

В. В. Свиридов, Е. И. Свиридова

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СПО

Под редакцией В. В. Свиридова

3-е издание, исправленное и дополненное

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2017

УДК 50(075.32)

ББК 20я723

С24

Авторы:

Свиридов Владимир Владимирович — профессор, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики физико-математического факультета Воронежского государственного педагогического университета;

Свиридова Елена Игоревна — доцент, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и методики преподавания математики физико-математического факультета Воронежского государственного педагогического университета.

Рецензенты:

Королев М. Ю. — доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой Московского педагогического государственного университета;

Пронин В. П. — доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики и астрономии Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена;

Соколова И. И. — доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, член Совета по образовательной политике при Правительстве Санкт-Петербурга, заведующая кафедрой Военной академии связи имени С. М. Буденного.

Свиридов, В. В.

С24

Концепции современного естествознания : учеб. пособие для СПО / В. В. Свиридов, Е. И. Свиридова ; под ред. В. В. Свиридова. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 358 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-534-03633-6

Учебное пособие посвящено важнейшим междисциплинарным концепциям современного естествознания. В нем показано место и значение естествознания в культуре цивилизации, даны общие представления с наиболее важными для понимания мира и человека в мире концепциями наук о природе в их развитии.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.

УДК 50(075.32)

ББК 20я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

© Свиридов В. В., Свиридова Е. И., 2005

© Свиридов В. В., Свиридова Е. И., 2017, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2017

ISBN 978-5-534-03633-6

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Научный метод	12
1.1. Место естествознания в культуре.....	12
1.2. Две культуры	13
1.3. Различия естественнонаучных и гуманитарных методов познания	15
1.4. На пути к единой культуре	18
1.5. Эстетика и этика научного творчества	21
1.6. Современные проблемы биоэтики	23
1.7. Научный метод.....	27
1.8. Псевдонаука	45
1.9. Тенденции развития естествознания	50
<i>Тренировочные задания</i>	53
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	54
<i>Тест</i>	56
Глава 2. Симметрия природы	59
2.1. Понятие симметрии и ее значение в естествознании	59
2.2. Пространство, время и их симметрии.....	63
2.3. Принцип относительности и постулаты Эйнштейна	68
2.4. Следствия из постулатов Эйнштейна: релятивистский мир	72
2.5. Релятивистские симметрии пространства-времени	75
2.6. Общая теория относительности: основные положения.....	81
<i>Тренировочные задания</i>	86
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	86
<i>Тест</i>	88
Глава 3. Концепция дополнителности	90
3.1. Корпускулярная и континуальная концепции описания природы	90
3.2. Корпускулярно-волновой дуализм.....	92
3.3. Развитие представлений о механизмах взаимодействия	94
3.4. Несостоятельность механического детерминизма	103
3.5. Принципы квантовой механики.....	108
3.6. Этот случайный, случайный мир.....	114
<i>Тренировочные задания</i>	117
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	118
<i>Тест</i>	119

Глава 4. Эволюционная концепция	122
4.1. Понятие эволюции.....	122
4.2. Возникновение представлений о развитии науки, общества и природы.....	123
4.3. Биологический эволюционизм.....	126
4.4. Второй закон термодинамики. Энтропия	147
4.5. Основной парадокс эволюционной картины мира.....	157
4.6. Энтропийный баланс Земли и глобальный экологический кризис	159
4.7. Проблема «тепловой смерти Вселенной»	167
4.8. Синергетика	173
4.9. Универсальный эволюционизм.....	185
4.10. Иерархия структурных элементов материи	188
4.11. Фрактальная геометрия природы	189
<i>Тренировочные задания.....</i>	<i>199</i>
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>199</i>
<i>Тест</i>	<i>201</i>
Глава 5. Естественная история природы и человека.....	204
5.1. Возникновение и развитие Вселенной: научная космология	204
5.2. Возникновение Солнечной системы и Земли	218
5.3. Геологическая эволюция	221
5.4. Специфика биологического этапа естественной истории	228
5.5. Предбиологическая химическая эволюция	230
5.6. История жизни на Земле	235
5.7. Физиологические основы психики: нейронные сети	243
5.8. Этология: поведение и социальная организация животных	248
5.9. Антропогенез.....	256
5.10. Козволюция человека и биосферы	266
<i>Тренировочные задания.....</i>	<i>284</i>
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>284</i>
<i>Тест</i>	<i>287</i>
Глава 6. Научная картина мира	290
6.1. Понятие научной картины мира	290
6.2. Эволюция научной картины мира.....	291
6.3. Естественнонаучная информационная картина мира.....	300
Заключение	314
Приложение I. Решение тренировочных заданий	321
К главе 1	321

К главе 2	322
К главе 3	322
К главе 4	323
К главе 5	324
Приложение II. Тест для повторения	327
Приложение III. Примерные вопросы к экзамену	337
Приложение IV. Толковый словарь	339
Рекомендуемая литература	345
Краткий биографический справочник	349

ПРЕДИСЛОВИЕ

*Светлой памяти
Александра Дмитриевича Суханова*

Первоочередная цель образования — приобщить нового члена общества к культуре, созданной за тысячелетнюю историю человечества. Традиционно понятие «культурный человек» ассоциируется с личностью, свободно ориентирующейся в истории, литературе, музыке, живописи: акцент, как видим, падает на гуманитарные формы отражения мира. Однако в наше время пришло понимание того, что *неотъемлемой и важнейшей частью общечеловеческой культуры являются достижения естественных наук.*

Именно поэтому в 1990-х гг. курс «Концепции современного естествознания» государственными требованиями был установлен в качестве обязательного практически по всем гуманитарным и экономическим направлениям среднего профессионального и высшего образования. Этими же требованиями определялось примерное содержание курса. Основная идея заключалась в том, чтобы рассматривать естественнонаучное и социогуманитарное знания не как взаимоисключающие, а как взаимно дополняющие, хотя и разные, компоненты единой культуры. Знание естественных наук, а, главное, научного метода, воздействуя на самый характер мышления, способствует выработке адекватного отношения к окружающему миру. Любому важно знать, что мир познаваем, причем познаваем рационально; что им управляют объективные законы, которые при самом горячем желании нельзя отменить или обойти, даже с помощью колдунов и экстрасенсов или гипотетических инопланетян.

В настоящее время федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) строятся, как известно, на базе иного, компетентностного подхода, который не предполагает жесткого предопределения ни перечня дисциплин в учебном плане, ни их содержания. Однако благодаря накопленному опыту вузами за два десятилетия положительному опыту естественнонаучного образования гума-

нитариев, и в современных учебных планах образовательных учреждений среднего профессионального образования по педагогическим, социальным, экономическим, гуманитарным и другим специальностям, как правило, присутствует курс «Концепции современного естествознания» или иные интегрированные естественнонаучные курсы, близкие к нему по содержанию, задачам и методическим подходам — например, «Естественнонаучная картина мира». В дальнейшем, говоря о «Концепциях современного естествознания», мы будем подразумевать и все другие дисциплины такого рода.

Как уже отмечалось, неотъемлемой составляющей мировоззрения современного человека являются положения, законы, правила, концепции наук о природе. Естественно, в мировоззрении человека, не являющегося профессиональным естествоиспытателем, они присутствуют в обобщенном, философски и эстетически осмысленном виде, соотношенном с интересами и ценностями человека и человеческой цивилизации. Именно в таком виде и должны представлять естественные науки в данном курсе и аналогичных общекультурных дисциплинах, в отличие от классических предметов естественнонаучного цикла — электродинамики, биохимии, генетики, выполняющих в основном функцию инструмента профессиональной деятельности.

«Концепции современного естествознания» — это курс, призванный показать место и значение естествознания в культуре цивилизации, познакомить, на уровне общих представлений, с наиболее важными для понимания мира и человека в мире концепциями наук о природе в их развитии.

.....

Наука не существует помимо человека и есть его создание, как его созданием является слово, без которого не может быть науки. Находя правильности и законности в окружающем его мире, человек неизбежно сводит их к себе, к своему слову и к своему разуму. В научно выраженной истине всегда есть отражение — может быть чрезвычайно большое — духовной личности человека, его разума (В. И. Вернадский).

