

<sup>1</sup> Он может применяться в порядковой и интервальной шкалах.

не распределяются нормально, то следует использовать коэффициент ранговой корреляции Спирмена и другие непараметрические показатели, которые:

- независимы от закона распределения;
- позволяют измерять корреляцию между признаками, которые не поддаются непосредственному измерению, но могут быть выражены баллами или другими условными единицами, позволяющими ранжировать выборку.

Для облегчения выбора меры связи используйте табл. 5.6.

Таблица 5.6

**Меры связи, применяемые для разных шкал  
[5.17, с. 129—130]**

Тип шкалы для переменных $x$ и $y$		Метод вычисления корреляции	Примечания
Интервальная или отно- шений	Интервальная или отношений	Коэффициент корреляции Пирсона	Обе переменные должны быть нормально рас- пределенными
Интервальная или отно- шений	Интервальная или отношений	1. Ранговые коэф- фициенты корреле- ляции (Спирмена и Кендалла) 2. Коэффициент Фехнера	Хотя бы одна переменная ( $x$ или $y$ ) не подчиняется нормальному закону распре- деления
Интервальная или отно- шений	Порядковая	Ранговые коэффи- циенты корреле- ляции (Спирмена и Кендалла)	
Порядковая	Порядковая	Ранговые коэффи- циенты корреле- ляции (Спирмена и Кендалла)	
Интервальная или отно- шений	Дихотомическая	Биссерийальный коэффициент корреляции	
Ранговая	Дихотомическая	Рангово-биссерий- альный коэффи- циент корреляции	

Тип шкалы для переменных $x$ и $y$		Метод вычисления корреляции	Примечания
Дихотомиче- ская	Дихотомическая	1. Коэффициент ассоциации 2. Коэффициент корреляции знаков	
Номинальная	Номинальная	Коэффициент взаимной сопряжённости	

Заканчивая эту лекцию, напомним, что хороший эксперимент основан на правильно поставленной цели  $Z$  (или анти- $Z$ ), а также на создании и совершенствовании операторов  $Q$  для её достижения. В этом смысле статистика является лишь одним из таких операторов, служебным, роль которой не следует ни переоценивать, ни недооценивать:

«Статистика — это не волшебная палочка и отнюдь не безошибочный метод. Тем не менее это замечательный инструмент для осмысления мира. Мы можем глубже понять многие явления нашей жизни, чтобы найти им наиболее вероятное объяснение. Многие из нас делают это постоянно (например, мы говорим: “Мне кажется, что этот молодой человек, развалившийся на полу в окружении множества пустых банок из-под пива, хватил лишку”, а не “Мне кажется, что этого молодого человека, развалившегося на полу в окружении множества пустых банок из-под пива, отравили террористы”). Статистический вывод лишь формализует процесс» [5.34, с. 215].

#### Выводы по лекции 5

5.1. Для измерения и наблюдения нужны не только объект (предмет) и измерительный прибор (рабочий орган), но и мера измерения, критерии или показатели (величины) результата измерения. Дана классификация шкал измерений в соответствии с государственной системой обеспечения единства измерений (МИ 2365-96) [5.3].

5.2. Показано, что при переходе от пассивного наблюдения к инструментальному и развитию целенаправленной системы наблюдения (измерения), происходят последовательные или скачкообразные переходы от шкалы к шкале в следующей последовательности: шкала наименований → шкала рангов → шкала разностей → шкала отношений → абсолютная шкала. Абсолютная шкала наиболее удобна для обмена данными между автономными системами измерений, образующими надсистему, что характерно для технауки.

5.3. Перечислены источники ошибок в ходе экспериментов. Дана классификация неточностей в измерениях параметров объектов, применяемая в теории ошибок и включающая промахи, систематические и случайные ошибки.

5.4. Даны основные меры и процедуры определения случайной ошибки измерений, применяемые для работы в различных шкалах (ранговой, интервальной и шкале отношений).

5.5. Даны основные представления о статистических мерах связи, применяемых для разных шкал. Отмечено, что статистику нельзя воспринимать как универсальное средство оценки достоверности результатов, в том числе для выявления причинно-следственных связей в объектах экспериментов.

### *Рекомендации и задания по лекции 5*

5.1. При проведении экспериментов отдавайте себе отчёт, в какой шкале вы будете представлять данные. На различных стадиях решения прямой задачи познания (параграф 2.1) используйте соответствующие шкалы:

№	Стадия	Шкала
I	Фиксация	Номинальная, ранговая
II	Первичная оценка	Ранговая, разностей
III	Постановка целей	(В идеале включает в себя оценку результатов уже использованных шкал)
IV	Разведка	(В идеале включает в себя выявление типов шкал, использованных при решении текущей или смежной задачи)
V	Постановка экспериментов	Номинальная, ранговая, интервалов, отношений
VI	Увеличение надёжности данных	Интервалов, отношений, абсолютная
VII	Проверка выводов в новых целевых звеньях	Отношений, абсолютная

5.2. При переходе от наблюдений к постановке экспериментов старайтесь выявить и минимизировать промахи и систематические ошибки, что:

- облегчит качественную интерпретацию результатов экспериментов;
- может стать причиной случайных открытий;
- увеличит вероятность эффективного применения методов статистики на этапе увеличения надёжности данных.

5.3. Используйте для статистической обработки данных компьютерные программы. Найдите время, чтобы научиться делать статистические оценки полученных вами экспериментальных результатов.

5.4. Пользуясь материалами лекции, оцените, какие ошибки в данный момент времени наиболее существенно влияют на эксперименты, которые вы ведёте.

5.5. Как часто встречаются различные типы ошибок (промахи, систематические ошибки и случайные) на разных этапах развития целенаправленной системы наблюдения (измерения)? Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь материалами параграфов 1.2 и 2.1.

5.6. На сельскохозяйственной исследовательской станции в Новой Зеландии для измерения твердости плодов киви использовали специальный прибор — пенетрометр<sup>1</sup>. После предварительного анализа данных местный статистик изучил график невязок<sup>2</sup> и увидел, что с данными что-то не так. Он снова посмотрел на лист данных и заметил, что использованы два разных почерка. Тогда он повторно проанализировал данные, считая данные, записанные одним почерком, неизвестной константой, умноженной на данные из другого почерка. Оценка величины этой константы составила величину 2,2, что указывало на источник ошибки: один человек фиксировал показания в фунтах, а другой — в килограммах [5.35, с. 4]. Поищите в своей практике ситуации, когда источником ошибок была путаница с единицами измерений и (или) с применяемыми шкалами.

5.7. «Глубокое знание статистики не мешает нечистым на руку людям манипулировать данными, точно так же как хорошее знание Уголовного кодекса не мешает преступникам заниматься своими тёмными делишками» [5.34, с. 87]. Поищите в научной литературе по своей тематике примеры, в которых статистические методы обработки данных используются авторами для маскировки неточностей в измерениях.

5.8. Бытует мнение, что разбитые семьи служат причиной подростковых правонарушений. Пока это не научный факт. Проанализируйте данное утверждение: введите критерии, по которым семьи будут относиться к «разбитым», выберите шкалу для измерения «разбитости», предложите статистические гипотезы о корреляции между семьями и правонарушениями и обоснуйте выбор статистической меры, по которой гипотезы будут подтверждены или опровергнуты. Начините сами, пользуясь данными лекции. А потом загляните в первоисточник [5.36 с. 202].

5.9. По книге [5.38] познакомьтесь с фундаментальными экспериментами физики. Выберите из текста пару примеров и определите, какие шкалы использовались экспериментаторами, почему были выбраны именно эти шкалы и можно ли усилить результаты классических опытов, если перейти к другим шкалам.

---

<sup>1</sup> От лат. *penetro* — проникать куда-либо.

<sup>2</sup> Невязка — разность между значением функции, вычисленным по результатам измерений, и истинным ее значением, возникающая вследствие неизбежных погрешностей измерений.

## Послесловие

### КАК ВЫРАЩИВАТЬ В ЛАБОРАТОРИИ ДРЕВО ПОЗНАНИЯ?

Я имею в виду инстинкт отбора, скрещивания и *селектирования фактов*, который приходит на помощь научному доказательству, создаёт благоприятную среду для обобщения.

*О.Э. Мандельштам*<sup>1</sup>.

К проблеме научного стиля Дарвина. 1932<sup>2</sup>

Пребывая в ожидании благожелательного внимания читателя, осмелимся преподнести ему

**букет реплик**, подаваемых соавторами Э.С. и Б.П.:  
неформальных,  
необъективных,  
не очень связанных между собой,  
не всегда ненаучных.

#### **Реплика Э.С. с гипотезами и примечаниями.**

*Гипотеза 1.* Предположим, что читатель, с подозрением листавший и вертевший в руках нашу книгу, раскрыл её как раз на этой самой странице.

*Гипотеза 2.* Допустим, читатель чертовски молод, как это бывает с магистрантами-аспирантами-адъюнктами, обычно оптимистично настроенными, верящими в свой скорый успех в науке (а также в любви и выплате ипотечного кредита заодно).

Либо, напротив, читатель отягощён знанием, причём научным и не только. Отягощён в такой степени, что уже не мог не стать пессимистом (о чём давно предупреждал Экклезиаст) в одном из следующих вариантов:

- относительно перспектив науки в России (наследственный пессимист);
- относительно перспектив науки как таковой (science-пессимист);
- относительно персональных перспектив в своей родной науке (здоровый пессимист).

---

<sup>1</sup> *Осип Эмильевич Мандельштам* (1891—1938) — поэт, переводчик, литературный аналитик, мемуарист.

<sup>2</sup> [6.1, с. 214].

*Гипотеза 3.* «Методология эксперимента» пригодится читателям всех типов, даже если им по роду профессиональных занятий не приходится иметь дела с научными экспериментами.

Pardon! Я ж не дал рабочей дефиниции. Даю.

*Рабочая дефиниция пессимиста vs оптимиста* (заимствована у И.Н. Голомштока<sup>1</sup> [6.2, с. 9]):

Пессимист (*уныло*): «Умирать пора».

Оптимист (*радостно*): «Давно пора!»

*Примечание 1.* Наиболее последовательным, хотя и редким в наших палестинах, является science-пессимист. С помощью такого самодельного неологизма я пытаюсь определить взгляд, более распространённый у гуманитариев, чем у естественников, тем паче у экспериментаторов. Согласно ему мы беспомощно присутствуем при начале *конца науки*, *Science*, изучающей природу и человека как её часть. Пожалуй, среди изданий на русском языке учёный пессимизм как некое мировоззрение наиболее концентрированно раскрыл американец Дж. Хорган. Он провёл серию интервью с корифеями науки в конце XX в. [6.3].

*Примечание 2.* Понятие «конец науки» видится здесь как вполне объяснимый психологически антропоморфизм<sup>2</sup>: Дж. Хорган эффектно приписывает науке бренность<sup>3</sup>, свойственную каждому человеку и локальным сообществам людей, приблизительно по такой схеме: «науку делают люди» ⇒ «все люди бренны и смертны» ⇒ «наука тоже смертна» ⇒ «неизбежен конец науки» ⇒ «да вот и он!» Прав ли Хорган, исполняя свой Requiem науке?

*Примечание 3.* На наш взгляд, подобный ход мыслей (если он верно угадан) и печальный вердикт Дж. Хоргана совершенно игнорируют репликационную<sup>4</sup> природу живого вообще и познания как

<sup>1</sup> Игорь Наумович Голомшток (р. 1929) — советский и английский искусствовед, один из лидеров диссидентского движения в СССР, политэмигрант (1972); живёт в Лондоне.

<sup>2</sup> Антропоморфизм (от др.-греч. ἀνθρωπος — человек + μορφή — форма) — перенесение присущих человеку свойств на явления природы, растения, животных и т.п.; представление божеств в образе человека.

<sup>3</sup> Вспомним, что бренный — глиняный, взятый от земли, от праху; скудельный, слабый, поддающийся разрушению; бренность — непрочность, разрушимость, подчинённость общим законам конечной, земной природы, брение — распущенная глина, грязь [6.4, стлб. 311—312].

<sup>4</sup> Репликация (от лат. *replicatio* — развёртывание, перевёртывание; круговое движение [6.5, с. 551] — спонтанное *самовоспроизведение* строения информационных структур в соответствующих условиях. Репликацию осуществляет *репликатор* — самовоспроизводящаяся и способная к изменчивости, но устойчивая и самодостаточная единица информации (информационный «квант»).

атрибута живого [6.6, 6.7]. Дж. Хорган, видимо, не подозревал о выводах теории социальных эстафет. Её с конца 1960-х гг. в Новосибирске и затем в Москве разрабатывал методолог и науковед *Михаил Александрович Розов* (1930—2011) [6.8, с. 38—47]. Описывая механизмы появления, распространения и сохранения научного знания, М.А. Розов ввёл позднее понятие «куматоид»<sup>1</sup>, которое является частным случаем репликатора.

*Примечание 4.* Дискуссия с убеждённым science-пессимистом Дж. Хорганом увела бы в сторону и здесь неуместна. К тому же ряд концептуальных положений против похоронной теории конца науки содержится в работе физика *Александра Дмитриевича Панова* [6.9]. Некоторые из них дополняются в гл. 7 книги [6.10].

Читатель способен проверить на себе, насколько гипотеза 3 правдоподобна. Для подъёма его креативного уровня было бы полезно, используя материал лекций 1, 2, 4, критически оценить основные положения Дж. Хоргана, М.А. Розова, А.Д. Панова, заглянув в их книги [6.3, 6.8, 6.9]. Невредно также познакомиться с родословной термина «методология».