.....

Основной практической трудностью, с которой сталкивается преподаватель курса «Концепции современного естествознания», является чрезвычайно широкая предметная область при скромном объеме времени, отводимого на его изучение [25]. Отсюда вытекает необходимость концептуально стройной структуры курса, опирающейся на действительно важнейшие, имеющие первостепенное мировоззренческое значение, естественнонаучные концепции. Наш подход

к созданию такой структуры следует идеям создателя современной российской системы естественнонаучного образования гуманитариев профессора А. Д. Суханова, который предложил считать основным атрибутом естествознания его *трансдисциплинарный* характер. Трансдисциплинарность означает более высокий уровень универсальности, чем междисциплинарность. Трансдисциплинарные идеи и концепции, не претендуя на статус всеобщих философско-методологических принципов, тем не менее обладают достаточной общностью, чтобы выполнять функции несущей конструкции для всей системы наук о природе и даже, иногда, для тех сфер культуры, которые к собственно науке относить не принято.

А. Д. Суханов и О. Н. Голубева называют следующие трансдисциплинарные идеи, которые образуют каркас научной картины мира [35]:

- идея модельности описания и иерархичности моделей природы;
- идея экспериментальной достоверности;
- идея пространственно-временных отношений в Природе;
- идея единства объекта и его окружения;
- идея целостности Природы.

Кроме того, на наш взгляд, в этот перечень должна быть включена трансдисциплинарная эволюционная идея, которой посвящен целый раздел книги [35] и которая играет главную роль именно в современном естествознании [31].

Настоящее учебное пособие в полной мере опирается на перечисленные идеи. Они, однако, не выделяются явным образом (например, в заголовках частей и глав), поскольку, в силу своей трансдисциплинарности, пронизывают все содержание книги. Кроме того, в соответствии с методической установкой авторов, формирование в сознании учащихся абстракций высшего порядка достигается путем освоения более конкретного материала. Так, первые две трансдисциплинарные идеи наиболее интенсивно обсуждаются в первой главе, посвященной научному методу, взятому в своем историческом развитии и в сопоставлении с внеучными формами освоения действительности. Во второй главе представлена идея пространственно-временных отношений в Природе, которая также дается в историческом контексте и в тесной связи с концепцией симметрии природных законов и объектов. Идея единства объекта и его окружения в наиболее яркой и парадоксальной форме проявляется в концепции дополнительности в широком смысле, которой посвящена третья

глава. Наиболее поучительными примерами, иллюстрирующими идею целостности Природы, служат биологические и экологические системы, системные свойства которых достаточно подробно раскрываются в четвертой и пятой главах. Наконец, эволюционная концепция подается нами не как отдельный независимый раздел курса, а как системообразующая концепция действительно современного естествознания, пронизывающая все учебное пособие.

Еще одна важнейшая особенность курса «Концепции современного естествознания» вытекает из его предназначения: служить мостиком, связывающим культуру научно-техническую и культуру общечеловеческую. В связи с этим необходимыми элементами курса должны быть:

- сопоставление «Двух культур» — научной и гуманитарной;
- освещение ключевых моментов истории развития знаний об окружающем мире;
- обсуждение вопросов этики и эстетики научного творчества, его широкого общекультурного контекста;
- акцент на научных и околонаучных проблемах, которые в наибольшей степени волнуют современное общество (псевдонаука, возникновение и судьба Вселенной, происхождение жизни, соотношение реального мира с его информационным образом, и т.д.).

Все указанные моменты учтены при разработке настоящего учебного пособия.

Освоение курса предполагает наличие базовых знаний физики, химии, биологии, астрономии и математики в объеме общеобразовательной школы. Поскольку основным содержанием курса является естественнонаучная картина мира, возникающая в результате *образно-философского* обобщения достижений естественных наук, то несомненна взаимосвязь материала пособия с материалом, изучаемым в курсе философии. Наконец, поскольку полноценное восприятие основных концепций естествознания возможно лишь при включении их в широкий культурно-исторический контекст, данный курс неизбежно соприкасается с такими дисциплинами, как «История мировых цивилизаций», «Отечественная история» и «Культурология».

Внимательного изучения материалов учебного пособия, подкрепленного их обсуждением на семинарских занятиях, должно быть достаточно для выполнения тестовых заданий и сдачи экзамена (зачета). Однако студентам настоятельно рекомендуется обращение к общедоступной справочной литературе (энциклопедиям и сло-

варям, в том числе онлайн) для выяснения или уточнения смысла терминов и понятий. Некоторые термины, часто используемые в настоящем пособии, поясняются в небольшом толковом словаре в конце книги. Большую пользу для формирования у студента целостной и современной научной картины мира может принести дополнительное чтение по списку рекомендуемой литературы.

Основная цель учебного пособия заключается в том, чтобы создать у студента представление о цельной, основанной на трансдисциплинарных концепциях и принципах, современной естественно-научной картине мира. В результате изучения курса студент должен освоить:

трудовые действия

- владеть навыками выделения сути новых научных идей и сопоставления их с устоявшимися представлениями;
- владеть навыками восприятия себя как участника природных процессов, как в роли объекта, так и субъекта;
- владеть навыками получения достоверных и релевантных новых знаний об окружающем мире, его свойствах и закономерностях;

необходимые умения

- ориентироваться в потоке информации о научных достижениях;
- ценить нравственные начала в процессе познания и преобразования мира;
- понимать различия между живой и неживой материей и видеть общее между ними;
- вычленять процессы самоорганизации, идущие в природе и обществе, и сопоставлять их динамику с теоретическими закономерностями;
- ощущать природу как источник личного опыта и основу собственного мировоззрения;

необходимые знания

- место естественных наук в общечеловеческой культуре и их соотношение с другими формами интеллектуального освоения мира;
- важнейшие, имеющие трансдисциплинарное и мировоззренческое значение, современные достижения наук о природе;
- ключевые моменты естественной истории Вселенной и человека;
- закономерности самоорганизации и эволюции природных и социальных систем, а также основные положения универсального эволюционизма.

Авторы хотели бы выразить глубокую признательность всем постоянным участникам и руководителям секций «Современное естествознание для гуманитарных специальностей» и «Физика в современной естественнонаучной картине мира» международной конференции «Физика в системе современного образования», регулярно проводимой с 1991 г. Конференция стала эффективным полигоном для анализа состояния естественнонаучного образования гуманитариев в вузах России, плодотворного обсуждения возникающих здесь проблем, а также для выработки и продвижения согласованного курса на гармоничную интеграцию научно-технической и гуманитарной культур в сознании молодых образованных членов общества.

Глава 1

НАУЧНЫЙ МЕТОД

1.1. Место естествознания в культуре

Согласно одному из определений,

культура — принятая в данном обществе система ориентиров, позволяющая человеку определить свое место и роль в мире, оценить свершившееся и выбрать образ действий на будущее.

Ориентиры, о которых идет речь, формируются и в быту (котлету полагается есть вилкой, а отбивную резать ножом), и при восприятии произведений искусства, показывающих, что прекрасно, а что безобразно. Свою систему точек отсчета и норм поведения создает каждая религия. Естествознание также предлагает систему мировоззренческих ориентиров, отличающихся следующими качествами.

- ◆ *Непреходящий характер.* Законы природы, однажды открытые, со временем не стареют и не утрачивают силу, а лишь уточняются и расширяются. Вечный двигатель всегда будет утопией, и закон Архимеда никто никогда не отменит.
- ◆ *Необходимость.* Невозможно построить автомобиль или решить экологические проблемы, не зная или игнорируя соответствующие законы природы, которые нельзя отменить ни постановлением правительства, ни с божьей помощью.
- ◆ *Универсальность, всеобщность.* Естествознание, выражающее объективные, независимые от национальности, расы и вероисповедания законы природы, играет роль универсального языка, объединяющего человечество. Ученые — американские и японские, верующие и неверующие — прекрасно понимают друг друга, встречаясь на научных конференциях. Если мы когда-нибудь встретимся с иными разумными существами, то проще всего будет достичь понимания, начав разговор с понятий, обозначающих природные явления и закономерности. Действительно, дважды два — четыре

и на Земле, и на Марсе, а водород имеет одни и те же физические и химические свойства по всей Вселенной.

В наше время быстрых перемен, когда социальные и бытовые ориентиры полностью сменяются за время жизни человека порою не один раз, особенно ценными оказываются универсальные и непреходящие естественнонаучные ориентиры.

Современное естествознание вносит большой вклад в создание нового стиля мышления — *глобального* или *планетарного*, в котором в качестве проблемы номер один рассматривается задача выживания человечества на уникальной планете Земля. Этот стиль мышления требует понимания сложности и хрупкости нашего мира, уважения к *естественным* процессам в природе и обществе.

1.2. Две культуры

Естествознание является лишь одним полюсом современной культуры. Второй не менее (но и не более) необходимый полюс — гуманитарно-художественная культура, т. е. искусство и гуманитарные науки.

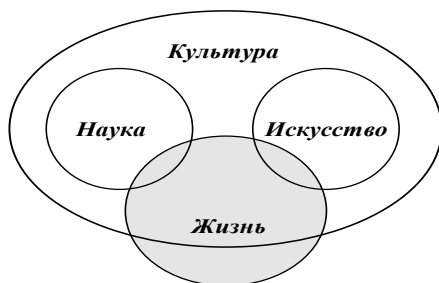


Рис. 1.1. Структура культуры (по Г. Д. Гачеву)

Вот такой схемой проиллюстрировал эту мысль писатель и ученый-культуролог Г. Д. Гачев, добавив: «Целое мира призван постичь целостный человек и сделать это может целостным способом мышления, в котором научный (дискретный, дифференцирующий, аналитический) ко всему подход сопряжен с художественно-образным, синкретичным, или синтезирующим» (Книга удивлений, или Естествознание глазами гуманитария, или Образы в науке. М.: Педагогика, 1991. С. 12, 16).

В идеале эти два полюса должны дополнять друг друга, образуя единое целое. К сожалению, в реальности между ними сложились

отношения не взаимодополнения, а противопоставления и даже взаимоисключения.

Проблема разрыва между составляющими культуры была сформулирована Ч. П. Сноу в 1959 г. Основной его тезис: *духовный мир интеллигенции раскололся на две противоположные части*. На одном полюсе — художественная интеллигенция («лирики»), на другом — ученые («физики»). Они настолько по-разному относятся к одним и тем же вещам, что не могут найти общего языка. Каждая группа обладает своей особой культурой, и эти «две культуры» чужды друг другу.

Ярче всего *последствия* отчуждения двух культур высвечиваются *глобальным экологическим кризисом*, который во многом обусловлен быстрым развитием технологии материального производства и ее теоретической базы — естествознания. Технологическое развитие оказалось не уравновешено таким же быстрым формированием новых этических и эстетических норм, социальных институтов и переориентацией системы образования.

Разлом в культуре порождает и массовые *психологические* проблемы. Фрагментарность внутренней картины мира, неспособность видеть связь и взаимообусловленность событий не дают возможности хотя бы краткосрочного предвидения и планирования и потому не позволяют людям приспособиться к жизни в условиях экологического, экономического и политического кризиса. Но человек не может жить без ориентиров, подобно растению, — и неосвоенная цельная культура замещается эрзацами, «костылями» для разума. Возникает интерес к сектам, обещающим быстрый и легкий путь к абсолютной истине, но при этом запрещающим интеллектуальный анализ, сомнения, критическое сопоставление открываемых «истин» со знаниями из других источников. Этот путь приводит к деградации личности и в конечном счете оказывается тупиковым (вспомните историю «Белого братства» или секты «Аум Синрикё»).

Противопоставление научной и гуманитарной культур приводит к тому, что периодически на каждую из них возлагают надежды, которые они в состоянии оправдать только в единстве. В течение столетия (примерно с середины XIX по середину XX в.) наука воспринималась многими как волшебная палочка, которая разрешит все проблемы человечества в духе жюльверновских романов. Закономерной реакцией на крушение этой наивной веры во всемогущество науки является рост во всем мире *антинаучных настроений*. Бурный расцвет переживают сейчас астрология, «биоэнергетика», парапсихология, уфология (от *UFO* — неопознанный летающий объект)...

Но все эти *псевдонауки* (п. 1.8) помогают в разрешении реальных проблем цивилизации не более чем натянутое на голову одеяло помогает избежать наказания за разбитую мамину вазу.

Известный физик и деятель культуры С. П. Капица предупреждает, что есть сильная связь между антинаучными тенденциями и самыми реакционными проявлениями общественного сознания. «Хорошо известна связь национализма и фашизма с антинаучными выпадами, — пишет он. — Интеллигенция, которой не хватает культуры и образованности, может стать такой же основой социального экстремизма, какой в прошлом был люмпен-пролетариат» (*Капица С. П. Антинаучные тенденции в Советском Союзе // В мире науки. 1991. № 10*).

1.3. Различия естественнонаучных и гуманитарных методов познания

Противопоставление двух культур имеет корни в реально существующих различиях методов познания мира в научной и гуманитарно-художественной практике.

Конечная цель и ученого и художника одна — понять мир и место человека в мире; средства ее достижения могут быть различными. В чем же состоят эти различия?

1. *Естественнонаучное знание объективно, гуманитарное — субъективно.*

Естествоиспытатель имеет дело только с материальными явлениями, обусловленными *объективными* законами. Объяснение же социальных или культурных событий включает как анализ *объективных* причин, приведших к их возможности или даже необходимости, так и *субъективных* мотивов, мыслей и переживаний тех, кто их совершает. Но чужая мысль не дана исследователю непосредственно, поэтому процесс реконструкции принципиально не может быть освобожден от влияния личности исследователя. Вследствие этого гуманитарный метод допускает отсутствие однозначных, общеобязательных выводов, что для знания естественнонаучного было бы недопустимо.

2. *Гуманитарное знание исторично, естественнонаучное — не обязательно.*

Состояние общества или культуры в данный момент нельзя понять, не обращаясь к прошлому, к истории возникновения этого состояния. В естественных же науках предыстория системы зачастую

несущественна: все определяется ее состоянием в настоящий момент. Так, химику для анализа состава образца не обязательно знать, откуда его принесли. Вероятность распада радиоактивного ядра в следующую секунду не зависит от возраста ядра.

3. *Предмет гуманитарно-художественного познания индивидуален, предмет естественнонаучного познания типичен.*

В естественных исследованиях ученый не интересуется индивидуальными, неповторимыми особенностями изучаемых объектов, старается отвлечься от них. Однако для филолога «Преступление и наказание» — не только типичный образец русской литературы XIX в., но и уникальное произведение, ценное именно своей неповторимостью. Ученые-естественники прикладывают массу усилий, чтобы обеспечить себя измерительными приборами, как можно более близкими к эталону. Они выводят линии специальных, генетически почти идентичных друг другу лабораторных животных, стараются работать с как можно с более чистыми (а значит, одинаковыми) образцами веществ. Гуманитарии же собирают в музеях реликвии, ценные именно своей уникальностью, невозпроизводимостью.

4. *Гуманитарный метод в отличие от естественнонаучного создает не только знание, но и мнение, оценку познаваемого предмета.*

Гуманитарное познание, кроме описания и объяснения явлений окружающей реальности, еще и *оценивает* их (хорошо — плохо, красиво — безобразно, справедливо — несправедливо). Здесь *знание* обязательно сопровождается *мнением*, выражающим отношение исследователя к предмету. Явления же, изучаемые естествознанием, не добры и не злы, сами по себе они не имеют ценности. Дело в том, что морально-этические оценки возможны лишь при наличии свободы выбора. Человек может выбирать, подчиняться или нет закону, запрящающему красть, но он не волен подчиняться или не подчиняться закону всемирного тяготения. Можно спорить о том, благом или злом оказывается развитие ядерной энергетики (которое зависит от нас), но цепная реакция деления ядер как физическое явление не хороша и не плоха — она просто существует.

5. *Гуманитарий неизбежно участвует в исследуемом процессе, естествоиспытатель стремится быть сторонним наблюдателем.*

Обязательной составляющей научного метода является *эксперимент* (п. 1.7.1). В ходе эксперимента искусственно создаются условия, ограничивающие влияние всех факторов, кроме изучаемого.