**Реплика Б.П. этимологическая (обязательная для литерофагов<sup>2</sup>).** Читателю, наверное, очевидно, что термин «методология» есть конструкция из трёх древнегреческих корней. Ясно, что здесь  $\lambda\omicron\upsilon\omicron\sigma$  — «наука, учение», а  $\mu\acute{\epsilon}\theta\omicron\delta\omicron\sigma$  означает буквально «путь (одоо) вслед за чем-либо, преследование»; в более широком смысле — «способ исследования, научное исследование» [6.11, стлб. 788]. Словарь Даля толкует метод как «способ, порядок, основания; принятый путь для хода, достижения чего-либо, в виде общих правил» [6.12, стлб. 843]. Слово «метод» переводят и как «со-путник, попутчик» [6.13, с. 83], производя от предлога  $\mu\epsilon\tau\alpha$  — сообща, вместе; в сложных словах означает соучастие +  $\omicron\delta\omicron\sigma$  — дорога, путь [6.11, стлб. 800, 864].

---

<sup>1</sup> Социальный куматоид (от др.-греч.  $\kappa\upsilon\mu\alpha$  — волна +  $\epsilon\acute{\iota}\delta\omicron\sigma$  — 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» [6.8, с. 39].

<sup>2</sup> Литерофаг (от лат. *lit(t)ëra* [6.5, с. 366] — буква + др.-греч.  $\phi\acute{\alpha}\gamma\omicron\sigma$  — обжора [6.11, стлб. 1303]) — буквоед.



На наш взгляд, существенней то, что древний грек слово  $\mu\acute{\epsilon}\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$ <sup>1</sup> непосредственно связывал, тесно ассоциировал с родственным ему существительным «методейя» ( $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\epsilon\acute{\iota}\alpha$  — коварство, хитрость) [6.11, стлб. 788]. Добавим, что в речи образованных русских и в нашей литературе XIX — начала XX в. слово «методейя» встречалось не так уж редко. Порой оно передавало лёгкий оттенок иронии. В подобных ситуациях в устах наших соотечественников звучала и «метóда» — синоним термина «метод». («Ну что у тебя за метóда!» — укоризненно и огорчённо восклицала бабушка в начале 1950-х гг., когда я опять действовал негодным образом.) Здесь вполне уместна напрашивающаяся параллель с хитростью — охотничьей либо военной. А нет ли у методологии более глубинных корней в прошлом?

**Реплика Э.С. палеонтологическая.** Один из ведущих физиков современности Б. Грин, работающий в США и прославивший себя результатами в теории суперструн, не случайно 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» [6.14, с. 35]. Маскировки... Вдумаемся: Б. Грин квалифицирует природу (в изучении которой столь велика и *ответственна* роль эксперимента!) как — нет, не противника, но — **соперника** человека. Значит, когда-то человек дерзнул и рискнул выйти на этот поединок?

Да, дерзнул и рискнул. Вероятно, подражая приматам, т.е. перенимая их «методологию»  $Q$ , он начал с выбора подходящих для некоторых целей  $Z$  каменных орудий  $Q_1$ , а затем и их примитивной обработки (строая новый оператор  $Q_2$ ). По существу, то был *первый эксперимент*. Он стал одной из точек бифуркации<sup>2</sup> на пути челове-

<sup>1</sup> Отсюда наше имя Мефодий (от др.-греч.  $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\iota\kappa\omicron\varsigma$  — прослеживающий), т.е. порядочный, правильный, основательный, одним словом, методический, извините за каламбур! Упрощённый вариант имени — Нефёд.

<sup>2</sup> Термин «бифуркация» (от лат. *bi* — два + *furca* — вилка) означает развилку, разветвление (дороги). 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 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.

чества, или очередным биосферным фазовым переходом, как выражается А.Д. Панов. Случилась эта палеолитическая революция 2—1,5 млн лет назад. Её совершил *Homo habilis* — человек умелый [6.9, с. 34].

«Умелый» — значит, имеющий ум и обладающий способностью им успешно распорядиться, т.е. решить ту или иную проблему<sup>1</sup>. Отсюда логично предположить, что именно *Homo habilis* — родоначальник методологии эксперимента как вида ЦСД. Ценой каких потерь человек сумел подняться на эту эволюционную ступеньку? Пожалуй, мы можем только гадать. Отчасти в этих догадках нам способны помочь исторические примеры, которые были приведены в лекциях 1, 2, 4. Благодаря им читателю, надеюсь, становится ясно: всегда и в новейшее время тоже нетривиальное научное исследование вряд ли обойдётся без перипетий<sup>2</sup>. Или, выражаясь языком предпринимателя, оно есть предприятие явно *рискованное*. И от неудачи никто не застрахован, sorry. Следовательно, внимание к методологии эксперимента способно сослужить добрую службу магистранту, а тем паче аспиранту и начинающему профессионалу в науке.

**Реплика Б.П. внутрисемейного происхождения.** Спешу разочаровать насторожившегося читателя: ничего интимного. Хотя личная жизнь будет чуть затронута. Так вот, отцом дамы, которая мне когда-то приглянулась (вскоре она согласилась стать моей женой), оказался химик-аналитик А.Г. Стромберг<sup>3</sup>. Однажды он вспоминал при мне, что году в 1930-м, будучи студентом-политехником, он проходил производственную практику на одном из металлургических заводов Урала. В цехе, где ему предстояло знакомиться с технической стороной дела, юношу встретили вполне доброжелательно. Разъясняя ему главную обязанность практиканта, пожилой

<sup>1</sup> Нынче способность эту модно именовать «компетенцией».

<sup>2</sup> Перипетия (от др.-греч. περιπέτεια — внезапная перемена (хорошая и худая); неожиданное несчастье; в драме — развязка < περιπέτεια — упавший или попавший в середину чего-либо; неожиданно, внезапно попавший куда-либо [6.11, стлб. 986]) — неожиданное обстоятельство, влекущее осложнения; неожиданная перемена в каком-либо деле, в жизни.

<sup>3</sup> Армин Генрихович Стромберг (1910—2004) — глава томской научно-образовательной школы по инверсионной вольтамперометрии. Его личности, судьбе и достижениям в электрохимии посвящена книга [6.15], выпущенная в Лондоне по инициативе учёных Оксфордского университета. Среди биографий отечественных учёных — случай чрезвычайно редкий, особенно за последний век. Заслуги Стромберга отмечены в солидных историко-научных трудах [6.16, с. 644; 6.17, с. 97—178].

рабочий назидательно произнёс: «Это тебе *не* институт. Здесь **думать** надо!»

Читатель, я уверен, понимает: было бы ошибкой потешаться над наивностью уральского пролетария. В институте-то он, конечно, не учился. Но рабочий имел, вероятно, должный запас наблюдений за первыми шагами претендентов на звание инженера-металлурга. У них типичным, неизбежным и потому, наверное, простительным пороком был, мягко говоря, недостаток методологии эксперимента. Императив «здесь **думать** надо!» универсален и вечно злободневен. Он в равной мере относится и к выработке методологии эксперимента, и к её развёртыванию в каждом конкретном эксперименте. А он всегда в каком-то аспекте нов и потому чреват непредвиденными побочными продуктами *W*.

Но мысль со словом нераздельна. И потому нельзя не спросить: на каком языке предпочтительней думать экспериментатору, решая методологические проблемы?

**Реплика Б.П. когнитологическая.** Не зря в лекциях 1, 2, 4 пособие тактично приучает читателя к экспериментаторской *бдительности*. Иначе говоря, готовит к перипетиям, к столкновениям с проявившимися последствиями *W* его действий. В реальных обстоятельствах от экспериментатора требуется распознать присутствие *W* в системе, а главное — найти способ ограничить их вредоносное влияние.

Как помочь читателю пестовать и всемерно усиливать в себе такую бдительность? Для этого в лекциях 1, 2, 4 предлагается своего рода *методологический несессер*<sup>1</sup>. Отчасти он напоминает нам продуманную инструкцию к комплекту деталей мебели, сконструированной для заказчика по принципу «Собери сам». Здесь цель *Z* сборки — успешный во многих отношениях эксперимент. Роль же инструкции *Q* играет разработанный В.И. Корогодиным (1929—2005)<sup>2</sup> простой язык описания ЦСД [2.2], т.е. символические записи (2.1)—(2.3). Язык-то предельно прост, но открывает весьма широкие возможности для анализа деятельности экспериментатора и его (само)обучения. Язык этот позволяет формализовать и наглядно представить:

---

<sup>1</sup> Nécessaire de toilette (фр.) — набор принадлежностей для личного туалета, шитья и т.п. в удобном футляре.

<sup>2</sup> Кстати говоря, Эдуард Анатольевич Соснин состоял в переписке с Владимиром Ивановичем [6.18].

1) описания этапов развития целенаправленной системы действий экспериментатора в основных ситуациях (рис. 1.1—1.4, табл. 2.1, 4.1);

2) структурные и динамические *инварианты* (закономерности) развития исследовательской ЦСД (рис. 2.1—2.4);

3) свод правил целенаправленной фиксации результатов и их обработки, системно упорядоченный в лекциях 4, 5, а потому полезный для широкого круга современных экспериментаторов.

Позволю себе остановиться на слове, набранном курсивом. Наука издавна охотится за инвариантами. Она ищет их с тем же пылом, что и многообразнейшие отдельные факты, порой не сравнимые друг с другом или даже вообще ни с чем не сравнимые (на первый взгляд). Если читатель усомнится, что именно в этом состоят главные цели науки, то пусть откроет, скажем, занимательную книгу радиофизика Д.И. Трубецкого [6.19]. Оригинальная по научному содержанию лекция 3 — превосходный пример двух не очень похожих явлений, наблюдаемых в совершенно различных (на первый взгляд) условиях. Инвариантность (от фр. *invariant* — неизменяющийся) — неизменность, независимость от чего-либо.

Читатель-исследователь, конечно, понимает, что в его случае это независимость *алгоритмов* (*Q*) его мышления и действий от бесконечного разнообразия конкретных особенностей всевозможных экспериментов, а также от оборудования, методики их выполнения etc.

Известно, что построение таких алгоритмов (*Q*) составляет одну из магистральных задач *когнитологии* (от лат. *cognitio* — познание (чувствами и умом); изучение; понятие, представление; исследование [6.5, с. 102]). Для неё, кажется, ещё нет общепринятого определения. Часто когнитологию толкуют как систему методов и приёмов получения, обработки, хранения и использования человеческого знания [6.20, с. 174]. В дальнейшем мы будем исходить из этой дефиниции<sup>1</sup>.

Когнитологи (такая профессия на Западе есть уже лет 30) практикуют многодневные и даже многомесячные интервью с учёными, стремясь перевести их внутреннюю «речь» на общедоступный язык, понять их персональные «секреты». На языке ког-

---

<sup>1</sup> Порой когнитологию практически отождествляют с *когнитивистикой*. Когнитивистика (от. англ. *cognitive* — познавательный), или когнитивные науки, *cognitive sciences*, — междисциплинарное направление исследований. Оно 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 [6.20, с. 174; 6.21, с. 7].

нитолога это есть алгоритмы ( $Q$ ) их мыслительных действий, т.е. тоже инварианты, или закономерности, творческой активности. Причём проблема не в том, что одарённые исследователи намеренно скрывают свой любимый способ мышления и действия. Речь, естественно, идёт не о *know-how* и технологических секретах. Увлечённые натуры нередко не сознают, как они приходят к превосходному, неожиданному и единственно верному решению etc. Поэтому их давно принято считать обладателями не вполне сознаваемого ими, а потому труднодоступного (для их собеседников и учеников) знания. Когнитологи называют его неформализованным (латентным<sup>1</sup>, или личностным, *tacit knowledge*, по терминологии М. Полани [6.22]).

Возможно, читатель обнаружит: наше учебное пособие отличается ещё и тем, что даёт исследователю в руки *надёжное* когнитологическое средство. Что это утверждение значит? Допустим, прилежный читатель освоил инструменты, перечисленные выше в п. 1—4. И что тогда? А тогда он в состоянии осознавать, оценивать, целенаправленно делать свои шаги, проектируя, осуществляя, корректируя ход опытов. Что же означает на языке когнитологии такой *modus cognandi* и взаимосвязанный с ним *modus operandi* экспериментатора?

Ответ: *рационализацию* капризного порой процесса творчества. А через рационализацию, т.е. через рост осознанности, осмысленности, организованности своих действий, лежит путь к существенному повышению степени *управления* познанием. (Или, как выражаются иногда, *level of cognitive management* [6.23].) В итоге исследователь способен стать сам себе когнитологом... И такая линия на повышение его *методологической самостоятельности*<sup>2</sup> весьма характерна для научно-педагогической стратегии Э.А. Соснина (см., например, [6.24—6.26]).

**Реплика Э.С. фрактально-семиотическая.** Испытывает ли невольно читатель эстетическое чувство, созерцая рис. 2.3 (развёртывание и свёртывание экспериментальной ЦСД) и рис. 2.4 (уровни развития ЦСД)? Если испытывает, то это, рискну предположить, симптом, который свидетельствует о методологической жилке у него. Дело в том, что содержание рис. 2.3 и 2.4 оказывается тоже

---

<sup>1</sup> Латентный (от лат. *latens (latentis)* — скрытый, невидимый) — незаметный для наблюдателя.

<sup>2</sup> На языке притчи она есть владение удочкой (оператором  $Q$ ), а не только рыбой (ресурсом  $R$ ).