Особое внимание уделяется тому, чтобы в максимально возможной степени *исключить воздействие на ход событий со стороны исследователя* и его измерительных приборов.

В социокультурном познании все совершенно иначе. Во-первых, сама возможность создания искусственных условий сильно ограничена как недостатком материальных ресурсов, так и соображениями этического характера. Попробуйте представить, с какими проблемами пришлось бы столкнуться, пожелай вы провести исторический или юридический эксперимент! Во-вторых, гуманитарий, как правило, *изменяет* то, что хочет познать. Какое бы объективное и беспристрастное исследование ни провел социолог, его результаты, влияя на выбор политики, изменяют социальную реальность. Недаром во многих странах в последние дни перед выборами запрещена публикация результатов зондирования общественного мнения. Художник, стараясь постичь законы красоты, создает картины и тем самым формирует новые представления о прекрасном и безобразном. Естественно, при этом не может быть речи о воспроизводимости результатов: любой деятель искусства хорошо знает, что настоящий шедевр неповторим.

6. *Гуманитарная культура опирается на язык образов, естественнаучная — на язык терминов и чисел.*

Естественные науки используют четкий формализованный язык *терминов*, значения которых понимаются однозначно любым ученым. Идеалом, восходящим к Галилею, который сказал: «Великая книга природы написана на языке математики», здесь является *математическая модель* (п. 1.7.3) природного явления, оперирующая с точно измеримыми величинами по раз и навсегда заданным правилам.

Достижения же гуманитарной культуры могут быть вообще выражены не словами, а только *образами* (картины, статуи, музыкальные произведения). Если же говорить о гуманитарных *науках*, то они не могут ограничиться только специальной терминологией и вынуждены обращаться к возможностям *естественного языка* — нестрогого, многозначного и образного. Причина тут, во-первых, в чрезвычайной текучести, подвижности социально-культурных явлений, которую трудно описать жесткими терминами с фиксированными, застывшими значениями. Во-вторых, предмет исследования здесь доступен не только специалистам, и потому люди дают ему название, не дожидаясь, пока это сделает ученая комиссия по терминам. В-третьих, дело еще и в том, что почти никакие характеристики людей, предметов

искусства, общественных отношений не поддаются точному измерению или определению. Попробуйте объяснить, что такое «добрый»! А в каких единицах измерить талант художника или прогрессивность общественной реформы?

1.4. На пути к единой культуре

Научная и гуманитарная культуры противоположны, но противоположны *диалектически*. Они составляют единую общечеловеческую культуру и в равной мере движут ее развитием. Развитие же включает в себя чередующиеся фазы *дифференциации* — обособления противоположностей и *интеграции* — гармоничного объединения.

По-видимому, мы сейчас находимся на пороге фазы интеграции. В пользу этого говорит возникшее в ходе развития как естествознания, так и гуманитарной культуры понимание их близости или тесной связи как раз по тем позициям, по которым обычно констатировалась их противоположность. Стоит заметить, что сближение происходит главным образом путем «гуманитаризации» естествознания. Встречное движение выражено менее ярко.

❖ Естествознание все больше интересуется уникальными объектами.

В последнее время наиболее интересными и активно исследуемыми в естествознании стали объекты *уникальные*, существующие в единственном числе — например, *биосфера* (с. 226) и *геосфера*, изучаемые биологией, геологией, географией. Объектом исследования космологии служит Вселенная, единственная в своем роде по определению. Установлено, что, имея Вселенная чуть иные свойства (скажем, будь заряд электрона чуть больше или постоянная всемирного тяготения чуть меньше), звезды и планеты не смогли бы возникнуть. Вселенная, оказывается, уникальна и в том смысле, что тонко настроена на возникновение сложных структур, в том числе и человека.

В 1975 г. выдающийся астрофизик И. С. Шкловский выдвинул идею, что человечество одиноко во Вселенной. Его точка зрения приобрела немало сторонников, так как подтверждается наблюдательными данными астрономии и вескими теоретическими соображениями. Шкловский указывал, что уникальность земной цивилизации накладывает на нас особую ответственность за ее сохранение. Заметьте, что ответственность — категория не научная, но моральная.

❖ Естествознание все больше интересуется сложными объектами.

Смещение акцента на изучение уникальных объектов не есть уступка естествознанию гуманитарной культуре. Оно продиктовано внутренней логикой развития науки, рассматривающей все более сложные, богатые связями системы, которые способны моделировать даже психические и социальные явления.

Математическая теория сложности, построенная А. Н. Колмогоровым и его учениками, утверждает существование определенного порога сложности, за которым индивидуальными особенностями системы принципиально нельзя пренебречь: нельзя построить ее *модель* (п. 1.7.3), которая бы воспроизводила все основные особенности поведения системы, но была существенно проще. Например, не существует, по-видимому, принципиального запрета на создание робота, пишущего хорошие стихи. Однако принципиально невозможно заставить писать его «как Пушкин» — это будет уникальный талант со своим неповторимым стилем. Именно поэтому такой ценностью обладает каждая человеческая личность.

❖
Современное естествознание стало эволюционным, историчным.
.....

Уникальность объекта неизбежно требует исторического, эволюционного метода его исследования. Космология (п. 5.1), строго говоря, и определяется как наука об *эволюции* Вселенной. В синергетике установлено, что свойства сложной системы, например живого организма, биоценоза, общества, непременно зависят от пути ее развития (п. 4.8.3.6). Плодотворность эволюционного взгляда в биологии и геологии была доказана еще в XIX в.

❖
Образное мышление, интуиция ныне признаются необходимыми элементами процесса научного познания.
.....

Между языком художественных образов и языком точных научных понятий имеется плодотворная взаимосвязь, которая играет важнейшую роль *в процессе возникновения* научного знания. Дело в том, что форму жесткой логической конструкции научная теория приобретает лишь на завершающем этапе становления, когда уже имеется понимание. Понимание же опирается не столько на формулы и точные термины, сколько на образное видение ситуации.

Принципиально новое понимание ситуации — *научное открытие* — не может быть достигнуто исключительно путем логических рассуждений. Чистая логика не дает ничего сверх того, что *уже заложено* в старых теориях. Это вытекает из знаменитой *теоремы Гёделя*:

В любой достаточно богатой логической системе существуют осмысленные утверждения, которые невозможно ни доказать, ни опровергнуть, оставаясь в рамках этой системы.

«Достаточно богатой» оказывается даже арифметика. Из теоремы Гёделя следует, что положения, наиболее интересные для развития знаний, недоказуемы чисто логически и не могут быть проверены без обращения к чувственному опыту.

Прорыв к открытию всегда совершается с помощью *интуиции*, а интуиция — это процесс взаимодействия в сознании и подсознании абстрактных *понятий* и чувственных *образов*, процесс перехода от первых ко вторым и обратно. Когда Эйнштейна попросили рассказать о том, как происходит рождение новой теории, он описал это именно как комбинирование смутных, трудноописуемых образов.

- ❖ В современном естествознании признается, что исследователь не может *полностью* избежать своего влияния на исследуемый объект и влияния своей личности — на результат исследования.

Идеалом классического естествознания была полная отстраненность наблюдателя, сведение к нулю влияния экспериментатора и его приборов на ход изучаемого явления, отсечение всех индивидуальных, невоспроизводимых и субъективных факторов. Однако этот идеал оказался недостижимым.

Во-первых, установлено, что измерение одной характеристики предмета принципиально непредсказуемым образом изменяет другие (п. 3.5.1, 3.5.2).

Во-вторых, как уже говорилось, современное естествознание все более интересуется объектами либо уникальными — и тогда экспериментирование с ними весьма затруднительно, — либо настолько сложными, что отвлечься от их индивидуальности не удается. Один факт *присутствия* разумного наблюдателя в нашей Вселенной предполагает весьма точную «настройку» ее параметров и не позволяет рассматривать ее как типичную среди физически возможных вселенных. Это положение известно под названием антропного принципа (п. 4.7.4).

Наконец, в-третьих, существует проблема соотношения результатов эксперимента и выводимых из них заключений. Дистанция от колонок цифр в лабораторном журнале до изящных теоретических построений столь очевидно велика, что породила целое направление в философии науки. При этом часть философов и ученых считает связь эксперимента и выводимой из него теоретической картины

более или менее однозначной, а другая часть такую однозначность отрицает. Дискуссии здесь продолжаются столько, сколько существует наука.