инвариантами. Только представлены они в геометрическом виде. Гармония их строения, как говорится, ласкает глаз. Более того, визуализация действий, показанная на рис. 2.2—2.4 (и на рис. 1.2—1.4), побуждает задуматься над потенциальным продолжением работы с ними.

Насколько могу судить, принципиальное достоинство схем, представленных на рис. 2.2—2.4 и 1.2—1.4, — пригодность их к *рекурсивному*<sup>1</sup> усложнению. Оно именно принципиальное, ведь рекурсия — ключевая категория в современном естествознании. Она интегрирует универсальные понятия: фрактальность, репликацию, самоизменение, включая самообновление [6.27, 6.28]. Когнитивное и методологическое значение рекурсии выразимо глубокой сентенцией Ж. Пиаже: «Разум организует мир, организуясь сам». Полагаю, что мы были бы вправе поставить эти слова эпиграфом к своему учебному пособию. Некоторые из выбранных нами с дальним прицелом (для воздействия на ментальную сферу читателя) историко-научных эпизодов в лекциях 1, 2, 4 иллюстрируют тезис Ж. Пиаже.

Одновременно эти поучительные (нередко драматичные) эпизоды могут быть истолкованы на языке фрактального<sup>2</sup> описания познавательной деятельности. И приписывать фрактальные свойства всему и вся — это не дань моде (впрочем, хаять её грех: мода есть синергетический механизм установления нового порядка в системе [1.2, с. 79—86]). Я имею в виду междисциплинарное направление, которое не может не затронуть и методологию, — *фрактальную семиотику*<sup>3</sup>. Её изобретательно и убедительно выстроил

---

<sup>1</sup> Рекурсивный — связанный с рекурсией, свойственный ей. Рекурсия (от позднелат. *recursio* — возвращение) — регулярное повторение действия с использованием результата, полученного в предшествующем акте этого действия.

<sup>2</sup> Фракталами в строгом смысле называют математические объекты с нецелочисленной размерностью (дробной, или размерностью Хаусдорфа — Безиковича), допустим, 2,3: объект этот уже не плоскость, но ещё не объём. Отсюда и этимология термина: англ. *fractal* < лат. *fractus* — надломленный [6.5, с. 264]. Многие из фракталов обладают свойством *самоподобия* (т.е. масштабной инвариантности): их части структурно подобны целому. Историю понятия см., например, в [6.29—6.31].

<sup>3</sup> Семиотика (от др.-греч. σημειωτική — учение о знаках < σήμα — знак) — наука, изучающая свойства знаков и знаковых систем: естественные языки, языки программирования, математические и логические исчисления, символы в мифологии, религии, искусстве, науке, правила и коды поведения etc.

*Владислав Валерьевич Тарасенко* в начале 2000-х гг. Для слуха читателя, думаю, чрезвычайно интригующе звучат подзаголовки его работ: наблюдатель в масштабах языка [6.32]; «слепые пятна», перипетии и узнавания [6.33]. Пожалуй, сегодня это самый плодотворный перенос математического понятия фрактала как рекурсивного процесса в фундаментальную гуманитарную науку — семиотику. (Трансфер фрактального метода в естествознание совершился в конце XX в. и продолжает расширяться [6.30, 6.31].)

**Реплика Б.П. проектная.** Легко вообразить читателя, который желает испытать свои умственные силы и ищет достойную его проблему, труднее — такого, кто для этого взялся бы за дальнейшую разработку методологии эксперимента. Между тем он мог бы, например, объединить подход, показанный в лекциях 1, 2, 4, с фрактальной концепцией познания. В этом неординарном интеллектуальном предприятии ему пригодился бы и материал, содержащийся в трудах [6.27—6.33].

Надо открыто признаться: к такой провокации читателя меня подталкивает скромный опыт трактовки и описания с позиции фрактальной семиотики ёмкой категории «метаморфозы<sup>1</sup> смысла» [6.34]. Её вводит (1927) русский философ-энциклопедист *Густав Густавович Шпет* (1879—1937). Он анализирует изменение качества знания на путях «от факта к теории; от прагмы<sup>2</sup> к логическому предвидению». (В близком ключе размышляет и О.Э. Мандельштам — см. эпиграф к «Послесловию».)

Но разве не эти пути лежат в фокусе внимания «Методологии эксперимента»? «Наше познание начинается вместе с опытом, и всякое переживание может быть началом познания, но не всякое переживание само есть познание, и не всякое познание есть научение», — констатирует Г.Г. Шпет [6.35, с. 115, 120]. Нам кажется, что пафос и все сюжеты в учебном пособии вполне согласуются со шпетовским положением.

О том, что «Методология эксперимента» нацелена на рационализацию, на осмысленность исследовательских действий, уже говорилось выше. И в этом плане сейчас уместно сравнить установку Э.А. Соснина с тем, что думает Шпет. Философ уверен: «Каковы

---

<sup>1</sup> Метаморфоза (от др.-греч. μεταμόρφωσις — превращение) — видоизменение, преобразование одной формы чего-либо в другую.

<sup>2</sup> Прагма (от др.-греч. πράγμα — дело (и то, что сделано, и то, что делается, и то, что нужно сделать), положение дел, обстоятельство [6.11, стлб. 1040]) — практическое действие.

бы ни были не установленные ещё законы метаморфоз смысла, ясно, однако, что они не будут ни естественными законами, ни законами исторической смены событий и вещей. Они необходимо должны быть законами логическими, законами внутреннего формообразования...» [6.35, с. 112]. Читатель-скептик, кстати говоря, может сам проверить, если захочет, насколько наши усилия совпадают со шпетовскими соображениями относительно поиска законов «метаморфоз смысла».

Есть ещё один резон для читателя взяться строить надсистему, включающую идеи фрактальной семиотики В.В. Тарасенко и «Методологии эксперимента». Резон появляется при знакомстве со свежей философской статьёй [6.36]. В ней О.М. Корчажкина тоже рассматривает познание как фрактальный процесс и поиск смысла [6.36, с. 96]. Она опирается на монографию «Фрактальная логика» В.В. Тарасенко [6.29] и развивает начатое им использование концепции «распаковки смысла» В.В. Налимова<sup>1</sup>.

Насколько можно судить, сильная сторона работы О.М. Корчажкиной — обращение к гипотезе сознания на квантовом уровне, которую выдвинули в 1996 г. Р. Пенроуз и Ст. Хамерофф (правда, в её статье почему-то не учитывается их новейшая и усовершенствованная версия *orchestrated objective reduction theory*<sup>2</sup>). Настораживает то, что автор статьи [6.36] обходится без помощи понятия репликации, когда ведёт речь о превращении «Беспорядка» в «Порядок». Декларируется, что «метафора фрактала даёт возможность визуализировать» процесс познания [6.36, с. 93]. Однако парадокс в том, что *вопреки* этому ведущему тезису статью [6.36] не венчает какая-либо геометрическая конструкция, схема и т.п., раскрывающая итерационный характер познавательной активности. В этом обстоятельстве видится некая «методологическая брешь».

Поэтому самое время энергичному читателю начать закрывать её! В его распоряжении эвристические каноны, изложенные в нашей книге, а также рекурсивные свойства рис. 2.3, 2.4. Изображённые на них структуры как раз и визуализируют рекурсию, релевантно выражая фрактальный характер экспериментальной ЦСД.

Самостоятельный интерес представляет, я предполагаю, перенесение контекста, который породил рис. 2.2—2.4, в проблемное поле фрактальной семиотики [6.32, 6.33]. Допустим, почему бы читателю:

---

<sup>1</sup> На классические труды *Василия Васильевича Налимова* (1910—1997) по теории эксперимента Эдуард Анатольевич ссылается во «Введении».

<sup>2</sup> См. обзор [6.37].



1) не рассмотреть сам семиозис, т.е. «означивание», именно как экспериментальную деятельность по преимуществу;

2) не применить корогодинско-соснинский подход для анализа, осознания семиозиса, уточнения его побочных продуктов *W* и т.п.;

3) через «очки» фрактальной семиотики не «прочитать» эвристики, принципы, инструкции, схемы, прецеденты, содержащиеся в учебном пособии;

4) с позиций теории ЦСД не интерпретировать «слепые пятна», перипетии, узнавания и другие методологические новинки В.В. Тарасенко, изложенные в монографии [6.33] etc.?

**Реплика Б.П. верификационная.** Читатель, верно, давно уже объят сомнениями: а с чего бы это ему верить авторам, предъявившим свои методологические построения? Да, такой скептицизм оправдан по отношению к *любому* автору подобного сочинения. Ведь чем дальше любой автор от экспериментальной деятельности, тем меньше доверия к его трактатам, советам и назиданиям.

Заметим всё же, что Эдуард Анатольевич — не выдвигенец на выборах в Государственную Думу, чьи деяния необходимо расхваливать. Его творческая биография физика-экспериментатора есть *верификационный* факт в данном контексте. И биография говорит сама за себя. В лекции 3 он описывает все стадии рождения и младенчества открытия, соавтором которого, точнее двух, он был в первой половине 2016 г. Читателю, искущённому в экспериментальной работе, не может не быть очевидным профессиональное искусство Э.А. Соснина и его коллег, обнаруживших феномен апокампа. Лекция 3 есть *in sui generis* мастер-класс, который он проводит для всех желающих усовершенствовать свои аналитические навыки экспериментатора.

Особенность проблематики лекции 3, по-моему, ещё и в том, что в ней описан *синтез экспериментов*. В сфере теории такой синтез обычно не просто концептуально сложен, но часто растягивается на десятилетия. А то и дольше. Вот пример: усилия по созданию энергодинамики. Так называют интеграцию наук на основе единой термодинамической (безгипотезной) теории скорости процессов переноса и превращения любых форм энергии [6.38]. Надо ли разъяснять, насколько синтез экспериментов нуждается в методологической поддержке?

**Реплика-цитата Э.С.** «Евангельские притчи и схоластические примерчики школьной науки суть поедаемые и уничтожаемые злаки. Экспериментальная же наука, вынимая факты из связной действительности, образует из них как бы семенной фонд — запо-

ведный, неприкосновенный и составляющий как бы собственность нерождённого долженствующего времени<sup>1</sup>.

Позиция экспериментатора по отношению к фактологии, поскольку он стремится к смычке с нею в самой достоверности, по существу своему зыбуча, взволнованна и вывернута на сторону. Она напоминает уже упомянутую мной фигуру вальсированья<sup>2</sup>, ибо после каждого полуоборота на отставленном носке пятки танцора хотя и смыкаются, но каждый раз на новой паркетине и качественно различно. Кружащий нам головы мефисто-вальс экспериментированья был зачат в треченто<sup>3</sup>, а может, и задолго до него, и был он зачат в процессе поэтического формообразования<sup>4</sup>, в волновой процессуальности<sup>5</sup>, в обратимости поэтической материи, самой точной из всех материй, самой пророческой и неукротимой» (Мандельштам О.Э. Разговор о Данте. 1933) [6.1, с. 241].

**Replica medicus Б.П., она же финальная.** Скорее всего, нам не дано узнать (разве что совсем случайно), рассеяло ли наше учебное пособие методологическую хандру читателя. Отвело ли оно

---

<sup>1</sup> Вероятно, Мандельштам имеет в виду речь «с самим собой» о «прообразе всей нашей культуры»:

«— Ты в каком времени хочешь жить?

— Я хочу жить в повелительном причастии будущего, в залоге страдательном — в “долженствующем быть”.

Так мне дышится. Так мне нравится» (этюда «Алагез», 1931—1932) [6.1, с. 208].

<sup>2</sup> Мандельштам, видимо, подразумевает следующий пассаж в «Разговоре о Данте», милый сердцу радиофизика: «Вальс по преимуществу волновой танец. Даже отдалённое его подобие было бы невозможно в культуре эллинской, египетской, но мыслимо в китайской — и вполне законно в новой европейской. (Этим сопоставлением я обязан Шпенглеру.) В основе вальса чисто европейское пристрастие к повторяющимся колебательным движениям, то самое прислушивание к волне, которое пронизывает всю нашу теорию звука и света, всё наше учение о материи, всю нашу поэзию и всю нашу музыку» [6.1, с. 239—240].

<sup>3</sup> Треченто (от итал. *trecento* — триста; *Il trecento* — XIV век) — итальянское название XIV века.

<sup>4</sup> Примечательно, что и Шпет, и Мандельштам выбирают в качестве ключевой категории формообразование, т.е. процессуальность, нестационарность, переходность, становление порядка и т.п. аспекты самоорганизации. Разве динамика напряжённого мышления экспериментатора не составляет параллели к ним?

<sup>5</sup> Вальсовой метафоре Мандельштама отнюдь не противоречит идея суперструн [6.14], помещающая в основу материи свойство волновой процессуальности.

от его экспериментаторской души когти пессимизма? Изменилось ли отношение читателя к «научной методологии», полученной некогда из рук гуманитариев (философов)? Осознал ли он *практическую* ценность способов описания, рефлексии, классификации, периодизации экспериментальной ЦСД, изложенных в лекциях 1, 2, 4? Прояснился ли для читателя (пусть лишь отчасти) его персональный стиль исследовательского мышления? Убедила ли его история мировой науки в том, что продуктивный физик, а также химик, биолог, изобретатель etc. НЕ МОЖЕТ НЕ БЫТЬ *методологом*, хотя бы стихийным?

Заметная доля положительных ответов означала бы, что «Методология эксперимента» обладает для читателя не только эвристическим, но и терапевтическим потенциалом. Обилие действенных рецептов, разработанных в ней, даёт основание назвать учебное пособие на старинный манер: **remedium**<sup>1</sup> Sosnini. Уверен, что передозировка не повлечёт побочных явлений *W* у любого читателя.