1.5. Эстетика и этика научного творчества

Не следует, как выяснилось, абсолютизировать и *объективность* естественнонаучного метода познания. Конечно, готовая, завершенная теоретически и подтвержденная экспериментально научная концепция не допускает произвольных изменений по принципу «мне так больше нравится». Однако, как заметил Б. Г. Кузнецов, *наука как процесс, наука в ее развитии, наука как серия изменений в представлениях о мире обязательно включает и эстетические, и этические, и поэтические моменты* (Кузнецов Б. Г. Этюды об Эйнштейне. М.: Наука, 1965).

Эстетические соображения вдохновляли Николая Коперника, отстаивавшего гелиоцентрическую систему мира, в которой Земля обращается вокруг Солнца, а не наоборот. Главными его аргументами были стройность и простота этой системы.

Альберт Эйнштейн говорил, что существует два критерия выбора новой физической теории. Первый — это *внешнее оправдание*, т. е. соответствие теории эксперименту. Однако профессионалы знают, что теорий, соответствующих данному набору экспериментальных данных, можно сконструировать сколько угодно за счет введения дополнительных гипотез и подгоночных параметров. И здесь на передний план выступает второй критерий Эйнштейна — *внутреннее совершенство* теории: естественность, логическая простота посылок, определенность утверждений и выводов — качества эстетические, допускающие субъективность оценок.

Известно высказывание Эйнштейна о Достоевском: «Он дает мне больше, чем любой мыслитель, больше, чем Гаусс» (цит. по: Кузнецов Б. Г. Этюды об Эйнштейне). С наиболее известным творением самого Эйнштейна, теорией относительности, связан целый ряд историй, высвечивающих роль *субъективного* фактора в науке. Так, существует мнение, что ее автором следует считать вовсе не Эйнштейна¹. Действительно, основные формулы теории — так называемые преобразования Лоренца (п. 2.5.2) — были выведены Хендриком Лоренцем и Анри Пуанкаре еще до Эйнштейна. Почему же теория не

¹ Лозунов А. А. К работам Анри Пуанкаре «О динамике электрона». 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1988.

носит имени Лоренца или Пуанкаре? Заслуга Эйнштейна в том, что он понял: громоздкие формулы преобразований Лоренца получаются *естественно и изящно*, если отказаться от привычных представлений о пространстве и времени. Новый *образ* этих фундаментальных сущностей, новая *картина* мира — вот тот субъективный вклад, который все же дает право считать создателем теории относительности именно Эйнштейна.

Заметно возросла в последние годы роль *морально-этических* факторов в процессе научного творчества. Этика в человеческой истории всегда играла роль ограничителя, сдерживавшего быстро растущие возможности человека по подавлению и истреблению себе подобных и по преобразованию природной среды. Чем быстрее технический прогресс, тем острее необходимость в этических нормах, регулирующих использование его плодов. В последнее время нарушение баланса между технологией и моралью стало особенно заметным благодаря научно-технической революции, которая резко ускорила рост могущества человека и открыла возможность изменения самой человеческой природы. Для рядового гражданина все выглядит так, будто открылся ящик Пандоры: атомные бомбы, баллистические ракеты, бездушные, но всеведущие компьютеры, генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры, клонированные животные, а в недалеком будущем — и люди... Ходячим в массовой культуре стал образ гениального, но абсолютно аморального профессора, который делает потрясающие открытия с единственной целью — уничтожить мир или в лучшем случае захватить его. Реакцией на это, результатом срабатывания присущих обществу механизмов поддержания стабильности стало то, что современные ученые (смотревшие в детстве мультики о профессоре-маньяке) придают гораздо большее значение этическим моментам, чем их предшественники. Этические соображения непременно учитываются при решении вопросов о распределении средств на научные исследования. С 1995 г. выходит журнал *Science and Engineering Ethics* («Научно-техническая этика»), с которым вынуждены считаться наиболее авторитетные научные издания и ученые.

В истории известен случай, когда из чисто этических соображений было выведено важнейшее заключение об устройстве природы.

Древнегреческий философ Эпикур учил, что целью жизни является достижение счастья, понимаемого как отсутствие страданий. Главной причиной страданий он считал страх перед богами, поэтому условием счастья называл освобождение от религии. Этой цели слу-

жила разработанная Эпикуром система мира, в которой богам нет места, а есть лишь атомы, совершающие вечное закономерное движение в пустоте, сталкивающиеся, соединяющиеся в тела и вновь разъединяющиеся.

Эпикур впервые осознал этическую проблему, неизбежно вытекающую из представлений о строгой закономерности, господствующей в мире. Если траектории движения атомов строго определены тем или иным законом, это неизбежно приводит к фатальной *детерминированности, предопределенности* всех будущих событий, в том числе и человеческих поступков. Но это совершенно неприемлемо с точки зрения этики, так как отрицает наличие у человека свободы воли, а значит, и ответственности за свои деяния. «Лучше было бы следовать мифу о богах, чем быть рабом физиков (естествоиспытателей), миф дает намек на надежду умиловить богов посредством почитания их, а судьба [предопределенная траекториями атомов] заключает в себе неумолимую необходимость», — восклицал Эпикур в одном из своих писем (*Лукреций. О природе вещей. Т. II. Фрагменты Эпикура. М., 1947*).

Выход был найден в представлении о том, что атомы, помимо закономерных движений, испытывают еще небольшие случайные, непредсказуемые отклонения от своих законных путей:

...Тела изначальные в некое время

В месте, неведомом нам, начинают слегка отклоняться,

Так что едва и назвать отклонением это возможно.

Лукреций. О природе вещей

Только недавно, уже на нынешнем уровне развития науки, выяснилось, что Эпикур был совершенно прав, утверждая необходимость случайных, непредсказуемых флуктуаций в поведении микрочастиц, неизбежность «шума», который является источником богатства и разнообразия форм нашего мира.

1.6. Современные проблемы биоэтики

Среди всех естественных наук наиболее бурно сейчас развиваются биология и медицина. Научные успехи в этом направлении, как правило, довольно быстро используются для решения практических проблем и входят в повседневную жизнь. Но они же порождают целый букет морально-нравственных проблем, которые являются предметом рассмотрения *биоэтики* (биомедицинской этики).

Биоэтика — пример плодотворного взаимодействия научной и гуманитарной культур. Она не наука (поскольку все-таки — этика), но и не общее философское учение, поскольку требует конкретных и глубоких биологических знаний и пытается решать злободневные практические вопросы.

Пример биоэтической проблемы дает история евгеники — науки о *влиянии* наследственных факторов на физические и умственные способности человека.

Евгеника возникла в начале XX в. на основе успехов генетики. Вскоре в ней выделилась позитивная евгеника, ставившая своей целью *улучшение* человека путем искусственного отбора. Например, установлено, что слабоумие — генетически обусловленный дефект. Будучи довольно распространенным (слабоумны несколько процентов населения), оно причиняет обществу огромный моральный и экономический ущерб. Евгенисты развернули кампанию за избавление человечества от недуга путем стерилизации слабоумных и ограничения их прав вступать в брак и иметь детей. Под влиянием их требований в 1930-х гг. стерилизация была узаконена в Германии, Канаде, Скандинавских странах и Эстонии.

Раздавались и возражения, но почти все они были чисто техническими. Указывалось, например, что меры, направленные против слабоумных, малоэффективны, поскольку имеется гораздо больше людей, которые, будучи сами здоровыми, тем не менее носят «ген слабоумия» и передают его своим потомкам. Почти никто, однако, не пытался дать оценку моральности или аморальности предлагавшихся мер... В наше время эта история не могла бы произойти, несмотря на несравнимо более высокое умение современных ученых читать генетическую информацию: негативная реакция научного сообщества и общества в целом была бы незамедлительной и жесткой.

История с евгеникой — лишь один пример многочисленных биоэтических проблем.

Возможность *определения пола будущего ребенка* на ранних стадиях беременности привела к тому, что в некоторых районах Индии и Китая девочек среди новорожденных стало в несколько раз меньше, чем мальчиков, ибо за девочкой в свое время придется давать большое приданое.