Такова была моя живая реакция на *методологический порыв* Эдуарда Анатольевича, воплощённый в этой книге. К нему ведь позволительно подойти не только с прагматической меркой, с прищуром бизнесмена. Значит, надо предположить и высокий идеалистический смысл? Мне видится, скажем, такой: культурные образцы научного экспериментирования непосредственно входят в содержание мировой человеческой мудрости. В её эволюционно обусловленном стремлении умножать свой опыт проявляется «забота человечества о себе». К столь непривычной формуле мы втроём (авторы вместе с Александром Владимировичем Шуваловым) пришли недавно, применяя корогодинскую теорию ЦСД [6.40]. Известно, что забота о себе (αυτοεπιμέλεια [6.11, стлб. 498]) как мировоззрение

---

<sup>1</sup> *Remedium* (лат.) — средство против чего-либо; лекарство, спасительное средство [6.5, с. 547]. Здесь корень *medium*, если он привлёк внимание читателя, переводится как посредник (в частности). Думаю, что это значение прямо намекает на функцию учебного пособия «Методология эксперимента»: посредничать между знанием и реализацией, *knowledge and implementation*.

А ещё — посредничать между наукой и философией в какой-то мере, поскольку методология по своей природе неизбежно философична, *soyгу*. У французского мыслителя и публициста Мишеля Фуко (1926—1984) находим такое сопоставление: «Роль науки заключается в том, чтобы показать нам то, чего мы не видим, роль философии — в том, чтобы сделать видимым то, что мы видим» (цит. по: [6.39, с. 417]). Но, возможно, проницательный читатель-экспериментатор осознал это различие и без Фуко?

восходит к культу Аполлона<sup>1</sup> у греков в архаическую эпоху. Он требовал от посвящённых: познай самого себя (γνῶθι σεαυτόν<sup>2</sup>).

«А в чём тогда состоит *забота о своей науке?*» — вправе поинтересоваться добросовестный читатель. Вероятно, именно в повышенном *внимании к методологии*. А наивысшую степень заботы о науке следовало бы именовать — да позволит мне читатель! — редким словом «базипетальность» .

Мы находим его у екатеринбургского геолога М.П. Покровского, переосмыслившего ботанический термин «базипетальный» (от др.-греч. βάσις — основание + лат. *peto* — стараться достать; направляться, устремляться<sup>3</sup>). Так называют тип развития растения, при котором развитие его частей идёт от вершины *к основанию*. Терминологическая инициатива М.П. Покровского побуждает исследователя или изобретателя осознать стратегическую ориентацию его познавательных усилий. Базипетальность по Покровскому — «направленность на предварительное выявление (а если необходимо и возможно — то и определение, формулировку) понятий и утверждений начальных, базовых для рассматриваемого или создаваемого построения, направленность к “основам” этих понятий и утверждений» [6.42, с. 40]. Очевидно, что осуществляться такая направленность может как сугубо теоретическими, так и лишь экспериментальными средствами.

Парную оппозицию понятию базипетальности составляет акропетальность (от др.-греч. ἄκροσ — верхний, крайний; верх, вершина, край [6.11, стлб. 46])<sup>4</sup>. Применительно к научной деятельности акропетальность есть направленность на построение или *up grade* модели, проектирование объекта и т.п., но в *обоснованном* предположении, что базисные понятия, методы, принципы, модели etc. корректны и релевантны поставленным целям, а потому на них правомерно опираться. Иначе говоря, акропетальность исходит из *презумпции безупречности*, достоверности, непротиворечи-

<sup>1</sup> Не забудем, что Аполлон у греков — блюститель гармонии космической и человеческой; он — водитель Муз, т.е. богинь искусств и науки, Мусагет, Μοῦσαῦγῆτ (от др.-греч. Μοῦσα — Муза) [6.11, стлб. 827].

<sup>2</sup> Изречение было высечено на колонне при входе в храм Аполлона в Дельфах в качестве призыва этого божества к каждому входящему. По преданию, было принесено в дар Аполлону так называемыми семьёю мудрецами Греции (VII в. до н. э.) [6.41, с. 489].

<sup>3</sup> Именно от латинского глагола *peto* (с помощью приставки *com-* и окончания *-itor*) строится существительное *competitor* — соискатель.

<sup>4</sup> В ботанике акропетальным называют такой тип развития растения, при котором *развитие* частей его идёт от основания *к вершине* [6.42, с. 40].

вости, полноты, прояснённости методологического фундамента научной дисциплины. И призыв сторонников Аполлона  $\gamma\upsilon\lambda\theta\iota$   $\sigma\epsilon\alpha\upsilon\tau\acute{o}\nu$  уважающий себя экспериментатор вправе толковать как установку на вдумчивый анализ основ, на которых держится его творческая деятельность: «Познай себя как экспериментатора!»

Следовательно, читающий «Методологию эксперимента» вовлекается в эту испытанную традицию. Вопреки своей древности она нынче — прямая дорога к дискуссиям о постсингулярной эволюции, об экзогуманитарных цивилизациях, о разуме как возможном промежуточном звене в иерархии структурных форм материи во Вселенной etc. [6.9]. Поэтому каждый новый эксперимент, задуманный коллегой-читателем, оказывается символом его личной *причастности* к этой экстраглобальной тенденции.

Ни пуха ему ни пера!

## Список литературы

### Введение

0.1. Всё простое — правда... Афоризмы и размышления Петра Леонидовича Капицы, его любимые притчи, поучительные истории, анекдоты [Текст] / сост. П.А. Рубинин. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2015. — 192 с.

0.2. *Добрынин С.* Физики имеют право на высокомерие [Текст] / С. Добрынин // Вокруг света. 2012. № 5.

0.3. *Налимов В.В.* Теория эксперимента [Текст] / В.В. Налимов. — М.: Наука, 1971. — 208 с.

0.4. *Налимов В.В.* Логические основания планирования эксперимента [Текст] / В.В. Налимов, Т.И. Голикова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1981. — 152 с.

0.5. *Налимов В.В.* О преподавании математической статистики экспериментаторам [Текст] / В.В. Налимов [и др.] — М.: Изд-во МГУ, 1971. — 92 с.

0.6. *Bailey R.A.* Design of Comparative Experiments. — Cambridge University Press, 2008. — 346 p.

0.7. *Montgomery D.C.* Design and Analysis of Experiments. 8th Edition. John Wiley & Sons, 2013. — 752 p.

0.8. *Афанасьева Н.Ю.* Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учебное пособие [Текст] / Н.Ю. Афанасьева. — М.: КноРус, 2010. — 336 с.

0.9. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. — М.: Мир, 1977. — 552 с.

0.10. *Шенк Х.* Теория инженерного эксперимента [Текст] / Х. Шенк; пер. с англ. Е.Г. Коваленко; под ред. Н.П. Бусленко. — М.: Мир, 1972. — 382 с.

0.11. *Джонсон Н.* Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных [Текст] / Н. Джонсон, Ф. Лион. — М.: Мир, 1980. — 511 с.

0.12. *Копнин П.В.* Эксперимент и его роль в познании [Текст] / П.В. Копнин // Вопросы философии. 1955. № 4.

0.13. *Хейзинга Й.* Homo ludens. Человек играющий [Текст] / Й. Хейзинга. — СПб.: Изд-во Ивана Лимбаха, 2011. — 416 с.

0.14. *Мамардашвили М.* Сознание и цивилизация [Текст] / М. Мамардашвили. — М.: Азбука; Азбука-Аттикус, 2011. — 288 с.

0.15. *Ортега-и-Гассет Х.* Что такое философия? [Текст] / Х. Ортега-и-Гассет. — М.: Наука, 1991. — 408 с.

0.16. *Юнгер Э.* Рабочий. Господство и гештальт [Текст] / Э. Юнгер. — СПб.: Наука, 2000. — 539 с.

- 0.17. *Бонецкая Н.К.* «Homo faber» и «homo liturgies» (философская антропология П. Флоренского) [Текст] / Н.К. Бонецкая // Вопросы философии. 2010. № 3.
- 0.18. *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента от античности до XVII века [Текст] / А.В. Ахутин. — М.: Наука, 1976. — 292 с.
- 0.19. *Депар П.* Научная революция как событие [Текст] / П. Депар, С. Шейпин. — М.: Новое литературное обозрение, 2015. — 576 с.
- 0.20. *Бен-Дэвид Дж.* Роль ученого в обществе [Текст] / Дж. Бен-Дэвид. — М.: Новое литературное обозрение, 2014. — 344 с.
- 0.21. *Липсон Г.* Великие эксперименты в физике [Текст] / Г. Липсон; пер. с англ. И.Б. Виханского, В.А. Кузьмина; под ред. В.И. Рядника. — М.: Вузовская книга, 2011. — 96 с.
- 0.22. *Измайлов И.В.* О науке, событиях в истории изучения света, колебаний, волн, об их исследователях, а также глоссы и этимоны [Текст] / И.В. Измайлов, Б.Н. Пойзнер; под ред. А.В. Войцеховского. — Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. — 410 с.
- 0.23. *Шамин А.Н.* История биологической химии: Истоки науки [Текст] / А.М. Шамин. — М.: Наука, 1990. — 384 с.
- 0.24. *Hill D.* A History of Engineering in Classical and Medieval Times. Routledge, 1996. Transferred to Digital Printing 2007. — 464 p.
- 0.25. *Нидхэм Дж.* История эмбриологии [Текст] / Дж. Нидхэм. — М.: Гос. изд-во иностранной литературы, 1947. — 360 с.
- 0.26. *Macrakis K.* Surviving the Swastika: Scientific Research in Nazi Germany. Oxford University Press, 1993. — 280 p.
- 0.27. *Porter R.* The Cambridge History of Science, Vol. 4. Cambridge University Press, 2003. — 942 p.
- 0.28. *Bailer-Jones D.M.* Scientific Models in Philosophy of Science. University of Pittsburgh Press, 2009. — 248 p.
- 0.29. *Dilworth C.* Scientific Progress: A Study Concerning the Nature of the Relation Between Successive Scientific Theories. — Dordrecht: Springer, 2007. — 321 p. (Synthese Library. Studies in Epistemology, Logic, Methodology, and Philosophy of Science. Vol. 153).
- 0.30. *Лакатос И.* Фальсификация и методология научно-исследовательских программ [Текст] / И. Лакатос. — М.: Академический проект, 1995. — 423 с.
- 0.31. *Гайденко П.П.* Эволюция понятия науки. Становление и развитие первых научных программ [Текст] / П.П. Гайденко. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 527 с.
- 0.32. *Barseghyan H.* The Laws of Scientific Change. — N.-Y. : Springer, 2015. — 292 p.
- 0.33. *Banks E.C.* The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell: Neutral Monism Reconceived. Cambridge University Press, 2014. — 217 p.

- 0.34. *Losee J.* A Historical Introduction to the Philosophy of Science. — New York: Oxford University Press, 1972. — 314 p.
- 0.35. *Katsumori M.* Niels Bohr's Complementarity: Its Structure, History, and Intersections with Hermeneutics and Deconstruction. — Springer, 2011. — 176 p.
- 0.36. *Старосельская-Никитина О.А.* Сущность научного открытия и его аспекты [Текст] / О.А. Старосельская-Никитина // История и методология естественных наук. Вып. III. Физика. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965.
- 0.37. *Соснин Э.А.* Управление инновационными проектами: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин. — Ростов н/Д: Феникс, 2013. — 202 с.
- 0.38. *Альтшуллер Г.С.* Алгоритмы изобретения [Текст] / Г.С. Альтшуллер. — М.: Моск. рабочий, 1973. — 296 с.
- 0.39. Теория и практика решения изобретательских задач [Текст] / под ред. Г.С. Альтшуллера. — Горький, 1976. — 198 с.
- 0.40. *Злотин Б.Л.* Законы развития и прогнозирование технических систем: метод. рекомендации [Текст] / Б.Л. Злотин, А.В. Зусман. — Кишинёв: Картя Молдовеняскэ; МНТЦ «Прогресс», 1989. — 114 с.
- 0.41. *Злотин Б.Н.* Решение исследовательских задач [Текст] / Б.Л. Злотин, А.В. Зусман. — Кишинёв: Картя Молдовеняскэ; МНТЦ «Прогресс», 1991. — 204 с.
- 0.42. *Голдовский Б.И.* Комплексный метод поиска решения технических проблем [Текст] / Б.И. Голдовский, М.И. Вайнерман. — М.: Речной транспорт, 1990. — 112 с.
- 0.43. *Глазунов В.Н.* Параметрический метод разрешения противоречий в технике [Текст] / В.Н. Глазунов. — М.: Речной транспорт, 1990. — 150 с.
- 0.44. *Альтшуллер Г.С.* Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач [Текст] / Г.С. Альтшуллер. — Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. — 225 с.
- 0.45. *Михайлов В.А.* Решение творческих экологических задач: с использованием эффектов и интеллектуальной системы ТРИЗ: учебное пособие. [Текст] / В.А. Михайлов [и др.]. — Чебоксары: Чувашский ун-т, 1999. — 160 с.
- 0.46. *Ревенков А.В.* Теория и практика решения технических задач [Текст] / А.В. Ревенков, Е.В. Резчикова. — М.: Форум, 2009. — 382 с.
- 0.47. *Шпаковский Н.А.* ТРИЗ. Анализ технической информации и генерация новых идей [Текст] / Н.А. Шпаковский. — М.: Форум, 2009. — 264 с.
- 0.48. *Лихолетов В.В.* Теория решения изобретательских задач: учебное пособие [Текст] / В.В. Лихолетов, Б.В. Шмаков. — Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. — 174 с.
- 0.49. *Шпаковский Н.А.* ТРИЗ. Практика целевого изобретательства [Текст] / Н.А. Шпаковский, Е.Л. Новицкая. — М.: Форум, 2011. — 335 с.
- 0.50. *Соснин Э.А.* Психопатологические стадии в обновлении культуры (на примере системы научной деятельности) [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер, А.В. Шувалов // Государственный советник. 2015. № 1.