Методы генной инженерии позволяют получать сорта сельскохозяйственных растений, отличающиеся высокой урожайностью, устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям и вредителям. Созданы, например, зерновые, которые благодаря добавленному гену

вырабатывают в себе вещество, ядовитое для насекомых. Утверждается, что это вещество безвредно для теплокровных млекопитающих, так что человек может без опаски есть хлеб из такой пшеницы. Однако как бы тщательно ни проводились испытания, все равно *абсолютную* гарантию безопасности дать невозможно — всегда может оказаться, что биохимические особенности того или иного индивидуума или взаимодействие этого вещества с одним из бесчисленного множества химикатов, попадающих в человеческий организм, приведут к неблагоприятным последствиям. Кто возьмется установить уровень уверенности, который необходим для рекомендации этих сортов в хозяйственный оборот? Другими словами, здоровьем и жизнью скольких человек вы готовы рискнуть в будущем, чтобы снизить потери урожая от вредителей и накормить тех, кто недоедает сейчас?

В 1997 г. было опубликовано сообщение группы Иэна Вилмата из Рослиновского института в Шотландии об успешном клонировании высшего млекопитающего — овцы. По методике Вилмата из клетки овцы-донора извлекается ядро, содержащее хромосомы со всей наследственной информацией. Этим ядром замещается ядро оплодотворенной, но еще не начавшей деление яйцеклетки другой овцы. Затем яйцеклетка с подмененным ядром имплантируется третьей овце — суррогатной матери. Оказывается, что теперь развитие зародыша контролируется генетическим проектом, записанным на хромосомах вставленного в яйцеклетку чужого ядра. Именно таким образом на свет появилась овечка Долли, генетически точная копия овцы-донора.

Техника клонирования еще несовершенна. Долли — первый успех после нескольких сотен неудачных попыток, и причины его во многом остались неясны самим авторам. Однако он показывает, что *принципиальных* препятствий для генетического копирования высших млекопитающих, в том числе человека, не существует. Именно поэтому мало какое другое достижение науки XX в. вызвало столь же широкий общественный резонанс.

Парламенты, правительства и общественные организации потопились обозначить свое отношение к исследованиям в этой области — чаще всего отрицательное. Президент США немедленно после публикации статьи запретил финансирование работ «по клонированию человеческих существ» из государственных средств. Хироси Накадзима, генеральный директор Всемирной организации здравоохранения, заявил, что ВОЗ считает этически неприемлемым приращение клонирования для воспроизводства человеческих существ,

«поскольку это нарушило бы некоторые основные принципы медицинской помощи». Европейский парламент принял резолюцию о запрещении клонирования, в преамбуле которой говорится, что парламент «полагает существенным установить этические стандарты, основанные на уважении к человеческому достоинству, в области биологии, биотехнологии и медицины». Финансирование самой группы Вилмата через несколько месяцев попытались прекратить «в связи с успешным завершением проекта», как дипломатично было заявлено.

Многие страхи, связанные с возможностью клонирования человека, явно преувеличены. Например, даже создав генетически точную копию Адольфа Шикльгрубера, мы не получим второго Гитлера — для этого пришлось бы воспроизвести всю обстановку, в которой тот вырос. Результаты многолетних исследований говорят, что наследственные задатки и воспитание примерно в равной степени влияют на формирование личности (п. 5.7.5). Однако клонирование человека (а в том, что оно когда-нибудь состоится, сомнений нет) не может не привести к целому ряду моральных и юридических проблем, которые можно проиллюстрировать следующим, пока воображаемым примером.

Гражданин *N* решает обзавестись своим клонированным двойником. У него берут клетку и пересаживают ее ядро в яйцеклетку, предоставленную анонимной женщиной-донором. Затем яйцеклетку вынашивает суррогатная мать из центра планирования семьи (такие центры и «матери-напрокат» действуют уже сейчас, в том числе и в России).

Кем с точки зрения закона будет доводиться ребенку гражданин *N*? Поскольку он несет прямую ответственность за появление на свет нового человека, вроде бы отцом. Но, с другой стороны, судебно-медицинская процедура анализа ДНК, используемая сейчас для установления родства, покажет, что младенец и гражданин — близнецы. А ответственность братьев и сестер друг за друга существенно меньше, чем отца за сына.

Далее: кем приходится новорожденному женщина, выносившая его? Генетическая экспертиза установит: никем. С другой стороны, в законодательстве о браке и семье есть обороты наподобие такого: «...при рождении ребенка у матери». Законодатель если и не говорит прямо, то подразумевает, что мать — та, которая выносила и родила. Но если признать «мать-напрокат» полноправной матерью (а такая судебная практика уже имеется), то кем будет приходиться ей граж-

данин №? Братом ее ребенка ли все-таки его отцом, с которого можно требовать алименты? Но ведь гражданин мог быть и женщиной...

Можно представить себе много подобных казусов, неразрешимых в рамках действующих законов. Ставить это в упрек законодателю неразумно: закон работоспособен, лишь когда фиксирует сложившиеся или по крайней мере складывающиеся в обществе отношения. Поэтому наиболее разумная стратегия, по-видимому, заключается в том, чтобы, не форсируя исследования, способные привести к изменению природы или статуса человеческих существ, но и не становясь на путь запретов, организовывать широкое обсуждение возникающих при этом морально-этических проблем, чтобы ко времени, когда новые возможности, предоставляемые наукой, войдут в повседневную жизнь, успело сформироваться определенное общественное мнение.

1.7. Научный метод

Понятие **метод** означает совокупность правил и приемов их использования, которые позволяют гарантированно и систематически добиваться поставленной цели.

Цель *научного* метода заключается в получении научного знания о природных объектах и явлениях. От других видов знания (обыденного, гуманитарно-художественного, религиозного и т. д.) научное отличается систематичностью, объективностью, достоверностью, точностью и практической ценностью.

Систематичность научного знания означает, что данные разных наук не противоречат, а дополняют друг друга. В научную картину мира нельзя произвольно добавить и из нее нельзя извлечь ни одного кирпичика. В этом плане научную работу можно сравнить с разгадыванием бесконечного кроссворда, каждое новое слово в котором проверяется пересечением с другими, известными. В научном знании, как и в любой системе (п. 5.10.2.2), важны не столько свойства его элементов (фактов, законов, гипотез, теорий), сколько взаимоотношения между ними: подтверждают ли факты теорию, согласуется ли новая теория со старой в области ее применимости (*принцип соответствия*, п. 2.5.3) и т. д.

Объективность научного знания означает независимость от личности исследователя, от его индивидуальности. Пропорция, в которой расщепляются родительские признаки у гибридов, в опытах Менделя получалась такой же, как у тех пионеров генетики, которые спустя несколько десятилетий переоткрыли его законы (п. 4.3.1).

В отличие от этого оценка достоинств художественного произведения или значимости политического события во многом зависит от *субъективных* предпочтений и *личных* убеждений эксперта.

Достоверность научного знания обеспечивается принятой в науке традицией рациональной критики. Ничто не принимается на веру, каждый факт, гипотеза, теория проверяются и перепроверяются. И лишь в том случае, если настойчивые и неоднократные попытки поставить под сомнение факт или опровергнуть теорию оказываются безуспешными, эти факт или теория включаются в корпус научного знания.

Точность научного знания связана с использованием особого языка терминов и математических формул (с. 15). Естественные науки не терпят расплывчатых, двусмысленных, не обязывающих утверждений и выводов.

У гражданина сегодняшнего высокотехнологичного общества вряд ли могут быть сомнения в *практической ценности* научного знания. Трудно назвать такое благо цивилизации, создание которого обошлось без опоры на знание законов природы. Практической ценностью обладают и другие виды знания (даже религиозное: например, по свидетельству Варлаама Шаламова, в нечеловеческих условиях колымских лагерей только религиозные убеждения оставляли человеку шанс остаться собой, не сломаться морально), но лишь научному знанию свойственна *всеобщая* и *обязательная* практическая ценность.