0.51. *Райзберг Б.А.* Современный экономический словарь [Текст] / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. — М.: ИНФРА-М, 1999. — 479 с.

0.52. *Джери Д.* Большой толковый социологический словарь Т. 1 [Текст] / Д. Джери, Дж. Джери. Т. 1. — М.: АСТ; Вече, 1999. — 544 с.

### Лекция 1

1.1. *Павлов И.П.* Полн. собр. соч. Т. 2. Кн. 2 [Текст] / И.П. Павлов. — М.-Л.: Изд-во академии наук СССР, 1951. — 439 с.

1.2. *Соснин Э.А.* Лидер и управление жизненным циклом системы: шкала творчества, примеры, патографии [Текст] / Э.А. Соснин, А.В. Шувалов, Б.Н. Пойзнер; под ред. А.Н. Солдатова. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. — 254 с.

1.3. *Соснин Э.А.* Из небытия в бытие: творчество как целенаправленная деятельность [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. — Томск: STT, 2011. — 520 с.

1.4. *Соснин Э.А.* Из света в тень перелетая: Гении и Революционеры [Текст] / Э.А. Соснин, А.В. Шувалов, Б.Н. Пойзнер. — М.: Аграф, 2015. — 544 с.

1.5. *Альшуллер Г.С.* Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности [Текст] / Г.С. Альшуллер, И.М. Вёрткин. — Минск: Беларусь, 1994. — 479 с.

1.6. *Мэй Р.* Мужество творить [Текст] / Р. Мэй. — М.: Ин-т общегуманитарных исследований, 2008. — 160 с.

1.7. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка. Т. 1—4 [Текст] / В. Даль; под ред. И.А. Бодуэна де Куртенэ. — М.: Прогресс, Универс, 1994.

1.8. *Грязева В.Г.* Исследовательское искусство как психологический феномен и некоторые проблемы художественного образования [Текст] / В.Г. Грязева // Психология творчества. Вып. 1. Челябинск: ЧГИИК, 1995.

1.9. «...словно в мире нет ничего, кроме водорослей» (из писем П.А. Флоренского) / Вступление, публ. и коммент. О.В. Максимовой, П.В. Флоренского // Природа. 1993. № 11.

1.10. *Кольцов Н.К.* Новейшие попытки доказать наследственность благоприобретённых признаков [Текст] / Н.К. Кольцов // Русский евгенический журнал. 1924. Т. 2. Вып. 2—3.

1.11. *Розин В.М.* Понятия «предмет» и «объект» (методологический анализ) [Текст] / В.М. Розин // Вопросы философии. 2012. № 11.

1.12. *Розин В.М.* Расколдовывание и деструкция понятия «объект» (методологический анализ) [Текст] / В.М. Розин // Вопросы философии. 2015. № 6.

1.13. *Петрученко О.* Латинско-русский словарь [Текст] / О. Петрученко. — М.; Пг.; Харьков: Т-во «В.В. Думнов, Наследники бр. Салаевых», 1918. — 810 с.

- 1.14. *Гачев Г.Г.* Миры Европы. Взгляд из России. Италия [Текст] / Г.Г. Гачев. — М.: Воскресенье, 2007. — 416 с.
- 1.15. *Хайдеггер М.* Исток художественного творения [Текст] / М. Хайдеггер. — М.: Академический проект, 2008. — 528 с.
- 1.16. *Вейсман А.Д.* Греческо-русский словарь. Репринт 5-го издания. 1899 [Текст] / А.Д. Вейсман. — М.: Греко-латинский кабинет Ю.А. Шичалина, 1991.
- 1.17. *Горохов В.Г.* Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества в России и Германии в конце XIX — начале XX столетия. [Текст] / В.Г. Горохов. — М.: Логос, 2010. — 376 с.
- 1.18. *Любарский Г.Ю.* Рождение науки. Аналитическая морфология, классификационная система, научный метод. [Текст] / Г.Ю. Любарский. — М.: Языки славянской культуры, 2015. — 192 с.
- 1.19. ГОСТ Р ИСО МЭК 15288-2005 Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (аналог ISO/IEC 15288:2002 System engineering — System life cycle processes).
- 1.20. *Соснин Э.А.* Методы решения научных, технических и социальных задач: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2016. — 376 с.
- 1.21. *Сквайрс Дж.* Практическая физика [Текст] / Дж. Сквайрс; пер. и ред. Е.М. Лейкина. — М.: Мир, 1971. — 246 с.
- 1.22. *Горохов В.Г.* Проблема технонауки — связь науки и современных технологий [Текст] / В.Г. Горохов // *Философские науки.* 2008. № 1.
- 1.23. *Harwood J.* On the Genesis of Technoscience: A Case Study of German Agricultural Education // *Perspectives on Science.* 2005. Vol. 13. No. 3.
- 1.24. *Кудрин Б.И.* Гипотеза третьей научной картины мира [Текст] / Б.И. Курин // *Ценологическое моделирование: теоретические основания и практические результаты: матер. XV конф. по философии техники и технетике и семинара по ценологии.* Вып. 47. — М.: Технетика, 2011.
- 1.25. *Соснин Э.А.* Теория решения изобретательских задач в фотонике: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.В. Войцеховского, А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2015. — 340 с.
- 1.26. *Соснин Э.А.* Специфика замены человека системами искусственного интеллекта [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер // *Философия искусственного интеллекта: матер. Всерос. междисциплинарной конф.* — М.: ИФ РАН, 2005.
- 1.27. *Соснин Э.А.* Универсальность социальных отношений: от общественных явлений к антропотехноценозам [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер // *Программа Всерос. конф., посвящённой 135-летию Национального исследовательского Том. гос. ун-та «Философские основания технонауки».* — Томск, 2013. — 10 с.
- 1.28. *Соснин Э.А.* Основы социальной информатики: пилотный курс лекций [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2000. — 110 с.

1.29. *Johansson J., Sherrill D., Riley P., Bonato P. and Herr M.H.* A clinical comparison of variable-damping and mechanically-passive prosthetic knee devices // *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2005. Vol. 84, No. 8.

1.30. *Mooney L.M., Rouse E.J. & Herr H.M.* Autonomous exoskeleton reduces metabolic cost of human walking // *J. Neuroeng. Rehabil.* 2014. Vol. 11.

1.31. *Новиков А.М.* Методология: словарь системы основных понятий [Текст] / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. — М.: Либроком, 2013. — 208 с.

1.32. *Соснин Э.А.* Осмысленная научная деятельность: диссертанту — о жизни знаний, защищаемых в форме положений [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер; под ред. А.В. Войцеховского. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 144 с.

## Лекция 2

2.1. Большая книга афоризмов / сост. К.В. Душенко. — 3-е изд., испр. — М.: ЗАО Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. — 1056 с.

2.2. *Корогодин В.И.* Информация и феномен жизни [Текст] / В.И. Корогодин. — Пушкино: Пушкинский научный центр РАН, 1991. — 204 с.

2.3. *Соснин Э.А.* Эволюционный и серендипический способы получения знаний [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер // Сб. науч. статей «Социальное знание в поисках идентичности»: матер. Всерос. науч. конф. — Томск: Водолей, 1999. — 180 с.

2.4. *Соснин Э.А.* Из небытия в бытие: творчество как целенаправленная деятельность [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. — Томск: STT, 2011. — 520 с.

2.5. *Соснин Э.А.* Методы решения научных, технических и социальных задач: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2016. — 376 с.

2.6. *Новиков А.С.* Структурный анализ науки. Проблемы. Поиски. Открытия [Текст] / А.С. Новиков. — М.: ЛЕНАНД, 2015. — 480 с.

2.7. *Аникин В.М.* Феномен научной школы: история, типология получения и передачи знаний, психология коммуникаций [Текст] / В.М. Аникин [и др.]; под общей ред. В.М. Аникина. — Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2015. — 212 с.

2.8. *Соснин Э.А.* Осмысленная научная деятельность: диссертанту — о жизни знаний, защищаемых в форме положений: Монография [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. — М.: РИОР, ИНФРА-М, 2015. — 148 с.

2.9. *Ярошевский М.Г.* Уолтер Кеннон (1871—1945). [Текст] / М.Г. Ярошевский, М.А. Чеснокова. — М.: Наука, 1976. — 376 с.

2.10. *Грязнов Б.С.* О взаимоотношении проблем и теорий [Текст] / Б.С. Грязнов // *Природа*. 1974. № 4.

2.11. *Фортов В.Е.* Пылевая плазма [Текст] / В.Е. Фортов [и др.] // *Успехи физических наук*. 2004. Т. 174. № 5.

2.12. *Роза Р.* Магнитогидродинамическое преобразование энергии [Текст] / Р. Роза. — М.: Изд-во МИР, 1970. — 288 с.

2.13. *Панченко В.П.* Введение в магнитогидродинамическое (МГД) преобразование энергии: учебное пособие по дисциплинам «Электроракетные двигатели» и «Плазменные энергетические установки» [Текст] / В.П. Панченко. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 55 с.

2.14. *Новиков А.М.* Методология научного исследования [Текст] / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 272 с.

2.15. *Соснин Э.А.* Ультрафиолетовая лампа барьерного разряда на молекулах ОН [Текст] / Э.А. Соснин [и др.] // Квантовая электроника. 2006. Т. 36. № 10.

2.16. *Vogel K.* Student-led study finds cheering at hockey game may not help home team // Nebraska Engineering News [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://engineering.unl.edu/student-led-study-finds-cheering-hockey-game-may-not-help-home-team> (дата обращения: 01.03.2016).

2.17. *Чертанов М.* Дарвин [Текст] / М. Чертанов. — М.: Молодая гвардия, 2013. — 407 с.

2.18. *Флейшман Б.С.* Основы системологии [Текст] / Б.С. Флейшман. — М.: Радио и связь, 1982. — 368 с.

2.19. *Любищев А.А.* О монополии Т.Д. Лысенко в биологии [Текст] / А.А. Любищев. — М.: Памятники исторической мысли, 2006. — 521 с.

2.20. *Сойфер В.Н.* Красная биология: псевдонаука в СССР [Текст] / В.Н. Сойфер. — М.: Моск. психолого-социальный ин-т; Флинта, 1998. — 264 с.

2.21. *Гершанович В.Н.* Борьба В.Д. Тимакова с лженаучными направлениями в микробиологии и вирусологии [Текст] / В.Н. Гершанович // Журнал микробиологии. 1996. № 3.

2.22. *Бенеке М.* Прикольная наука 1. Из тайных архивов Шнобелевской премии [Текст] / М. Бенеке. — М.: Книжный клуб 36.6, 2011. — 224 с.

2.23. *Бенеке М.* Прикольная наука 2. Из тайных архивов Шнобелевской премии [Текст] / М. Бенеке. — М.: Книжный клуб 36.6, 2011. — 272 с.

2.24. *Юнг К.Г.* Психологические типы [Текст] / К.Г. Юнг. — СПб.: Азбука, 1996. — 736 с.

2.25. *Хазин М.Л.* Лестница в небо. Диалоги о власти, карьере и мировой элите [Текст] / М.Л. Хазин, С.И. Щеглов. — М.: РИПОЛ классик, 2016. — 624 с.

### Лекция 3

3.1. *Рихман Г.-В.* Труды по физике [Текст] / Г.-В. Рихман. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — 712 с.

3.2. *Гёте И.В.* Учение о цвете. Теория познания [Текст] / И.В. Гёте; пер. с нем. В.О. Лихтенштадта. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 200 с.

- 3.3. *Favre D.* Mobile phone-induced honeybee worker piping // *Apidologie*. 2011. Vol. 42.
- 3.4. *Вейсман А.Д.* Греческо-русский словарь. Репринт 5-го издания. 1899 [Текст] / А.Д. Вейсман. — М.: Греко-латинский кабинет Ю.А. Шичалина, 1991.
- 3.5. *Суперанская А.В.* Общая терминология: терминологическая деятельность [Текст] / А.В. Суперанская, Н.В. Подольская, Н.В. Васильева. — 4-е изд. — М.: Издательство ЛКИ, 2014. — 288 с.
- 3.6. *Скакун В.С.* Формирование апокампического разряда в условиях атмосферного давления [Текст] / В.С. Скакун [и др.] // *Изв. вузов. Физика*. 2016. Т. 59. № 5.
- 3.7. *Niel Q.-Y. et. al.* A simple cold Ar plasma jet generated with a floating electrode at atmospheric pressure // *Appl. Phys. Lett.* 2008. Vol. 93.
- 3.8. *Соснин Э.А.* Методы решения научных, технических и социальных задач: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.Н. Солдатов. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2016. — 376 с.
- 3.9. *Жуков М.Ф.* Прикладная динамика термической плазмы [Текст] / М.Ф. Жуков, А.С. Коротеев, Б.А. Урюков. — Новосибирск: Наука, 1975. — 300 с.
- 3.10. *Lu X., Laroussi M.* Dynamics of an atmospheric pressure plasma plume generated by submicrosecond voltage pulses // *J. Appl. Phys.* 2006. Vol. 100. No. 6.
- 3.11. *Naidis G.V.* Modelling of streamer propagation in atmospheric-pressure helium plasma jets // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2010. Vol. 43. No. 40.
- 3.12. *Karakas E., Laroussi M.* Experimental studies on the plasma bullet propagation and its inhibition // *J. Appl. Phys.* 2010. Vol. 108. No. 6.
- 3.13. *Lu X., Laroussi M., Puech V.* On atmospheric-pressure non-equilibrium plasma jets and plasma bullets, *Plasma Sources Sci. Technol.* 2012. Vol. 4.
- 3.14. *Соснин Э.А., Скакун В.С., Панарин В.А., Печеницин Д.С., Тарасенко В.Ф.* Способ получения плазменной струи и устройство для его осуществления // Заявка на патент RU № 2016124258. Приоритет от 20.06.2016.
- 3.15. *Соснин Э.А.* Первый опыт применения апокампического разряда для инактивации микроорганизмов [Текст] / Э.А. Соснин [и др.] // *Современные научные исследования и инновации*. 2016. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/04/67337> (дата обращения: 25.05.2016).
- 3.16. *Lu X. et. al.* Reactive species in non-equilibrium atmospheric-pressure plasmas: Generation, transport, and biological effects. Review Article // *Physics Reports*. 2016. Vol. 630. No. 4.
- 3.17. *Pasko V.P.* Blue jets and gigantic jets: transient luminous events between thunderstorm tops and the lower ionosphere // *Plasma Phys. Control. Fusion*. 2008. Vol. 50.
- 3.18. *Wescott E.M. et. al.* Blue starters: brief upward discharges from an intense Arkansas thunderstorm // *Geophys. Res. Lett.* 1996. Vol. 23.

- 3.19. *Wescott E.M.* et. al. Preliminary results from the Sprites94 aircraft campaign: II. Blue jets // *Geophys. Res. Lett.* 1995. Vol. 22.
- 3.20. *Siingh D.* et. al. Lightning and middle atmospheric discharges in the atmosphere // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics.* 2015. Vol. 134.
- 3.21. *Pasko V.P., George J.J.* Three-dimensional modeling of blue jets and blue starters // *J. Geophys. Res.* 2002. Vol. 107. No. A12.
- 3.22. *Peterson H.* et. al. NO<sub>x</sub> production in laboratory discharges simulating blue jets and red sprites // *J. Geophys. Res.* 2009. Vol. 114.
- 3.23. *Parra-Rojas F.C.* et. al. Spectroscopic diagnosis of laboratory air plasmas as a benchmark for spectral diagnosis of TLEs // *European Planetary Science Congress 2013, held London, UK.* 2013. Vol. 8.
- 3.24. *Beloplotov D.V., Lomaev M.I., Tarasenko V.F.* On the nature of radiation of blue and green jets in laboratory discharges initiated by runaway electrons // *Atmospheric and Oceanic Optics.* 2015. Vol. 28. Is. 5.
- 3.25. *Tarasenko V.F.* Mini sprites and mini blue jets in runaway electrons preionized diffuse discharges // *IEEE Int. Conf. on Plasma Sciences (ICOPS).* Antalya. 2015.
- 3.26. *Wescott E.M.* et. al. New evidence for the brightness and ionization of blue starters and blue jets // *J. Geophys. Res.* 2001. Vol. 106. No. A10.
- 3.27. *Соснин Э.А.* Феномен апокампиического разряда [Текст] / Э.А. Соснин [и др.] // *Письма в ЖЭТФ.* 2016. Т. 103. № 12.
- 3.28. *Соснин Э.А.* Лабораторный источник мини-спрайтов и голубых струй на основе апокампа при пониженных давлениях [Текст] / Э.А. Соснин // *Оптика атмосферы и океана.* 2016. Т. 29. № 10.
- 3.29. *Пекелис В.Д.* Истории о «ненужных» открытиях [Текст] / В.Д. Пекелис. — М.: ЛЕНАНД, 2014. — 272 с.

#### Лекция 4

- 4.1. *Шестов Л.* Соч.: в 2 т. Т. 2 [Текст] / Л. Шестов. — М.: Наука, 1993. — 558 с.
- 4.2. *Яхонтов В.В.* Экология насекомых [Текст] / В.В. Яхонтов. — М.: Высшая школа, 1964. — 460 с.
- 4.3. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов [Текст] / В.Е. Гмурман. — 10-е изд., стереотип. — М.: Высшая школа, 2004. — 479 с.
- 4.4. *Соснин Э.А.* Методы решения научных, технических и социальных задач: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2016. — 376 с.
- 4.5. *Липсон Г.* Великие эксперименты в физике [Текст] / Г. Липсон; под ред. В.И. Рыдника. — М.: Мир, 1972. — 216 с.
- 4.6. *Lebedew P.* Untersuchungen liber die Dnickkr fte des Lichtes // *Annalen der Physik.* 1901. Fasc. 4. Bd. 6.

4.7. *Матвеев С.Н.* Судебное исследование разбитого и простреленного оконного стекла [Текст] / С.Н. Матвеев // Суд.-мед. экспертиза. М.-Л., 1931. Кн. 15.

4.8. *Бахтадзе Г.Э.* Практика определения стороны входа пули в тонкую мишень в условиях неочевидности и её совершенствование [Текст] / Г.Э. Бахтадзе, Ю.В. Гальцев // Вектор науки Тольяттинского гос. ун-та. 2011. № 1.

4.9. *Елисеев А.А.* Первые экспериментальные исследования по электричеству в России [Текст] / А.А. Елисеев // История и методология естественных наук. Вып. III. Физика. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965.

## Лекция 5

5.1. *Kleinert A.* Der messende Luchs. Zwei verbreitete Fehler in der Galilei-Literatur // N.T.M. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin. 2009. Vol. 17.

5.2. *Гёте И.В.* Учение о цвете. Теория познания [Текст] / И.В. Гёте; пер. с нем. В.О. Лихтенштадта. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 200 с.

5.3. МИ 2365-96. ГСИ. Шкалы измерений. Основные положения. Термины и определения. — М.: ВНИИФТРИ, 1995. — 34 с.

5.4. *Пфанцагль И.* Теория измерений [Текст] / И. Пфанцагль при участии В. Бауманна и Г. Хуберта; пер. с англ. В.Б. Кузьмина; под ред. С.В. Овчинникова. — М.: Мир, 1976. — 248 с.

5.5. *Гласс Дж.* Статистические методы в педагогике и психологии [Текст] / Дж. Гласс, Дж. Стенли. — М.: Прогресс, 1976. — 495 с.

5.6. *Пиотровский Я.* Теория измерений для инженеров [Текст] / Я. Пиотровский. — М.: Мир, 1989. — 335 с.

5.7. *Брянский Л.Н.* Метрология. Шкалы, эталоны, практика [Текст] / Л.Н. Брянский, А.С. Дойников, Б.Н. Крупин. — М.: ВНИИФТРИ, 2004. — 222 с.

5.8. The Methodology and Practice of Econometrics / eds. J. Castle, N. Shephard. Oxford University Press, 2009. — 480 p.

5.9. *Орлов А.И.* Эконометрика [Текст] / А.И. Орлов. — М.: Экзамен, 2002. — 576 с.

5.10. *Новиков Д.А.* Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи) [Текст] / Д.А. Новиков, В.В. Новочадов. — Волгоград: ВолГМУ, 2005. — 84 с.

5.11. *Новиков Д.А.* Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи) [Текст] / Д.А. Новиков. — М.: МЗ-Пресс, 2004. — 17 с.

5.12. *Bentley J.P.* Principles of measurement systems. 4th edition. Pearson Education Canada, 2004. — 544 p.

5.13. The Metrology Handbook / ed. J.L. Bucher. — Milwaukee: ASQ Quality Press, 2012. — 540 p.

- 5.14. Springer Handbook of Metrology and Testing. 2<sup>nd</sup> ed / eds. Cz. Horst, T. Saito, S. Leslie. Springer, 2011. — 1500 p.
- 5.15. *Morris Alan S., Langari R.* Measurement and Instrumentation: Theory and Application. — Elsevier/AP, 2012. — 640 p.
- 5.16. *Берка К.* Измерения. Понятия, теория, проблемы [Текст] / К. Берка: пер. с чеш. К.Н. Иванова. — М.: Прогресс, 1987. — 320 с.
- 5.17. *Берестнева О.Г.* Прикладная математическая статистика: учебное пособие [Текст] / О.Г. Берестнева, О.В. Марухина, Г.Е. Шевелёв. — Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2012. — 188 с.
- 5.18. *Ожегов С.И.* Словарь русского языка: около 57 000 слов [Текст] / С.И. Ожегов; под ред. Н. Ю. Шведовой. 20-е изд., стереотип. — М.: Русский язык, 1988. — 750 с.
- 5.19. *Шувалов А.В.* Справочник практического врача по психиатрии, наркологии и сексопатологии [Текст] / А.В. Шувалов. — М.: Советский спорт, 2001. — 432 с.
- 5.20. *Касахара К.* Механика землетрясений [Текст] / К. Касахара; пер. с англ. М.Э. Шаскольской; под ред. В.Н. Николаевского. — М.: Мир, 1985. — 264 с.
- 5.21. *Новиков А.М.* Методология научного исследования [Текст] / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 272 с.
- 5.22. *Яхонтов В.В.* Экология насекомых [Текст] / В.В. Яхонтов. — М.: Высшая школа, 1964. — 460 с.
- 5.23. *Сквайрс Дж.* Практическая физика [Текст] / Дж. Сквайрс; пер. и ред. Е.М. Лейкина. — М.: Мир, 1971. — 246 с.
- 5.24. *Агекян Т.А.* Основы теории ошибок для физиков и астрономов [Текст] / Т.А. Агекян. — М.: Наука, 1972. — 172 с.
- 5.25. *Пустыльник Е.И.* Статистические методы анализа и обработки наблюдений [Текст] / Е.И. Пустыльник. — М.: Наука, 1968. — 288 с.
- 5.26. *Andersson O.* Experiment: Planning, Implementing and Interpreting. Wiley, 2012. — 288 p.
- 5.27. *Hughes I.G., Hase T.P.A.* Measurements and their uncertainties: a practical guide to modern error analysis. Oxford University Press, 2010. — 153 p.
- 5.28. *Лоули Д.* Факторный анализ как статистический метод [Текст] / Д. Лоули, А. Максвелл. — М.: Мир, 1967. — 144 с.
- 5.29. *Шатилов А.Ю.* Математическая обработка геохимических данных при оценке состояния окружающей среды (на примере мониторинга загрязнения снегового покрова) [Текст] / А.Ю. Шатилов [и др.] // Геоинформатика-2001: Тр. Междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2000.
- 5.30. *Тюрин Ю.Н.* Анализ данных на компьютере [Текст] / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров; под ред. В. Э. Фигурнова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2002. — 528 с.



5.31. *Наследов А.* IBM SPSS Statistics 20 и AMOS. Профессиональный статистический анализ данных [Текст] / А. Наследов. — СПб.: Питер, 2013. — 416 с.

5.32. *Вавилова Г.В.* Математическая обработка результатов измерения: учебное пособие [Текст] / Г.В. Вавилов. — Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2013. — 167 с.

5.33. *Мхитарян В.С.* Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие [Текст] / В.С. Мхитарян [и др.]; под ред. В.С. Мхитаряна. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Моск. финансово-промышл. ун-т «Синергия», 2013. — 336 с.

5.34. *Уилан Ч.* Голая статистика: самая интересная книга о самой скучной науке [Текст] / Ч. Уилан; пер. с англ. И. Вергина, науч. ред. А. Минько. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 352 с.

5.35. *Bailey R.A.* Design of Comparative Experiments. Cambridge University Press, 2008. — 346 p.

5.36. *Корнилова Т.В.* Введение в психологический эксперимент: учебник [Текст] / Т.В. Корнилова. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГУ; Изд-во ЧеРо, 2001. — 256 с.

5.37. *Паниотто В.И.* Качество социологической информации: методы оценки и процедуры обеспечения [Текст] / В.И. Паниотто. — Киев: Наукова думка, 1986. — 206 с.

5.38. *Башлачев Ю.А.* Фундаментальные эксперименты физики: курс лекций [Текст] / Ю.А. Башлачев, Д.Л. Богданов. — М.: ЛЕНАНД, 2012. — 240 с.

### Послесловие

6.1. *Мандельштам О.Э.* Собр. соч.: в 4 т. Т. 3. 1930—1937 [Текст] / О.Э. Мандельштам; сост. и коммент. П. Нерлер и А. Никитаев. — М.: Арт-Бизнес-Центр, 1994. — 527 с.

6.2. *Голомшток И.Н.* Занятие для старого городского: мемуары пессимиста [Текст] / И.Н. Голомшток. — М.: АСТ, 2015. — 346 с.

6.3. *Хорган Дж.* Конец науки: взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки [Текст] / Дж. Хорган. — СПб.: Амфора, 2001. — 479 с.

6.4. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка. Т. 1—4 [Текст] / В. Даль; под ред. И.А. Бодуэна де Куртенэ. — М.: Прогресс-Универс, 1994. — 912 с.

6.5. *Петрученко О.* Латинско-русский словарь [Текст] / О. Петрученко. — М.; Пг.; Харьков: Т-во «В.В. Думнов, Наследники бр. Салаевых», 1918. — 810 с.

6.6. *Пойзнер Б.Н.* Опыт классификации субъектов самоорганизации материи и информации [Текст] / Б.Н. Пойзнер, Э.А. Соснин // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1998. Т. 6. № 3.