Успехи современного естествознания свидетельствуют об эффективности научного метода познания. Он складывался в течение длительного времени и лишь в конце XVII в. приобрел все свои основные черты. *Именно с этого времени начинается история науки в полном смысле этого слова.*

1.7.1. Элементы научного метода познания

- ❖ Научное познание начинается с *наблюдения* природы.

Уже этот простейший метод получения знаний требует, как минимум, осмысленной и активной позиции. Наблюдение имеет определенную цель. Место, время и другие обстоятельства наблюдения планируются, а его результаты фиксируются для дальнейшего использования. Часто наблюдение выполняется с помощью технических средств и измерительных приборов.

- ❖ Результаты наблюдений — наблюдательные *факты* — подвергаются систематизации и классификации, что позволяет сформулировать *эмпирические обобщения*.

Эмпирическое обобщение — это замеченная в природе закономерность, причины которой нам еще непонятны. Например, эмпирическим обобщением наблюдений восхода солнца является вывод о том, что солнце восходит в восточной стороне горизонта. Это еще не теоретический вывод, но уже и не отдельный факт. Это более общая, чем факт, форма эмпирического знания. «Эмпирический» означает полученный из опыта, из непосредственных ощущений.

Эмпирическое обобщение возникает путем индукции.

┌ **Индукция** — метод познания, основанный на выведении общих следствий из частных посылок.

Так, если в течение нескольких лет наблюдений солнце *каждый день* восходит на востоке, возникает основание считать, что оно восходит на востоке *всегда*.

Индукция бывает *полной*, если формулируемое общее утверждение удастся проверить для всех объектов, к которым оно относится. Таковы, например, утверждения о том, что в данном цехе текстильной фабрики работают только женщины или что какое бы простое число мы ни взяли, всегда найдется еще большее простое число. Однако в естественных науках гораздо чаще используется *неполная* индукция, когда всеобщая закономерность формулируется на базе ограниченного числа фактов. (Как сказал Козьма Прутков, нельзя объять необъятное.) В силу неполноты индуктивного вывода всегда сохраняется шанс, что в каких-то условиях, до сих пор не исследовавшихся, эмпирическое обобщение окажется несправедливым. Тем самым всегда остается возможность дальнейшего развития научного знания.

Эмпирическое обобщение неизбежно вызывает вопрос о *причинах* установленной закономерности, побуждая к выдвижению гипотез.

┌ **Гипотеза** — это предположение о причине той или иной закономерности, о сущности того или иного объекта или явления.

Гипотезы возникают не только в процессе научного познания. Например, в мифологической картине мира для объяснения каждого явления предлагается гипотеза, связывающая его с отдельным духом или божеством. В картинах мира монотеистических религий в качестве универсальной объяснительной причины всего выступает бог. *Научная* же гипотеза должна отвечать следующим требованиям.

1. *Быть проверяемой.* Крупнейший философ XX в. К. Поппер сформулировал это требование парадоксально: научное утверждение отличается от ненаучного или лженаучного тем, что поддается объективной проверке, т. е. мыслима такая ситуация, в которой оно несправедливо (*принцип фальсифицируемости*). Первое, что старается сделать если не автор новой гипотезы, то его коллеги, — попытаться ее опровергнуть. Гипотеза принимается *научным* сообществом лишь в том случае, если она успешно выдерживает все атаки. В противоположность этому практически все *религии* требуют верить без доказательств, рассматривая сомнение как отступничество. Вспомните хотя бы знаменитую формулу Тертуллиана «Верую, ибо абсурдно!» или евангельскую притчу о Фоме неверующем. Причина понятна: гипотеза о существовании всемогущего Бога никакого отношения к науке и научному методу иметь не может, ибо в принципе непроверяема (если Бог всемогущ, он может сделать результаты любой проверки такими, как будто его нет).
2. *Обладать общностью*, т. е. единым образом объяснять как можно больше разрозненных фактов и эмпирических обобщений. То же требование можно сформулировать «от противного»: число научных гипотез, привлекаемых для объяснения известных эмпирических данных, должно быть минимальным. В такой форме требование общности было высказано монахом-францисканцем Уильямом Оккамом на рубеже XIII–XIV вв. Оно известно как бритва Оккама: «Не умножай сущностей сверх необходимого»¹.
3. *Обладать предсказательной силой.* Предсказательная сила гипотезы заключается, во-первых, в *самой возможности* делать конкретные и нетривиальные прогнозы на ее основе (таким свойством не обладает, например, гипотеза о существовании всемогущего Бога), а во-вторых, в совпадении выводов из нее с фактами, установленными уже *после* формулирования гипотезы.
4. *Быть логически непротиворечивой*, поскольку из противоречивого положения можно вывести любое желаемое утверждение. Как шутят специалисты по логике, если принять, что дважды два — пять, то отсюда можно логически вывести существование ведьм.

Если указанные требования к научной гипотезе выполнены, то на ее базе может быть построена *научная теория*.

¹ По-латыни это звучит так: *Non sunt multiplicanda entia praeter necessitatem* (Ockham's razor // Encyclopaedia Britannica).

┌ **Теория** — высшая форма организации научного знания, дающая точное и целостное представление о закономерностях определенной области действительности.

В рамках научной теории одни из эмпирических обобщений получают свое объяснение, а другие трансформируются в законы природы.

┌ **Закон природы** — это выраженная словесно или математически необходимая связь между свойствами материальных объектов и/или обстоятельствами происходящих с ними событий.

Например, закон всемирного тяготения выражает необходимую связь между массами тел и силой их взаимного притяжения; периодический закон Менделеева — связь между атомной массой (точнее, зарядом ядра атома) химического элемента и его химическими свойствами; законы Менделя — связь между признаками родительских организмов и их потомков.

1.7.2. Вклад античности в формирование научного метода

1.7.2.1. Переход к теоретическому познанию

Большой объем эмпирических знаний был накоплен древними цивилизациями Востока. И в Китае, и в Вавилоне, и в Египте были подмечены повторяемость, регулярность в небесных и вообще природных явлениях, благодаря чему были достаточно развиты математика и астрономия. Однако переход на следующий, *теоретический* уровень знания произошел лишь в Древней Греции.

Известны вавилонские и египетские учебники математики. Они представляют собой сборники задач с конкретными числовыми условиями и решениями, выполненными по принципу: сначала вычитаем, потом делим, потом прибавляем — вот и ответ. Почему именно так? Никаких общих правил или доказательств нет, да и само понятие доказательства было незнакомо математике Древнего Востока. В этом отношении такие «учебники» мало отличаются от сборника магических заклинаний или поваренной книги.

Первым известным нам человеком, который перешел от решения конкретных вычислительных задач к доказательству *общих* теоретических утверждений, был грек Фалес Милетский (VII–VI вв. до н. э.). Фалес доказывал, что *всякий* круг делится диаметром пополам, а *всякий* угол, опирающийся на диаметр, — прямой, что углы при основании *всякого* равнобедренного треугольника равны...

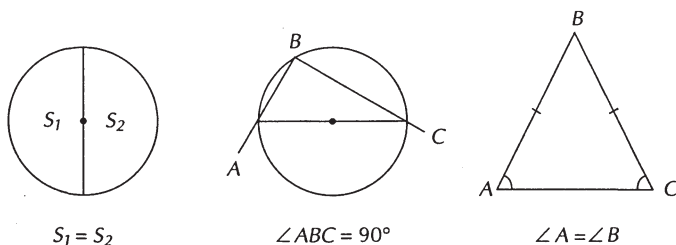


Рис. 1.2. Теоремы, доказанные Фалесом

Можно нарисовать тысячи разных кругов, и все они будут делиться своими диаметрами строго пополам. Дает ли это уверенность, что диаметр делит пополам *всякий* круг, *круг вообще*? Нет, уверенность может дать только общее доказательство, оперирующее не с конкретными кругами, а с *абстракцией* круга.

Абстракции позволяют упрощать картину явления и рассматривать его как бы в «чистом виде». Они возникают в результате *абстрагирования*.

↓ **Абстрагирование** — метод познания, основанный на том, что не-существенные стороны и признаки изучаемого явления не учитываются.

Основной абстракцией Фалеса и его учеников стало представление о *единой субстанции, лежащей в основе мира, — материи*. Основа миропорядка сводилась к качественным изменениям этой субстанции, объясняющим возникновение, развитие и структуру окружающего мира.