6.7. *Пойзнер Б.Н.* Незаметное присутствие: репликация в социокультурных процессах и в их схемах [Текст] / Б.Н. Пойзнер // Синергетическая парадигма: социальная синергетика. — М.: Прогресс-Традиция, 2009.

- 6.8. *Розов М.А.* Теория социальных эстафет и проблемы эпистемологии [Текст] / М.А. Розов. — М.: Новый хронограф, 2008. — 352 с.
- 6.9. *Панов А.Д.* Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI) [Текст] / А.Д. Панов; послесл. Л.М. Гиндилиса. — М.: ЛКИ, 2008. — 208 с.
- 6.10. *Соснин Э.А.* Из света в тень перелетая: Гении и Революционеры [Текст] / Э.А. Соснин, А.В. Шувалов, Б.Н. Пойзнер. — М.: Аграф, 2015. — 544 с.
- 6.11. *Вейсман А.Д.* Греческо-русский словарь. Репринт 5-го изд. 1899 [Текст] / А.Д. Вейсман. — М.: Греко-латинский кабинет Ю.А. Шичалина, 1991.
- 6.12. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка. Т. 1—4 [Текст] / В. Даль; под ред. И.А. Бодуэна-де-Куртенэ. — СПб.; М.: Прогресс-Универс, 1994. — 912 с.
- 6.13. *Князева Е.Н.* Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции [Текст] / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. — М.: КомКнига, 2007. — 272 с.
- 6.14. *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности [Текст] / Б. Грин; под ред. В.О. Малышенко, А.Д. Панова. — М.: ЛИБРОКОМ, 2011. — 608 с.
- 6.15. A. G. Stromberg — first class scientist, second class citizen: Letters from GULAG and a history of electroanalysis in the USSR / R. G. Compton et. al. — L.: Imperial College Press, 2011. — 363 p.
- 6.16. Electrochemical Dictionary / A. J. Bard, G. Inzelt, Fr. Scholz (Eds.). — Berlin; Heidelberg: Springer, 2008. — 723 p.
- 6.17. Electrochemistry in a Divided World : Innovations in Eastern Europe in the 20th Century / ed. by Fr. Scholz. — Berlin: Springer, 2015. — 450 p.
- 6.18. *Соснин Э.А.* Информационный факультет Владимира Ивановича Корогодина. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lrb.jinr.ru/Timofeeff/Kor-Shev/Prizes%20Kor/Korogodin/Sosnin.doc>.
- 6.19. *Трубецков Д.И.* Наука о сложностях в лицах, датах и судьбах. Как закладывались основы синергетики: пиршество духа и драма идей [Текст] / Д.И. Трубецков. — М.: ЛИБРОКОМ, 2013. — 312 с.
- 6.20. *Комлев Н.Г.* Словарь иностранных слов [Текст] / Н.Г. Комлев. — М.: Эксмо, 2008. — 672 с.
- 6.21. *Маслова В. А.* Введение в когнитивную лингвистику: учебное пособие [Текст] / В.А. Маслова. — М.: Флинта; Наука, 2006. — 296 с.
- 6.22. *Полани М.* Личностное знание [Текст] / М. Полани; предисл. В.А. Лекторского. — М.: Прогресс, 1985. — 344 с.
- 6.23. *Аникин В.М.* Провокация магистранта на вербализацию защищаемого научного положения как приём когнитивного менеджмента [Текст] / В.М. Аникин, Б.Н. Пойзнер // Вестник Томского гос. ун-та. Философия. Социология. Политология. 2013. № 2.

- 6.24. *Соснин Э.А.* Управление инновационными проектами: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин. — Ростов н/Д: Феникс, 2013. — 202 с.
- 6.25. *Соснин Э.А.* Теория решения изобретательских задач в фотонике: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.В. Войцеховского, А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2015. — 340 с.
- 6.26. *Соснин Э.А.* Методы решения научных, технических и социальных задач: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2016. — 376 с.
- 6.27. *Измайлов И.В.* От простых аксиом до управления сложностью: эмерджентная нелинейность как механизм самообновления [Текст] / И.В. Измайлов, Б.Н. Пойзнер // Синергетическая парадигма: синергетика инновационной сложности. — М.: Прогресс-Традиция, 2011.
- 6.28. *Измайлов И.В.* Рекурсия и понятие фрактала, репликации, эволюции при обучении будущих инженеров-физиков [Текст] / И.В. Измайлов, Б.Н. Пойзнер // «Нигматуллинские чтения — 2013»: Междунар. науч.-технич. конф.: тез. докл. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013.
- 6.29. *Тарасенко В.В.* Фрактальная логика [Текст] / В.В. Тарасенко; предисл. С.П. Капицы. — М.: Прогресс-Традиция, 2002. — 160 с.
- 6.30. *Хайтун С.Д.* От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: рождение и осмысление новой парадигмы [Текст] / С.Д. Хайтун. — М.: КомКнига, 2007. — 256 с.
- 6.31. *Потапов А.А.* Фрактальный метод и фрактальная парадигма в современном естествознании: монография [Текст] / А.А. Потапов. — Воронеж: Научная книга, 2012. — 108 с.
- 6.32. *Тарасенко В.В.* Фрактальная семиотика: наблюдатель в масштабах языка [Текст] / В.В. Тарасенко // Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. — М.: Прогресс-Традиция, 2003.
- 6.33. *Тарасенко В.В.* Фрактальная семиотика: «слепые пятна», перипетии и узнавания [Текст] / В.В. Тарасенко; закл. ст. Ю.С. Степанова. — М.: ЛИБРОКОМ, 2009. — 232 с.
- 6.34. *Пойзнер Б.Н.* Проблема описания «метаморфоз смысла» с позиции фрактальной семиотики [Текст] / Б.Н. Пойзнер // Творческое наследие Г.Г. Шпета в контексте современного гуманитарного знания: сб. ст. и матер. междунар. науч. конф. — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2009.
- 6.35. *Шпет Г.Г.* Искусство как вид знания [Текст] / Г.Г. Шпет // Шпет Г.Г. Искусство как вид знания: избр. тр. по философии культуры / отв. ред.-сост. Т.Г. Щедрина. — М.: РОССПЭН, 2007.
- 6.36. *Корчажкина О.М.* Фрактальная модель процесса познания [Текст] / О.М. Корчажкина // Вопросы философии. 2016. № 5.
- 6.37. *Hameroff S., Penrose R.* Consciousness in the universe. A review of the 'Orch OR' theory // *Physics of Life Reviews*. 2014. Vol. 11. P. 39—78. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002>.
- 6.38. *Эткин В.А.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии) [Текст] / В.А. Эткин. — СПб.: Наука, 2008. — 409 с.

6.39. *Дьяков А.В.* От переводчика [Текст] / А.В. Дьяков; пер. и послесл. А.В. Дьяков // Фуко М. Рождение биополитики: курс лекций, прочитанных в Коллеж де Франс в 1978—1979 учебном году. — СПб.: Наука, 2010.

6.40. *Пойзнер Б.Н.* Как человечество заботится о себе? // Мы все в заботе постоянной... Концепция заботы о себе в истории педагогики и культуры: матер. Междунар. конф. памяти философа, социолога, психолога Г.В. Иванченко (1965—2009) [Текст] / Б.Н. Пойзнер, Э.А. Соснин, А.В. Шувалов; под ред. М.А. Козловой и В.Г. Безрогова. Ч. 2. — М.: Канон+, 2015.

6.41. *Философский энциклопедический словарь.* — М.: Сов. энцикл., 1989. — 815 с.

6.42. *Покровский М.П.* Введение в классиологию [Текст] / М.П. Покровский. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. — URL: <http://www.igg.uran.ru>.

## Список рекомендованной литературы

### Основная литература

1. *Деар П.* Научная революция как событие [Текст] / П. Деар, С. Шейпин. — М.: Новое литературное обозрение, 2015. — 576 с.
2. *Измайлов И.В.* О науке, событиях в истории изучения света, колебаний, волн, об их исследователях, а также глоссы и этимоны [Текст] / И.В. Измайлов, Б.Н. Пойзнер; ред. А.В. Войцеховский. — Томск: Изд. дом ТГУ, 2015. — 410 с.
3. *Копнин П.В.* Эксперимент и его роль в познании [Текст] / П.В. Копнин // Вопросы философии. 1955. № 4.
4. *Миньков С.Л.* Выявление, правовая защита и коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности: учебное пособие [Текст] / С.Л. Миньков [и др.]; под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова. — Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2014. — 390 с.
5. *Налимов В.В.* Логические основания планирования эксперимента [Текст] / В.В. Налимов, Т.И. Голикова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1981. — 152 с.
6. *Новиков А.М.* Методология: словарь системы основных понятий [Текст] / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. — М.: Либроком, 2013. — 208 с.
7. *Покровский М.П.* Введение в классиологию [Текст] / М.П. Покровский. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. — Режим доступа: <http://www.igg.uran.ru>.
8. *Розин В.М.* Понятия «предмет» и «объект» (методологический анализ) [Текст] / В.М. Розин // Вопросы философии. 2012. № 11.
9. *Соснин Э.А.* Методы решения научных, технических и социальных задач: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом ТГУ, 2016. — 376 с.
10. *Соснин Э.А.* Осмысленная научная деятельность: диссертанту — о жизни знаний, защищаемых в форме положений: монография [Текст] / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. — М.: ИНФРА-М, 2015. — 148 с.
11. *Соснин Э.А.* Управление инновационными проектами: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин. — Ростов н/Д: Феникс, 2013. — 202 с.

### Эксперимент в биологии и медицине

1. *Буреш Я.* Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения [Текст] / Я. Буреш, О. Бурешова, Д. Хьюстон. — М.: Высшая школа, 1991. — 399 с.

2. *Деларю В.В.* Конкретные социологические исследования в медицине [Текст] / В.В. Деларю. — Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2005. — 97 с.
3. *Ивантер Э.В.* Основы практической биометрии. Введение в статистический анализ биологических явлений [Текст] / Э.В. Ивантер. — Петрозаводск: Карелия, 1979. — 96 с.
4. *Карпинская Р.С.* Теория и эксперимент в биологии: мировоззренческий аспект [Текст] / Р.С. Карпинская. — М.: Наука, 1984. — 162 с.
5. Методы научных исследований в животноводстве [Текст] / под ред. Я.Л. Глембоцкого. — М.: Колос, 1975. — 592 с.
6. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
7. *Холодов В.И.* Планирование экспериментов в гидробиологических исследованиях [Текст] / В.И. Холодов; под ред. А.Н. Еремеева. — Севастополь: Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского, 2014. — 182 с.
8. *Яхонтов В.В.* Экология насекомых [Текст] / В.В. Яхонтов. — М.: Высшая школа, 1964. — 460 с.

#### **Эксперимент в маркетинге**

1. *Каменева Н.Г.* Маркетинговые исследования: учебное пособие [Текст] / Н.Г. Каменева, В.А. Поляков. — 2-е изд., доп. — М.: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2013. — 368 с.
2. *Герасимов Б.И.* Маркетинговые исследования рынка: учебное пособие. [Текст] / Б.И. Герасимов, Н.Н. Мозгов. — 2-е изд. — М.: Форум; ИНФРА-М, 2014. — 336 с.
3. *Шарков Ф.И.* Рекламный рынок: социологические методы изучения: курс лекций: учебное пособие для вузов [Текст] / Ф.И. Шарков, А.А. Родионов; под общ. ред. Ф.И. Шаркова. — 2-е изд., стереотип. — М.: Экзамен, 2007. — 253 с.

#### **Эксперимент в психологии и социологии**

1. *Девятко И.Ф.* Методы социологического исследования [Текст] / И.Ф. Девятко. — Екатеринбург: Изд-во Уральск. ун-та, 1998. — 208 с.
2. *Дружинин В.Н.* Экспериментальная психология [Текст] / В.Н. Дружинин. — 2-е изд., доп. — СПб.: Питер, 2000. — 320 с.
3. *Гласс Дж.* Статистические методы в педагогике и психологии [Текст] / Дж. Гласс, Дж. Стенли. — М.: Прогресс, 1976. — 495 с.
4. *Готтсданкер Р.* Основы психологического эксперимента [Текст] / Р. Готтсданкер. — М.: Академия, 2005. — 367 с.
5. *Корнилова Т.В.* Введение в психологический эксперимент: учебник [Текст] / Т.В. Корнилова. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГУ; Изд-во ЧеРо, 2001. — 256 с.
6. *Логиновских Т.А.* Социальный эксперимент как форма инновационной практики: монография [Текст] / Т.А. Логиновских. — Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. — 119 с.

7. *Милграм С.* Эксперимент в социальной психологии [Текст] / С. Милграм. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2000. — 338 с.

#### **Эксперимент в физике**

1. *Ангерер Э.* Техника физического эксперимента [Текст] / Э. Ангерер. — М.: Физматгиз, 1962. — 454 с.
2. *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента от античности до XVII века [Текст] / А.В. Ахутин. — М.: Наука, 1976. — 292 с.
3. *Башлачев Ю.А.* Фундаментальные эксперименты физики: курс лекций [Текст] / Ю.А. Башлачев, Д.Л. Богданов. — М.: ЛЕНАНД, 2012. — 240 с.
4. *Липсон Г.* Великие эксперименты в физике [Текст] / Г. Липсон; пер. с англ. И.Б. Виханского, В.А. Кузьмина; под ред. В.И. Рядника. — М.: Вузовская книга, 2011. — 196 с.
5. *Лямкин А.И.* Экспериментальные методы исследований: курс лекций [Текст] / А.И. Лямкин [и др.]. — Красноярск: СФУ, 2007. — 435 с.
6. *Соснин Э.А.* Теория решения изобретательских задач в фотонике: учебное пособие [Текст] / Э.А. Соснин; под ред. А.В. Войцеховского, А.Н. Солдатова. — Томск: Изд. дом Томского гос. Ун-та, 2015. — 340 с.

#### **Эксперимент в химии**

1. *Вейганд-Хильгетаг К.* Методы эксперимента в органической химии [Текст] / Вейганд-Хильгетаг. — М.: Химия, 1968. — 944 с.
2. *Геккелер К.Е.* Аналитические и препаративные лабораторные методы [Текст] / К.Е. Геккелер, Х. Экштайн. — М.: Химия, 1994. — 416 с.
3. *Крешков А.П.* Основы аналитической химии. Т. 3 [Текст] / А.П. Крешков. — М.: Химия, 1970. — 472 с.
4. *Степин Б.Д.* Техника лабораторного эксперимента в химии: учебное пособие для вузов [Текст] / Б.Д. Степин. — М.: Химия, 1999. — 600 с.

#### **Эксперимент в юриспруденции**

1. *Ахмедшин Р.Л.* Изучение личности преступника в методике расследования преступлений [Текст] / Р.Л. Ахмедшин. — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2000. — 138 с.
2. *Белкин Р.С.* Эксперимент в следственной, судебной и экспертной практике [Текст] / Р.С. Белкин. — М.: Юридическая литература, 1964. — 230 с.
3. *Белкин Р.С.* Эксперимент в уголовном судопроизводстве: методическое пособие [Текст] / Р.С. Белкин, А.Р. Белкин. — М.: ИНФРА-М; НОРМА, 1997. — 160 с.
4. *Справочная книга криминалиста / рук. авт. кол. и отв. ред. Н.А. Селиванов.* — М.: НОРМА; ИНФРА-М, 2000. — 727 с.

## Авторский и предметный указатель

### А

- Акимов И.А. — 14
- Акропетальность — 132
- Антицель — 49, 50, 52, 85
- Антропоморфизм — 119
- Антропотехноценоз — 28
- Апокамп
  - внешний вид — 58, 63, 70
- Архетип — 47

### Б

- Базипетальность — 132
- Безикович А.С. — 126
- Беккерель А.А. — 35
- Бифуркация — 121
- Бойд Б. — 46
- Борхес Х.Л. — 92

### В

- Величина — 91
- Взвешивание результатов — 100
- Винер Н. — 51
- Власть — 48
- Встреча
  - с Учителем — 15, 30, 52
  - с Фактом — 15, 23, 30, 33, 52
  - с Чудом — 12–15, 30, 33, 52
- Выборка — 99
  - репрезентативная — 102
- Выборочное среднее отклонение — 100, 104
- Выборочное среднеквадратичное отклонение от среднего — 100

### Г

- Галилей Г. — 89
- Гальвани Л. — 39
- Гаусс И.К.Ф. — 103



Гений — 12, 14, 15, 20  
Герике О. — 82  
Гёте И.В. — 56, 89  
Гипотеза — 47, 59, 78  
    потеря ценности — 48  
    статистическая — 125  
Голомшток И.Н. — 119  
Горохов В.Г. — 15  
Госсет У.С. — 103  
Грин Б. — 121  
Гросс Д.Дж. — 4  
Грязева В.Г. — 13

## Д

Даль В.И. — 120  
Дарвин Ч.Р. — 46  
Дилетант — 46  
Дисперсия — 100  
    приближённые формулы — 101

## Е

Ефремов И.А. — 12

## З

Задача — 42  
    инженерная — 43  
    научная — 43

## И

Ивановский Д.И. — 39  
Измерения — 8, 25, 44, 45, 90  
Измеряемая величина — 48, 88  
Инвариантность — 124  
Интерсубъективность — 31, 48  
Истинность — 33, 47, 48

## К

Капица П.Л. — 4  
Квантификация — 8, 89, 90, 96  
Кеннон У.Б. — 40

Когнитивистика — 124  
Когнитология — 124  
Кольцов Н.К. — 14  
Копнин П.В. — 5  
Корреляция — 43, 80, 110–113  
Корчажкина О.М. — 128  
Коэффициент  
    вариации — 107  
    линейной корреляции Пирсона — 110, 113  
    ранговой корреляции Спирмена — 113  
Стьюдента — 103  
Критерий — 91  
    статистический — 108  
    статистической оценки различий — 108  
    фактическое значение — 108  
Кудрин Б.И. — 28

## Л

Лебедев П.Н. — 84  
Линейка Винера — 51  
Лысенко Т.Д. — 54

## М

Мандельштам О.Э. — 118  
Маркес Г.М. — 11  
Матвеев С.Н. — 88  
Медиана — 105, 106  
Мера — 91  
    изменчивости — 104, 106, 107  
    связи (для разных шкал) — 114  
    центральной тенденции — 104  
Метод экспертных оценок — 44  
Методейя — 121  
Методы исследования  
    научные — 43–45  
Милликен Р.Э. — 39  
Моос К.Ф. — 39  
Мэй Р. — 12

## Н

### Наблюдение

инструментальное — 27, 31, 98

как целенаправленная система — 23–28

Налимов В.В. — 128

Нежелательный эффект *см.* Побочные продукты

Новиков А.С. — 39, 53, 54

## О

Обзор научных данных — 44

### Объект

внимания — 6, 10–12, 15, 16, 19, 20, 30

исследований — 6, 10–12, 15, 17, 20, 21, 23, 34, 49

этимология слова — 16

Объективное и субъективное — 11–13, 16, 18

Ожегов С.И. — 90

### Оператор

Герике — 82, 83

прямой задачи познания — 34

сравнения — 3, 76, 77, 80, 91, 94

Опрос — 44

Опытно-конструкторская работа — 38, 52

Остатки (вычеты) *i*-го измерения — 100

### Открытие

как целенаправленная система — 32, 42

случайное — 39–42, 57

### Ошибка

промах — 98

систематическая — 98, 99

случайная — 99

## П

Павлов И.П. — 9

Панов А.Д. — 120, 122

Парацельс — 20

Пастер Л. — 73

Пенроуз Р. — 128

Печеницин Д.В. — 57

Пиаже Ж. — 126  
Побочные продукты — 37, 38, 41, 50–52, 57  
    виды — 38  
Погрешность — 25, 59, 105  
Познавательный акт  
    как целенаправленная система — 32, 33  
Показатель — 91  
Покровский М.П. — 132  
Полани М. — 125  
Поризм — 40, 83  
Правило трёх сигм — 101  
Предмет исследования — 16, 19, 20–23  
Принцип полноты технической системы — 23–25  
Причинная связь — 111  
Противоречие — 25  
Протокол выявления механизмов воздействия — 78, 79  
Протокол фиксации данных — 77, 78  
Прохнов О. — 96, 97  
Прямая задача познания — 33  
    изучение феномена апокампа — 57–67  
    этапы — 33–35  
Пятигорский А.М. — 15

## **Р**

Размах — 106  
Реальность — 16–18  
Резерфорд Э. — 6  
Рекурсия — 126  
Репликация — 119  
Ресурс — 10, 32–34, 38, 40, 41, 51–54  
Ресурсы  
    в протоколе фиксации данных — 77  
    пространства — 36, 37  
    схема исследований — 80  
Рихман Г.В. — 56, 88  
Рихтер Ч.Ф. — 93  
Розин В.М. — 15, 30  
Розов М.А. — 120

## С

- Самоорганизация — 50, 51, 130
- Семиотика — 126
- Сенека Л.А. — 12
- Серендипический способ получения знаний — 40
- Система
  - антропотехническая — 25, 30
  - надёжность — 38
  - свёрнутая — 51, 52
- Сквайрс Дж. — 25
- Среднее значение величины — 99–101
- Среднеквадратичная ошибка среднего по Питерсу — 102
- Среднеквадратичное отклонение от среднего *см.* Дисперсия
- Статистический вес — 100
- Стромберг А.Г. — 122
- Субъект
  - этимология слова — 17, 18

## Т

- Тарасенко В.В. — 127, 128
- Творческий акт — 12
- Технонаука — 28, 31, 47, 49, 51, 98
- Техноценоз — 28, 29
- Тиндаль Дж. — 46
- Точность
  - $i$ -го измерения из выборки — 99
- Трубецков Д.И. — 124

## У

- Удивление — 13, 14, 36
- Уровень достоверности различий — 109

## Ф

- Феномен — 6
- Флоренский П.А. — 14
- Фрактал — 126
- Фрактальная семиотика — 126
- Франклин Б. — 37

Фуко М. — 131  
Функция распределения плотности ошибки  
по Гауссу — 102

## Х

Хайдеггер М. — 18  
Хантер Ф. — 48  
Хаусдорф Ф. — 126  
Хорган Дж. — 119  
Хьюет П. — 69

## Ц

Целевое звено  
для первых этапов прямой задачи познания — 34  
первичное — 34  
феномена — 34  
Целенаправленная система  
свертывание и развёртывание — 49–52  
структура — 32  
уровни развития — 53  
Цельсий А. — 94

## Ч

Чудо — 12, 13

## Ш

Шестов Л.И. — 74  
Шкала  
абсолютная — 95–97  
выбор типа шкалы для разных стадий исследования — 98, 116  
как логический оператор — 91  
Мооса — 92  
наименований — 92  
отношений — 95  
порядка (рангов) — 93, 94  
разностей (интервалов) — 94, 95  
Рихтера — 93  
температуры по Цельсию — 94  
Шкалирование данных — 90–97

## Шкалы

порядок использования — 98

Шпет Г.Г. — 127, 130

Шувалов А.В. — 131

## Щ

Щедровицкий Г.П. — 15

## Э

Эйнштейн А. — 32

## Эксперимент

А.А. Беккереля *см.* Беккерель А.А.

Б. Бойд — 46

Б. Франклина — 37, 38

В.Г. Грязевой — 13

дополнительный — 33, 34, 65

зависимость скорости развития насекомых от температуры *см.* Прохнов О.

исследование ресурса — 43

как целенаправленная система — 24, 26

мысленный научный vs инженерный — 5

оборудование и приборы — 81–87

первый — 121

по измерению власти — 48

по измерению давления света — 84

по изучению апокампа — 57–67

по уточнению механизма явления — 79

постановка — 34

правила фиксации данных — 87

природа звука — 82, 83

реконструкция атмосферных явлений — 67–71

с системой и антисистемой — 49–52

с суточным ритмом активности насекомых — 78, 79

структура — 77

этимология слова — 4

## Ю

Юнг К.Г. — 47

# Содержание

<b>Список сокращений .....</b>	<b>3</b>
<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>Лекция 1. Эволюция системы наблюдения за объектами.....</b>	<b>9</b>
1.1. Появление объекта и предмета исследования.....	10
1.2. Принцип полноты системы наблюдения.....	23
<i>Выводы по лекции 1 .....</i>	<i>30</i>
<i>Рекомендации и задания по лекции 1 .....</i>	<i>30</i>
<b>Лекция 2. Стратегия и тактика проведения экспериментов.....</b>	<b>32</b>
2.1. Прямая задача познания.....	33
2.2. Научное познание .....	43
2.3. Развёртывание, свёртывание и самоорганизация в прямой задаче познания.....	49
<i>Выводы по лекции 2 .....</i>	<i>52</i>
<i>Рекомендации и задания по лекции 2 .....</i>	<i>54</i>
<b>Лекция 3. Процесс решения задач познания на примере экспериментальных исследований феномена апокампа.....</b>	<b>56</b>
3.1. Прямая задача познания в изучении феномена апокампа .....	57
3.2. Обратная задача познания в изучении переходных атмосферных явлений .....	67
<i>Выводы по лекции 3 .....</i>	<i>72</i>
<i>Рекомендации и задания по лекции 3 .....</i>	<i>73</i>
<b>Лекция 4. Протоколы измерений и экспериментальное оборудование .....</b>	<b>74</b>
4.1. Фиксация результатов.....	75
4.2. Целенаправленное создание и совершенствование экспериментальной аппаратуры .....	81
4.2.1. Изучение феномена звука.....	82
4.2.2. Измерение давления света.....	84
<i>Выводы по лекции 4 .....</i>	<i>87</i>
<i>Рекомендации и задания по лекции 4 .....</i>	<i>87</i>
<b>Лекция 5. Целенаправленная обработка данных .....</b>	<b>89</b>
5.1. Шкалирование данных.....	90
5.2. Точность данных .....	98



5.3.       Статистические гипотезы и корреляции.....	107
<i>Выводы по лекции 5</i> .....	115
<i>Рекомендации и задания по лекции 5</i> .....	116
<b>Послесловие.</b> Как выращивать в лаборатории древо познания? .....	118
<b>Список литературы</b> .....	<b>134</b>
Введение .....	134
Лекция 1.....	137
Лекция 2.....	139
Лекция 3.....	140
Лекция 4.....	142
Лекция 5.....	143
Послесловие .....	145
<b>Список рекомендованной литературы</b> .....	<b>149</b>
Основная литература.....	149
Эксперимент в биологии и медицине .....	149
Эксперимент в маркетинге .....	150
Эксперимент в психологии и социологии .....	150
Эксперимент в физике.....	151
Эксперимент в химии.....	151
Эксперимент в юриспруденции.....	151
<b>Авторский и предметный указатель</b> .....	<b>152</b>

*Учебное издание*

**Соснин Эдуард Анатольевич,  
Пойзнер Борис Николаевич**

# **МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