У самого Фалеса роль субстанции играло конкретное вещество — вода, однородная, бесформенная и подвижная, а у его ученика Анаксимена — воздух. Однако другой ученик Фалеса, Анаксимандр, уже учил, что первоосновой сущего служит *апейрон* («беспредельное»), не воспринимаемый непосредственно органами чувств.

С развитием метода абстрагирования стали одна за другой создаваться абстракции все более высокого уровня. Дистанция между ними и их корнями в реальности вскоре возросла настолько, что абстракции в представлении некоторых греческих философов приобрели самостоятельную реальность, порой рассматривавшуюся как первичная по отношению к реальности чувственного мира. Такой, например, стала абстракция числа в трактовке школы Пифагора. «Всё есть число», — утверждал Пифагор. Числа, с его точки зрения, представляют собой самостоятельные сущности, являющиеся первоосновой мира.

Пифагорейцы заложили основы дедуктивного метода.



Дедукция — метод познания, основанный на выведении частных следствий из общих посылок.

Греческие мыслители поняли, что соблюдение определенных правил *гарантирует* получение правильных выводов из правильного исходного положения. Совокупность правил мышления оформилась в отдельную философскую дисциплину — логику. Легендарный Аристотель (384–322 гг. до н. э.) сформулировал основные законы логики и ввел понятие элементарного умозаключения (силлогизма). Силлогизм, по Аристотелю, состоит из двух исходных положений (*посылок*) и выводимого из них заключения. Например, из посылок «Все люди смертны» и «Сократ — человек» вытекает заключение, что Сократ смертен.

Не все силлогизмы доказательны. Так, например, из посылок «Сократ — человек» и «Сократ — грек» не следует, что все люди — греки. Аристотель классифицировал типы (*модусы*) силлогизмов и указал среди них работающие (доказательные). Кроме того, он сформулировал критерии истинности суждений (п. 1.7.2.3). Действительно, что дает нам основание утверждать, что все люди смертны или что Сократ — человек?

1.7.2.2. Геометрия Евклида как образец научной теории

Около 300 г. до н. э. Евклид, опираясь на созданный Аристотелем инструментарий¹, построил первую в истории *аксиоматически-дедуктивную теорию* — евклидову геометрию, — которая до сих пор служит образцом научной теории.

Многие геометрические теоремы, изложенные Евклидом в тридцати книгах его труда «Начала»², были известны и до него. Однако кто их первым доказал, знают лишь историки математики, а имя Евклида известно любому образованному человеку. Заслуга Евклида в том, что он показал: теоремы геометрии — не беспорядочная груда сокровищ, а стройная конструкция, из которой нельзя удалить и в которую нельзя произвольно добавить ни одного элемента.

¹ Свод работ Аристотеля по логике получил название «Органон», что по-гречески означало *инструмент*. Имелось в виду, что логика — инструмент познания.

² По свидетельству историка науки Д. Я. Стройка, «в истории Западного мира “Начала”, после Библии, вероятно, наибольшее число раз изданная и более всего изучавшаяся книга. После изобретения книгопечатания появилось более тысячи изданий...» (*Стройк Д. Я.* Краткий очерк истории математики. 5-е изд., испр. М.: Наука, 1990. С. 67).

Фундамент евклидовой геометрии — это восемь *аксиом* и пять *постулатов*. В современном русском языке «аксиома» и «постулат» — практически абсолютные синонимы, т. е. в любом контексте означают одно и то же. Евклид же различал их, называя аксиомами утверждения о свойствах равенства и неравенства тех или иных величин, а постулатами — предположения о возможности тех или иных геометрических построений. Например, 1-я аксиома гласит, что «[величины,] равные одному и тому же, равны между собой», а 1-й постулат — что «от всякой точки до всякой точки можно провести прямую линию».

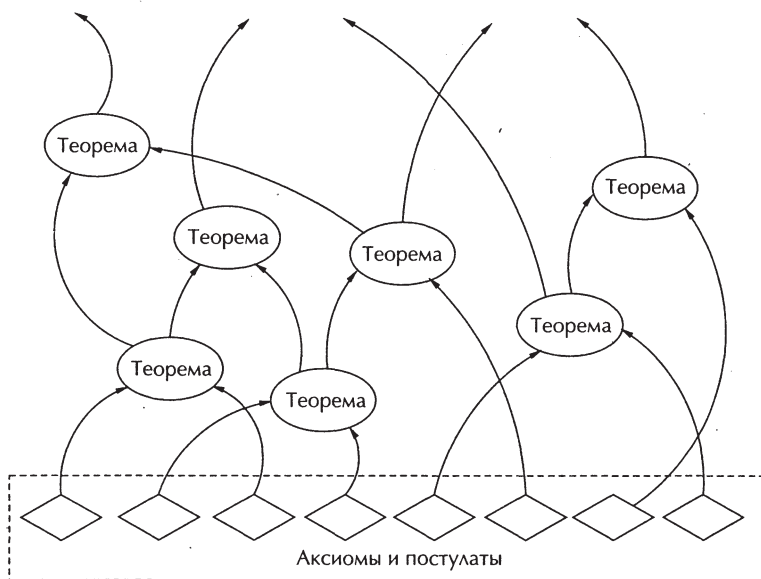


Рис. 1.3. Структура аксиоматически-дедуктивной теории.
Стрелки — дедуктивные (логические) выводы

Любую пару аксиом можно использовать как посылки силлогизма. Если аксиомы истинны, то и заключение этого силлогизма — *теорема* — тоже истинно. Но если полученная теорема истинна, то она, в свою очередь, может стать посылкой следующего силлогизма, который приведет к новой теореме, и т. д. Евклид показал, что в выращиваемое таким образом «дерево теорем» (рис. 1.3) входят все известные в то время результаты геометрии. Всего в «Началах» Евклид вывел из своих аксиом 465 теорем.

1.7.2.3. Проблема выбора постулатов

Следование законам логики гарантирует получение истинных выводов из истинных посылок. Но любая цепочка логических умозаключений должна иметь начало — *аксиомы* и *постулаты*, которые не доказываются (иначе это не начало), но истинность которых установлена каким-то иным путем.

Мнения античных мыслителей о методе выбора постулатов разделились. Одни в качестве постулатов принимали положения, которые *казались* им не вызывающими сомнений. Так, Парменид исходил из положения, казавшегося ему очевидным: «Бытие (то-что-существует) есть, а небытия (того-что-не существует) нет». Отсюда он логически безупречно выводил основные свойства бытия: бытие не возникло и не подвержено гибели; бытие не имеет частей, а следовательно, протяженности; бытие неподвижно; бытие совершенно; бытие конечно, но безгранично.

Другие считали, что постулаты должны отражать *первичные абстракции*, обладающие самостоятельным существованием. Так, Платон утверждал, что наш мир — лишь искаженная тень мира безупречных идей. По Платону, до рождения душа человека обитает в идеальном мире, поэтому, углубившись в себя, можно «вспомнить» правильные идеи и начать с них цепочку безупречных рассуждений.

Аристотель придерживался кардинально иных представлений об источнике истинного знания. Его известная фраза «Платон мне друг, но истина дороже» относится именно к этому спору. Он считал, что постулаты должны выводиться из наблюдений реального мира и отражать его свойства: «...Прав тот, кто считает разделенное — разделенным и соединенное — соединенным, а в заблуждении тот, мнение которого противоположно действительным обстоятельствам».

В конечном счете прав оказался Аристотель. Даже постулаты геометрии, как выяснилось уже в XIX в., истинны лишь постольку, поскольку они соответствуют нашему эмпирическому опыту.

Действительно, математиков издавна беспокоил пятый постулат евклидовой геометрии. В формулировке самого Евклида он звучал так: «Если прямая, падающая на две прямые, образует внутренние и по одну сторону углы, меньшие двух прямых, то, продолженные неограниченно, эти прямые встретятся с той стороны, где углы меньше двух прямых» (рис. 1.4, *а*). Даже в современной формулировке («через данную точку можно провести одну и только одну прямую, параллельную данной прямой») этот постулат менее очевиден, чем другие, и слишком похож на теорему. Поэтому математики в течение